

  
25 **DBA**  
1985-2010

# **Rischi Fisici:** **valutazione, prevenzione e bonifica nei luoghi di lavoro.** **A che punto siamo**

Atti a cura di  
**O. Nicolini, F. Benedetti, P. Nataletti, A. Peretti**

Modena, 6 e 7 ottobre 2010



Conoscere non significa ricordare, ma in che libro andare a cercare  
*Beniamino Placido* (1929-2010)



Chiunque è autorizzato a riprendere parti di questo testo a patto di citare l'articolo con i relativi Autori ed il Volume con i suoi Curatori.

**d-A 2010**

**Rischi fisici:  
valutazione, prevenzione e protezione  
nei luoghi di lavoro.**

**A che punto siamo**

**Convegno Nazionale  
promosso da:**

 **Regione Emilia-Romagna**  
Assessorato politiche per la salute

**INAIL**  
ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE  
CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO

 SERVIZIO SANITARIO REGIONALE  
EMILIA-ROMAGNA  
Azienda Unità Sanitaria Locale di Modena

*Modena, 6 - 7 ottobre 2010*

**Atti a cura di  
O. Nicolini, F. Benedetti, P. Nataletti, A. Peretti**

**Redazione:**

**Nino Della Vecchia, Raffaella Ricci, Gianni Zoboli**

Azienda USL di Modena - Dipartimento di Sanità Pubblica - SPSAL

Viale Finzi, n° 211 – 41122 Modena; Tel. 059-435100; Fax 059-435197

# d-BA 2010

## Comitato Promotore

**Giuseppe Caroli**  
**Giuseppe Lucibello**  
**Pierluigi Macini**

Azienda USL di Modena  
INAIL  
Regione Emilia Romagna

## Comitato Scientifico

<b>Giovanni Battista Bartolucci</b>	AIDII – Ass. Italiana degli Igienisti Industriali
<b>Roberta Curini</b>	INAIL
<b>Giovanni Di Leone</b>	SNOP – Società Nazionale Operatori Prevenzione
<b>Lorena Ferdenzi</b>	AITA – Associazione Italiana Tecnici Audiometristi
<b>Adriana Giannini</b>	Azienda USL di Modena
<b>Claudio Gibertoni</b>	Ordine degli Architetti di Modena
<b>Fabriziomaria Gobba</b>	AIRM – Ass. Italiana Radioprotezione Medica
<b>Luciano Marchiori</b>	Coord.Tecnico Interreg.Prevenzione luoghi Lavoro
<b>Giuseppe Monerastelli</b>	Regione Emilia Romagna
<b>Pietro Nataletti</b>	INAIL
<b>Omar Nicolini</b>	Azienda USL di Modena
<b>Paolo Panaro</b>	INAIL
<b>Federico Patanè</b>	Assoacustici
<b>Guido Pedroli</b>	AIFM – Associazione Italiana di Fisica Medica
<b>Alessandro Peretti</b>	AIA – Associazione Italiana di Acustica
<b>Miranda Prestipino</b>	INAIL
<b>Sandro Sandri</b>	AIRP – Associazione Italiana di Radioprotezione
<b>Paolo Toselli</b>	AIOP – provincia di Modena

## Segreteria Scientifica

**O. Nicolini, F. Benedetti, P. Nataletti, A. Peretti**



*In collaborazione con:*



**Coordinamento Tecnico Interregionale  
della Prevenzione nei luoghi di Lavoro**



**Associazione Italiana degli Igienisti Industriali**



**Associazione Italiana di Acustica**



**Assoacustici**



**Associazione Italiana di Fisica Medica**



**Associazione Italiana di Radioprotezione**



**Associazione Italiana di Radioprotezione Medica**



**Associazione Italiana di Ospedalità Privata  
Provincia di Modena**



**Associazione Italiana Tecnici Audiometristi**



**Ordine degli Architetti, Pianificatori, Paesaggisti  
e Conservatori della provincia di Modena**



**Società Nazionale Operatori della Prevenzione**



**Comitato Regionale di Coordinamento art.7 DLgs.81/2008  
Ufficio operativo**

## PRESENTAZIONE

Questo volume raccoglie gli Atti del Convegno “*dBA 2010* – Rischi Fisici: valutazione, prevenzione e protezione nei luoghi di lavoro. A che punto siamo” che si tiene a Modena il 6 e 7 ottobre 2010. Il Convegno è organizzato dalla *Regione Emilia Romagna*, Assessorato alla Sanità, dall’*Azienda Unità Sanitaria Locale di Modena*, Dipartimento di Sanità Pubblica e dall’*INAIL*, Istituto Nazionale per l’Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro.

Quella che presentiamo è l’edizione di *dBA* che giunge dopo 25 anni dalla prima esperienza.

Partiti incentrando l’attenzione sul rumore industriale, le tematiche sviluppate nel Convegno si sono progressivamente ampliate sino a coinvolgere l’insieme dei rischi fisici con contributi tecnico-scientifici sulle novità normative e la loro interpretazione, sugli effetti biologici dei fattori di rischio, sui problemi della sorveglianza sanitaria, delle tecniche di valutazione, misurazione e previsione dei rischi, delle misure di bonifica e di protezione degli esposti, nonché degli aspetti connessi al controllo ed alla vigilanza.

*dBA 2010* si articola in sei Sessioni su due giornate.

Gli *Atti*, disponibili anche su *CD*, si avvalgono di 26 relazioni ad invito, di ulteriori 32 contributi scritti e presentano le “Indicazioni operative” per l’applicazione del Titolo VIII del DLgs.81/2008 edite dal Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome .

Come e più che nel passato, *dBA 2010* gode di collaborazioni, di patrocinii e di adesioni di diversi enti, associazioni, ordini professionali e si avvale del contributo di diverse aziende impegnate sul fronte della prevenzione e delle attività a questa connesse che desideriamo sinceramente ringraziare.

La Segreteria ringrazia inoltre il Comitato Promotore, il Comitato Scientifico, gli Autori delle relazioni qui raccolte, i partecipanti al Convegno, la Redazione e tutti coloro che hanno contribuito con il loro impegno all’organizzazione della manifestazione.

*Omar Nicolini*  
*Fabrizio Benedetti*  
*Pietro Nataletti*  
*Alessandro Peretti*



**Rischi fisici:  
valutazione, prevenzione e protezione  
nei luoghi di lavoro.**

**A che punto siamo**

Convegno nell'ambito di



**6ª CONVENTION NAZIONALE  
SULLA SALUTE E SICUREZZA  
NEI LUOGHI DI LAVORO**

**Modena, 6-7 ottobre 2010**





**Rischi fisici:  
valutazione, prevenzione e protezione  
nei luoghi di lavoro.**

**A che punto siamo**

*con il contributo di:*



Via Botticelli 151, Torino  
iec@iectorino.com - [www.iectorino.com](http://www.iectorino.com)



**CENTRO SICUREZZA APPLICATA ALL'ORGANIZZAZIONE**  
*Associazione senza fini di lucro*

c/o Istituto Arti e Mestieri; C.so Trapani, 25 Torino  
CSAO@CSAO.IT - [www.csao.it](http://www.csao.it)

# Indice generale

## RISCHI FISICI: A CHE PUNTO SIAMO

Malattie professionali da agenti fisici: i dati, le novità <b>Andrea Bucciarelli</b>	pag.	3
La nuova direttiva macchine: cosa cambia per gli agenti fisici? <b>Marco Vigone</b>	“	21
Esempi di riduzione del rischio da agenti fisici <b>Maria Beria d'Argentina, Cristiano Cordini</b>	“	35
Le indicazioni operative del Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome per l'applicazione del Titolo VIII del DLgs.81/2008. Disposizioni generali, Rumore e Vibrazioni <b>Omar Nicolini</b>	“	49
Le indicazioni operative del Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome per l'applicazione del Titolo VIII del DLgs.81/2008. Campi elettromagnetici e Radiazioni ottiche artificiali <b>Riccardo Di Liberto</b>	“	75

## RUMORE E ULTRASUONI

Il quadro normativo per la tutela del rischio rumore <b>Giuseppe Elia</b>	pag.	87
Discussione delle modifiche introdotte nel D.Lgs.81/2008 dal D.Lgs.106/2009 e loro possibili effetti sulla prevenzione delle tecnopatie da rumore. <b>Bruno Cammarota</b>	“	95
Dalla UNI 9432 alla UNI EN ISO 9612 - Non c'è pace per la normativa sull'esposizione professionale a rumore <b>Lenzuni Paolo</b>	“	103

Esperienze di valutazione del rischio rumore nei cantieri edili. Comparazione tra i livelli espositivi determinati dal datore di lavoro ed i corrispondenti livelli ottenuti dai rilievi strumentali <b>Silvia Goldoni, Luigi Roccatto, Roberto D'Andrea, Stefano Bettati</b>	“	111
Definizione di un modello per la determinazione del valore di esposizione al rumore nel settore edile e sua validazione sul campo. Primi riscontri <b>Fabrizia De Ruvo, Nino Della Vecchia, Paolo Lenzuni, Omar Nicolini</b>	“	123
Macchina frantumatrice semovente frantoio-vaglio. Valutazione di impatto acustico e rischio nei luoghi di lavoro <b>Massimo Rovere, Lorenzo Soligo, Davide Sossai</b>	“	137
Valutazione del rischio rumore nel settore degli impianti di depurazione <b>Filippo Riso, Simona Abbate, Gaetano Barresi, Stefania Perillo, Saverio Catanzariti, Francesco Principato, Renato Brecciaroli</b>	“	151
Valutazione del rischio rumore: caratterizzazione dei luoghi adibiti a discoteca all'aperto <b>Francesco Giacobbe, Mauro Platania, Giuseppe Cannistraro</b>	“	155
Studio pilota sulla valutazione dei dispositivi di protezione individuale dell'udito nel settore della musica <b>Diego Annesi, Pietro Nataletti, Cerini Luigi, Filippo Sanjust</b>	“	163
Effetti delle vibrazioni sull'evoluzione delle ipoacusie da rumore professionale <b>Annamaria De Luca, Adriana Abbate, Maria Manuela Ceruso, Graziella D'Arrigo, Carmelo Calabrese, Concetto Giorgianni</b>	“	173
Strumenti di valutazione dell'efficacia dei dispositivi di protezione acustica quando in uso: VeriPro <b>Elena Piccinini</b>	“	177
Il core competence del tecnico audiometrista <b>Annalisa Liumbruno, Lorena Ferdenzi, Cristian Botti, Pietro Cino, Rosa Maria Murru, Francesco Pizzoli, Matteo Cavalli</b>	“	183
Esperienze di valutazione e controllo degli ultrasuoni <b>Francesco Frigerio, Riccardo Di Liberto, Andrea Di Buduo</b>	“	187
50 anni di acustica alla Brüel & Kjær: il primo fonometro transistorizzato e l'evoluzione della normativa tecnica <b>Sergio Cian</b>	“	209

## VIBRAZIONI E MICROCLIMA

Le nuove norme di certificazione delle emissioni di vibrazioni <b>Iole Pinto</b>	“	233
WBV: un rischio storicamente conosciuto <b>Roberto Deboli, Angela Calvo</b>	“	239
Valutazione del rischio per tiratori di pistola e analisi metodologica <b>Federica Morgia, Alessandro Lunghi, Angelo Tirabasso, Franco Zanin, Angela Cioffi, Raoul Di Giovanni, Enrico Marchetti</b>	“	245
La valutazione del rischio da vibrazioni al sistema mano-braccio attraverso i metodi estimativi: le banche dati ed i valori dichiarati dai costruttori. Un'alternativa o una possibile sinergia? <b>Rocco Nitti, Paolo De Santis, Pietro Nataletti</b>	“	255
La riduzione alla fonte del rischio vibrazioni; approccio generale e casi di studio <b>Giovanni Moschioni, Bortolino Saggin, Marco Tarabini</b>	“	279
Efficacia e certificazione dei guanti antivibranti <b>Raoul Di Giovanni, Federica Morgia, Angelo Tirabasso, Alessandro Lunghi, Enrico Marchetti</b>	“	293
Efficienza di smorzamento dei cuscini per sedili di trattori agricoli <b>Angelo Tirabasso, Federica Morgia, Alessandro Lunghi, Raoul Di Giovanni, Andrea Catarinozzi, Pietro Nataletti, Aldo Pieroni, Enrico Marchetti</b>	“	305
Proposta di classificazione degli ambienti termici moderati <b>Michele del Gaudio, Daniela Freda, Paolo Lenzuni</b>	“	315
Limiti di accettabilità termica in ambienti lavorativi indoor aperti verso l'esterno <b>Lenzuni Paolo</b>	“	327
La norma UNI EN ISO 9920: principali aspetti per la valutazione dell'isolamento termico dell'abbigliamento <b>Vincenzo Molinaro, Simona Del Ferraro</b>	“	337
Ambiente termico moderato. Indagine strumentale e valutazione dell'ambiente microclimatico in alcune cabine di guida di locomotori <b>Pierangelo Tura, Marco Fontana, Giorgio Biamino</b>	“	351
Valutazione e controllo del rischio microclimatico nelle imprese agroalimentari <b>Danilo Monarca, Massimo Cecchini, Andrea Colantoni</b>	“	371

Atmosfere iperbariche: non solo mare <b>Enrico Marchetti, Angelo Tirabasso</b>	“	397
---	---	-----

## **RADIAZIONI OTTICHE**

Radiazioni ottiche non coerenti: giustificare, valutare e misurare <b>Borra Massimo</b>	“	419
--	---	-----

ROA nelle officine meccaniche <b>Francesco Giacobbe, Francesco Faranda, Teresa Diaco</b>	“	431
---	---	-----

La misurazione delle radiazioni ottiche artificiali nell’ambiente ospedaliero <b>Luca Gentile, Walter Sartor, Loretta Ferrero</b>	“	441
--	---	-----

Risultati della vigilanza su apparecchiature ad UV per uso estetico. Gestione del rischio per lavoratori e utenti dal punto di vista radioprotezionistico <b>Simonetta Chierici, Anita Cappello, Roberto Tebaldi, Dario Cirelli, Riccardo Di Liberto, Gabriele Arienti</b>	“	453
---	---	-----

Soluzioni di riduzione del rischio da radiazioni ottiche artificiali <b>Riccardo Borghetto, Maria Diletta Siviero</b>	“	467
--	---	-----

Misurazione della riflettanza dei materiali: studio nell’intervallo UVA -Visibile-IR <b>Andrea Guasti, Luca Mercatelli, David Fedele, Giovanni Romano, Franco Fusi</b>	“	485
---	---	-----

Radiazioni ottiche artificiali: sorveglianza sanitaria e ruolo del medico competente <b>Paolo Paraluppi, Giuseppe Taino, Bruno Piccoli</b>	“	497
---	---	-----

Illuminazione dei luoghi di lavoro: il comfort, il benessere, la salute <b>Chiara Aghemo, Laura Blaso</b>	“	511
--	---	-----

Radiazione ottica coerente e non coerente: norme tecniche di prodotto, certificazione e misure di laboratorio <b>Emanuela Franchina, Paola Giannetta, Giuseppe Migale</b>	“	527
--	---	-----

I DPI per la protezione da radiazione laser <b>Alessandra Tomaselli</b>	“	543
--	---	-----

## **CAMPI ELETTROMAGNETICI E RADIAZIONI IONIZZANTI**

Il punto sulla rivalutazione europea della direttiva 2004/40/CE <b>Paolo Rossi, Laura Filosa</b>	“	555
---	---	-----

Valutazione, prevenzione e protezione dal rischio elettromagnetico in ambiente ospedaliero <b>Piero Feroldi, Claudio Ferri, Luigi Spiazzi, Marco Bini, Amleto Ignesti, Roberto Olmi, Saverio Priori, Cristiano Riminesi</b>	“	573
Elettrobisturi: valutazione del rischio per gli operatori e interferenze <b>Luca Gentile, Walter Sartor</b>	“	587
Esposizione da campi elettromagnetici derivanti da sistemi in tecnologia wi-fi. Valutazione teorica e misure presso l'URP del Comune di Bologna <b>Daniele Bontempelli, Giuseppe Anania, Gianni Marchesini, Raffaella Zuin</b>	“	599
La sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti a CEM <b>Roberto Moccaldi, Carlo Grandi</b>	“	611
Il radon nei luoghi di lavoro – normativa, prevenzione e protezione <b>Daniela De Bartolo</b>	“	625
Radiazioni ionizzanti: applicazioni industriali e dintorni <b>Laura Argenti</b>	“	633
La radioprotezione nelle strutture sanitarie <b>Mario Marengo</b>	“	645
Livelli di riferimento, strumenti di cautela e di garanzia per la concreta attuazione della prevenzione. Stato d'attuazione secondo le linee del principio di ottimizzazione <b>Rosella Misuraca, Giulio Ciarrocca</b>	“	653

## **RISCHI FISICI E DLgs.81/2008**

Valutazione del rischio: metodologie a confronto <b>Pietro Nataletti</b>	“	663
La figura professionale del tecnico in acustica: criticità e possibili soluzioni <b>Alessandro Peretti</b>	“	679
Quale personale qualificato per valutare il rischio da campi elettromagnetici e radiazioni ottiche ? <b>Luisa Biazzi</b>	“	695
Le problematiche della sorveglianza sanitaria nei rischi fisici: rumore, vibrazioni, campi elettromagnetici, radiazioni ottiche artificiali <b>Adriano Ossicini, Antonella Miccio</b>	“	723

Formazione e informazione: il punto su obblighi e scelte possibili <b>Carlo Veronesi</b>	“	731
DLgs.81/2008: responsabilità individuali e aziendali nel nuovo quadro legislativo <b>Alberto Cocchi</b>	“	745

## DOCUMENTI

**Decreto legislativo 81/2008 - Titolo VIII, capo I, II, III, IV e V  
sulla prevenzione e protezione dai rischi dovuti all'esposizione ad  
agenti fisici nei luoghi di lavoro.**

<b>Indicazioni operative</b>	pag.	761
<i>Presentazione</i>	“	762
<i>Indice</i>	“	764
1. Sul Capo I del Titolo VIII del DLgs.81/2008 – Disp.generali	“	770
2. Sul Capo II del Titolo VIII del DLgs.81/2008 – Rumore	“	778
3. Sul Capo III del Titolo VIII del DLgs.81/2008 – Vibrazioni	“	794
4. Sul Capo IV del Titolo VIII del DLgs.81/2008 – CEM	“	804
5. Sul Capo V del DLgs.81/2008 – ROA	“	828
 Lista di controllo sullo stato d'applicazione del D.Lgs.81/2008 sulla protezione dei lavoratori contro i rischi di esposizione al rumore durante il lavoro	“	897
 Lista di controllo sullo stato d'applicazione del D.Lgs.81/2008 sulla protezione dei lavoratori contro i rischi di esposizione alle vibrazioni durante il lavoro	“	902

## RIASSUMENDO

I fattori di rischio fisici nei luoghi di lavoro <b>Omar Nicolini</b>	“	909
--	---	-----

---

La biblioteca di <b>d=A</b> & altre Pubblicazioni	pag.	929
---	------	-----



“	936
---	-----



# **Rischi Fisici:**

## **a che punto siamo**





## **MALATTIE PROFESSIONALI DA AGENTI FISICI: I DATI, LE NOVITA'**

**Andrea Bucciarelli**

I.N.A.I.L. – Direzione Generale, Consulenza Statistico Attuariale - Roma

### **1. BREVI RIFERIMENTI NORMATIVI**

Nel Decreto Ministeriale del 18 aprile 1973 (elenco delle malattie per le quali è obbligatoria la denuncia ai sensi e per gli effetti della precedente disposizione legislativa - art. 139 del Testo Unico) si individuavano come “Malattie professionali provocate da agenti fisici”:

- Malattie provocate dalle radiazioni ionizzanti.
- Cateratta provocata dall'energia radiante.
- Ipoacusia o sordità provocata da rumore.
- Malattie provocate dal lavoro in ambiente di aria compressa.
- Malattie osteoarticolari o angioneuritiche provocate dalle vibrazioni meccaniche.
  - a) malattie delle borse peri-articolari dovute a compressione; celluliti sottocutanee.
  - b) malattie da sforzo ripetuto delle guaine tendinee del tessuto peritendineo.
  - c) lesioni del menisco dei minatori.
  - d) strappi da sforzo delle apofisi spinose.
  - e) paralisi dei nervi dovute a compressione.
- Nistagmo dei minatori.
- I crampi professionali

Il Decreto Legislativo 23 febbraio 2000 n. 38, all'art. 10, ha previsto poi la costituzione di una commissione scientifica per l'elaborazione e la revisione periodica dell'elenco delle malattie disponendo inoltre che l'elenco dovesse contenere anche liste di malattie di probabile e di possibile origine lavorativa. Quest'ultimo aspetto ha trovato applicazione con il Decreto Ministeriale del 27 aprile 2004 che ha sostituito l'elenco delle malattie per le quali è obbligatoria la denuncia approvato col Decreto del 18 aprile 1973, con un altro composto di 3 liste: “Lista I”, contenente malattie la cui origine lavorativa è di elevata probabilità (costituiranno la base per la revisione delle tabelle ex artt. 3 e 211 del T.U.); “Lista II”, contenente malattie la cui origine lavorativa è di limitata probabilità (non sussistono ancora conoscenze sufficientemente approfondite perché siano incluse nel primo gruppo); “Lista III”, contenente malattie la cui origine lavorativa è possibile

(non è definibile il grado di probabilità per le sporadiche e ancora non precisabili evidenze scientifiche). Tali elenchi sono stati aggiornati successivamente con Decreti Ministeriali del 14 gennaio 2008 e dell'11 dicembre 2009. In tale ambito, le malattie da agenti fisici costituiscono il Gruppo 2 e vi sono stati inclusi i più noti agenti di rischio (rumore, vibrazioni, radiazioni ionizzanti e non ionizzanti) e i più recenti di ordine ergonomico con le correlate malattie a carico degli arti e della colonna vertebrale da sovraccarico biomeccanico, microtraumi e posture incongrue, inseriti nelle liste I, II, III secondo l'evidenza epidemiologica e le conoscenze acquisite per le stesse.

Un passaggio normativo estremamente importante, anche per commentare la consistenza numerica raggiunta recentemente dalle patologie da agenti fisici, è stata l'emanazione del Decreto Ministeriale del 9 aprile 2008, "Nuove tabelle delle malattie professionali". Tra le malattie professionali tabellate sono state inserite quelle "causate da vibrazioni meccaniche trasmesse al sistema mano-braccio", "da sovraccarico biomeccanico dell'arto superiore e del ginocchio" e le "ernie discali lombari"; sono state poi, tra l'altro, ampliate le lavorazioni che espongono il lavoratore al rischio di ipoacusia. Come "tabellate", tali patologie beneficiano ora della "presunzione legale di origine" (non viene richiesto al lavoratore di provare, con indagini ambientali, l'effettivo livello di nocività del luogo di lavoro), principio che ne agevola il percorso di riconoscimento e di indennizzo.

## **2. L'ANALISI DI MEDIO PERIODO: IL QUINQUENNIO 2005-2009**

In questo lavoro vengono riportati, sinteticamente commentati, i dati rilevati dagli archivi informatici della Banca Dati Statistica dell'I.N.A.I.L. (fotografati alla data del 30 aprile 2010) sulle malattie professionali da agenti fisici, manifestatesi e denunciate all'Istituto nel periodo 2005-2009. Occorre premettere, anche ai fini di una corretta comparazione dei dati nella serie storica, che il fenomeno tecnopatologico è caratterizzato da lunghi tempi per l'accertamento e la codifica delle denunce pervenute. I valori relativi agli anni più recenti, l'ultimo in particolare, possono risentire ancora di una certa provvisorietà a causa di una, ancora, elevata quota di casi "indeterminati", ovvero di quei casi che, seppur conteggiati nei complessivi, non hanno ancora ricevuto, per tempi tecnici di definizione delle sintomatologie e dei postumi, completa codifica di dettaglio. Fisiologica, pertanto, la notevole incidenza di tale fattispecie sugli ultimi anni, valori però destinati a ridursi poi progressivamente all'aumentare del periodo di osservazione con alimentazione delle malattie codificate. E' da prevedere, pertanto, con i prossimi aggiornamenti, un certo aumento delle cifre relative alle malattie da agenti fisici dell'anno 2009 qui riportate. Nel 2009 si è dovuto registrare per le malattie professionali, in controtendenza agli infortuni sul lavoro, un vero e proprio boom di denunce. In generale, nel 2009, sono pervenute all'I.N.A.I.L. quasi 35mila denunce (34.646), quasi 5mila casi in più rispetto al 2008 (+16% in un solo anno), 8mila rispetto al 2005 (+29% in 5 anni), raggiungendo il valore più alto degli ultimi 15 anni.

Protagoniste di questi record sono proprio le patologie da agenti fisici.

Tali malattie hanno rappresentato, infatti, negli ultimi anni, una quota sempre più importante del panorama tecnopatologico. Se nei primi anni di questo decennio costituivano circa il 50% delle denunce, tale percentuale è andata aumentando nel corso del tempo fino a raggiungere, nel 2009, quota 71%. Sono infatti 24.590 le denunce di malattie da agenti fisici manifestatesi e denunciate all'I.N.A.I.L. nel 2009, con un aumento del 21% sul 2008 (oltre 4mila casi in più) e di ben il 46% rispetto al 2005 (quasi 8mila in più rispetto alle 16.874 denunce di quell'anno). Tali aumenti saturano praticamente quelli rilevati per le malattie in complesso evidenziando come la recrudescenza del fenomeno tecnopatologico degli ultimi anni sia in buona sostanza addebitabile proprio a queste malattie. Scendendo nell'analisi per singola gestione, nell'ultimo quinquennio circa il 90% dei casi si concentra in quella più grande e significativa, l'Industria e Servizi (che d'altronde dà occupazione mediamente al 96% dei lavoratori): 21mila le denunce nel 2009 per malattie da agente fisico, il 69% delle denunce in complesso della gestione (30mila), con un aumento del 13% sull'anno precedente e del 34% nell'ultimo quinquennio. Più avanti, al capitolo 5, si approfondirà l'analisi per i diversi settori di attività economica che compongono la gestione.

E' però in Agricoltura che si riscontrano le variazioni più eclatanti. Nel 2009 le denunce, 3.360, hanno rappresentato per questa gestione un aumento eccezionale, più che raddoppiando in un anno (erano 1.486 nel 2008, +126%), oltre il triplo di quelle registrate nel 2005 (992, +239%). Più rilevante che nelle altre gestioni anche la quota rappresentata dalle patologie da agente fisico sul complesso delle malattie: l'86% nell'ultimo anno. Incidenza che risulta più contenuta, 52%, tra i Dipendenti conto Stato dove la consistenza di tali patologie oscilla nel quinquennio tra i 150-200 casi l'anno.

La spiegazione dell'aumento eccezionale delle malattie da agente fisico è da ricercare su più fronti. Innanzitutto piuttosto che ad un peggioramento delle condizioni di salubrità negli ambienti di lavoro, si ritiene che la crescita di questi ultimi anni sia più verosimilmente riconducibile ad una progressiva quanto auspicata emersione delle cosiddette malattie "nascoste" o "perdute". La difficoltà di individuazione e di accertamento delle cause, la lunga latenza di alcune patologie hanno contribuito infatti, soprattutto in passato, a creare una cronica forma di sottodenuncia. L'opera di sensibilizzazione e formazione avviata da più parti, in particolare anche dall'INAIL, delle parti coinvolte (lavoratori, datori di lavoro, parti sociali, medici, ecc.) ne ha accresciuto la consapevolezza in materia incrementando il ricorso alla tutela assicurativa.

Rilevante per l'aumento delle denunce anche l'impatto di aggiornamenti normativi come il citato Decreto Ministeriale 9 aprile 2008 (nuove tabelle), pienamente efficace proprio nel 2009. A seguito dell'adozione delle nuove tabelle, si è osservata anche l'influenza di un elemento di natura tecnica piuttosto che patologica: la nuova elencazione per patologia, anziché per agente patogeno, delle tabelle delle malattie professionali ha aumentato la possibilità di presentare contemporaneamente più denunce, per diverse patologie, da parte della stessa persona e per un unico evento (denunce "plurime"). In Agricoltura, per il complesso delle malattie, tale fattispecie ha rappresentato nel 2009 ben il 34% delle denunce (contro il 20% medio complessivo).

**Tavola n. 1** - Malattie professionali da agenti fisici manifestatesi e denunciate all'INAIL nel periodo 2005-2009 per Gestione

Gestione	2005	2006	2007	2008	2009(*)
<b>Agricoltura</b>	1.318	1.448	1.649	1.834	3.914
<b>di cui:</b>					
<b>malattie da agenti fisici</b>	<b>992</b>	<b>1.138</b>	<b>1.310</b>	<b>1.486</b>	<b>3.360</b>
incidenza % su totale denunce	75,3%	78,6%	79,4%	81,0%	85,8%
variazione % su anno precedente	--	14,7%	15,1%	13,4%	126,1%
variazione % su 2005	--	14,7%	32,1%	49,8%	238,7%
<b>Industria e Servizi</b>	25.147	25.060	26.817	27.756	30.362
<b>di cui:</b>					
<b>malattie da agenti fisici</b>	<b>15.720</b>	<b>16.372</b>	<b>17.508</b>	<b>18.612</b>	<b>21.036</b>
incidenza % su totale denunce	62,5%	65,3%	65,3%	67,1%	69,3%
variazione % su anno precedente	--	4,1%	6,9%	6,3%	13,0%
variazione % su 2005	--	4,1%	11,4%	18,4%	33,8%
<b>Dipendenti Conto Stato</b>	322	318	390	349	370
<b>di cui:</b>					
<b>malattie da agenti fisici</b>	<b>162</b>	<b>185</b>	<b>195</b>	<b>151</b>	<b>194</b>
incidenza % su totale denunce	50,3%	58,2%	50,0%	43,3%	52,4%
variazione % su anno precedente	--	14,2%	5,4%	-22,6%	28,5%
variazione % su 2005	--	14,2%	20,4%	-6,8%	19,8%
<b>Totale Gestioni</b>	26.787	26.826	28.856	29.939	34.646
<b>di cui:</b>					
<b>malattie da agenti fisici</b>	<b>16.874</b>	<b>17.695</b>	<b>19.013</b>	<b>20.249</b>	<b>24.590</b>
incidenza % su totale denunce	63,0%	66,0%	65,9%	67,6%	71,0%
variazione % su anno precedente	--	4,9%	7,4%	6,5%	21,4%
variazione % su 2005	--	4,9%	12,7%	20,0%	45,7%

(\*) malattie professionali da agenti fisici – anno 2009: dati provvisori

### 3. IL TIPO DI MALATTIA

Nell'affrontare l'analisi per tipo di malattia, si avverte che le tavole per patologia qui riportate, adottano ancora la suddivisione "tabellate" e "non tabellate" <sup>(1)</sup> secondo il D.P.R. 336/1994. Il passaggio alle nuove tabelle delle malattie professionali ha comportato infatti per l'Istituto notevoli ed approfondite analisi ed interventi per implementare correttamente le procedure informatiche esistenti al fine di recepire i nuovi schemi e le nuove codifiche, consentendo al contempo un'archiviazione dei dati compatibile con quella già in uso al fine di garantire anche la continuità storica

<sup>1</sup> malattie professionali "non tabellate" = ricade sul lavoratore l'onere della prova del nesso causale con l'attività lavorativa svolta, ai sensi della Sentenza della Corte Costituzionale n. 206/1988, che insieme alle sentenze n. 178 e 179, sempre del 1988, introdusse il cosiddetto "sistema misto", contemplando l'indennizzabilità di tale fattispecie

dell'informazione statistica. In questa fase di passaggio e di necessario allineamento degli archivi informatici alla nuova normativa in materia, pertanto, si è proceduto a confrontare i dati degli ultimi anni secondo la normativa in vigore fino al 2008. L'aggregazione secondo la precedente normativa è utile anche ad evidenziare la sopravvenuta necessità di aggiornamento delle tabelle stesse e l'estrema importanza che tale intervento ha avuto proprio per le malattie professionali da agenti fisici che, nella stragrande maggioranza dei casi, passeranno da non tabellate a tabellate, godendo così della "presunzione legale di origine". Stilando una graduatoria delle malattie professionali denunciate nel quinquennio si nota come l'ipoacusia, malattia "storica", 1° per ammontare di denunce fino al 2008, nel 2009 sia retrocessa al 3° posto (quasi 5.600 denunce in generale, casi tabellati e non), dietro alle "afezioni dei dischi intervertebrali" (oltre 6.200 denunce nel 2009) e alle "tendiniti" (oltre 5.700). Ricordando, come anticipato nel 2° capitolo, che le cifre del 2009 sono provvisorie e destinate ad aggiornarsi per effetto della progressiva codifica dei casi indeterminati, è inequivocabile comunque l'andamento decrescente dell'ipoacusia, passata in 5 anni da 7mila casi a 5.600 (-21% sui valori esatti), mentre per le patologie a carico dell'apparato muscolo-scheletrico si rilevano incrementi % quinquennali a 3 cifre: le afezioni dei dischi intervertebrali sono più che raddoppiate passando da circa 2.200 denunce del 2005 alle 6.200 del 2009 (+174%), le tendiniti da 2.600 a 5.700 (+119%). Contenuti i valori delle patologie "da radiazioni ionizzanti, laser e onde elettromagnetiche" e di quelle a carico degli occhi (cataratta, afezioni della congiuntiva, cheratite, ...), comprese in entrambi i casi tra i 50 e i 70 casi nel periodo osservato.

**Tavola n. 2 -** Malattie professionali da agenti fisici manifestatesi e denunciate all'INAIL nel periodo 2005-2009 per Gestione e Tipo di malattia

<b>AGRICOLTURA</b>					
<b>TIPO DI MALATTIA</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
<b>Malattie tabellate (DPR 336/1994)</b>	<b>59</b>	<b>45</b>	<b>54</b>	<b>61</b>	<b>78</b>
di cui:					
26-Ipoacusia da rumori: in lavorazioni forestali nelle quali si impiegano in modo prevalente motoseghe portatili prive di efficaci sistemi di insonorizzazione	44	33	36	44	52
27-Malattie osteoarticolari e angioneurotiche causate da vibrazioni meccaniche trasmesse al sistema manobraccio, con le loro conseguenze dirette, in lavorazioni forestali nelle quali si impiegano in modo permanente motoseghe portatili	15	12	18	17	26
<b>Malattie non tabellate</b>	<b>933</b>	<b>1.093</b>	<b>1.256</b>	<b>1.425</b>	<b>3.282</b>
di cui:					

Affezione dei dischi intervertebrali	145	163	301	419	1.221
Tendiniti	218	235	281	270	601
Artrosi ed affezioni correlate	91	132	172	186	443
Sindrome del tunnel carpale	118	134	100	140	352
Ipoacusia	235	266	244	223	309
Altre neuropatie periferiche	78	113	97	119	213
Artropatie associate ad altre affezioni	17	30	31	23	62
Lesioni articolari nel ginocchio	3	1	3	17	42
Altre lesioni e manifestazioni articolari	8	10	7	10	20
Altre affezioni osteo-muscolari	9	4	11	6	12
Sindrome di Raynaud	5	3	7	9	4
Affezioni della congiuntiva	6	2	2	3	2
Cataratta	-	-	-	-	1
<b>Totale</b>	<b>992</b>	<b>1.138</b>	<b>1.310</b>	<b>1.486</b>	<b>3.360</b>

#### INDUSTRIA E SERVIZI

TIPO DI MALATTIA	2005	2006	2007	2008	2009
<b>Malattie tabellate (DPR 336/1994)</b>	<b>1.599</b>	<b>1.570</b>	<b>1.492</b>	<b>1.170</b>	<b>1.398</b>
di cui:					
50-Ipoacusia e sordità da rumori ....	1.341	1.283	1.178	965	1.139
52-Malattie osteoarticolari e angioneurotiche causate da vibrazioni meccaniche trasmesse al sistema manobraccio, con le loro conseguenze dirette	182	216	231	144	182
51-Malattie causate da radiazioni ionizzanti, laser e onde elettromagnetiche	68	50	69	53	69
54-Cataratta da energie raggianti	8	20	13	8	7
53-Malattie causate lavori subacquei ed in camere iperbariche	-	1	1	-	1
<b>Malattie non tabellate</b>	<b>14.121</b>	<b>14.802</b>	<b>16.016</b>	<b>17.442</b>	<b>19.638</b>
di cui:					

Tendiniti	2.381	2.839	3.491	4.103	5.076
Affezione dei dischi intervertebrali	2.104	2.585	2.919	3.628	4.957
Ipoacusia e sordità	5.373	4.847	4.844	4.691	4.041
Artrosi ed affezioni correlate	1.387	1.453	1.736	1.797	1.988
Sindrome del tunnel carpale	1.399	1.533	1.320	1.440	1.805
Altre neuropatie periferiche	750	848	914	981	936
Artropatie associate ad altre affezioni	317	299	332	247	263
Lesioni articolari nel ginocchio	45	55	87	128	177
Altre lesioni e manifestazioni articolari	116	134	126	163	168
Altre affezioni osteo-muscolari	164	136	153	135	121
Sindrome di Raynaud	45	36	51	83	66
Affezioni della congiuntiva	17	21	15	24	27
Cataratta	13	15	18	16	8
Cheratite, opacità ed altre affezioni corneali	10	1	10	6	5
<b>Totale</b>	<b>15.720</b>	<b>16.372</b>	<b>17.508</b>	<b>18.612</b>	<b>21.036</b>

**Dipendenti CONTO STATO**

<b>TIPO DI MALATTIA</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
<b>Malattie tabellate (DPR 336/1994)</b>	<b>18</b>	<b>11</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>7</b>
di cui:					
50-Ipoacusia e sordità da rumori ....	13	7	6	3	3
52-Malattie osteoarticolari e angioneurotiche causate da vibrazioni meccaniche trasmesse al sistema manobraccio, con le loro conseguenze dirette	-	1	-	1	3
51-Malattie causate da radiazioni ionizzanti, laser e onde elettromagnetiche	4	3	-	1	1
53-Malattie causate lavori subacquei ed in camere iperbariche	1	-	-	-	-
54-Cataratta da energie raggianti	-	-	-	-	-
<b>Malattie non tabellate</b>	<b>144</b>	<b>174</b>	<b>189</b>	<b>146</b>	<b>187</b>
di cui:					



Tendiniti	18	28	27	38	48
Affezione dei dischi intervertebrali	22	38	27	30	45
Ipoacusia	54	35	70	29	27
Sindrome del tunnel carpale	20	28	12	14	25
Artrosi ed affezioni correlate	17	19	27	19	23
Altre neuropatie periferiche	4	14	13	8	10
Artropatie associate ad altre affezioni	4	3	4	4	4
Lesioni articolari nel ginocchio	-	1	1	1	2
Affezioni della congiuntiva	3	3	-	-	1
Sindrome di Raynaud	-	-	-	-	1
Altre affezioni osteo-muscolari	1	2	4	1	1
Cataratta	1	-	1	-	-
Altre lesioni e manifestazioni articolari	-	3	3	2	-
<b>Totale</b>	<b>162</b>	<b>185</b>	<b>195</b>	<b>151</b>	<b>194</b>
<b>COMPLESSO GESTIONI</b>	<b>16.874</b>	<b>17.695</b>	<b>19.013</b>	<b>20.249</b>	<b>24.590</b>

#### 4. IL GENERE E L'ETA'

Delle quasi 25mila malattie da agente fisico denunciate nel 2009, 17mila (il 69% sui dati esatti) hanno colpito uomini e quasi 8mila (il 31%) donne. La tabella sottostante riporta i dati, per il complesso delle gestioni, secondo le principali variabili demografiche, sesso ed età, confrontando il primo e l'ultimo anno del quinquennio osservato allo scopo di evidenziare eventuali mutamenti significativi anche nel breve-medio periodo. Gli uomini sono naturalmente i più colpiti (rappresentano d'altronde il 60% degli occupati in Italia e sono impiegati generalmente in attività più rischiose rispetto alle donne), ma la loro incidenza sul totale è andata diminuendo nel corso degli anni, passando dal 73% del 2005 al 69% del 2009 (e nel 2001 erano l'85% dei tecnopatici). Per complemento, è cresciuta la quota rosa delle malattie professionali, dal 27% al 31% (raddoppiando la sua incidenza del 2001, pari al 15%). A spiegare questo aumento al femminile è anche la caratterizzazione per attività economica (prossimo capitolo), nell'ambito della Gestione più grande e influente, dell'incremento delle malattie da agente fisico nel tempo: più sensibile nelle attività dei Servizi che non dell'Industria. Ed è nei Servizi che l'Istat registra, per il quinquennio osservato, un aumento occupazionale (a differenza dell'Industria

con lavoratori in calo) e più femminile che maschile; proprio nei Servizi si rileva poi l'incidenza maggiore di lavoro femminile (circa il 50% degli occupati contro il 22% dell'Industria e il 30% dell'Agricoltura).

La fascia d'età in cui si concentra il maggior numero di casi continua ad essere 50-64 (56% nel 2009) che vede nel tempo aumentare la sua incidenza (era 50% nel 2005) rispetto all'altra classe più frequente, 35-49 anni (passata dal 38% del 2005 al 34% del 2009), in particolare per le donne. Contenute le incidenze delle fasce di età estreme.

**Tavola n. 3** - Malattie professionali da agenti fisici manifestatesi e denunciate all'INAIL negli anni 2005 e 2009 per Sesso ed Classe d'età

**Tutte le Gestioni**

Sesso / Classe d'età	2005	composizione %	2009	composizione %
<b>Maschi</b>				
fino a 34	791	6,4%	661	3,9%
35-49	4.446	35,9%	5.350	31,6%
50-64	6.500	52,4%	9.680	57,3%
65 e oltre	601	4,9%	1080	6,4%
non determinata	45	0,4%	127	0,8%
<b>TOTALE</b>	<b>12.383</b>	<b>100,0%</b>	<b>16.898</b>	<b>100,0%</b>
incidenza % sul totale	73,4%		68,7%	
<b>Femmine</b>				
fino a 34	510	11,4%	406	5,3%
35-49	1.992	44,4%	2.990	38,9%
50-64	1.919	42,7%	4.132	53,7%
65 e oltre	64	1,4%	156	2,0%
non determinata	6	0,1%	8	0,1%
<b>TOTALE</b>	<b>4.491</b>	<b>100,0%</b>	<b>7.692</b>	<b>100,0%</b>
incidenza % sul totale	26,6%		31,3%	
<b>Maschi e Femmine</b>				
fino a 34	1.301	7,7%	1.067	4,3%
35-49	6.438	38,2%	8.340	33,9%
50-64	8.419	49,9%	13.812	56,3%
65 e oltre	665	3,9%	1.236	5,0%
non determinata	51	0,3%	135	0,5%
<b>TOTALE</b>	<b>16.874</b>	<b>100,0%</b>	<b>24.590</b>	<b>100,0%</b>
	100,0%		100,0%	

## 5. I SETTORI DI ATTIVITA' ECONOMICA

Restringendo il campo alla gestione maggiore, l'Industria e Servizi, si è effettuata un'analisi del fenomeno tecnopatologico per settore di attività economica (secondo la codifica ISTAT Ateco 2002), ponendo a confronto gli anni 2009 e 2005 nonché la distribuzione per settore delle principali malattie. Innanzitutto, a fronte di un aumento delle denunce, nei 5 anni, del 34% in generale e del 41% dei casi determinati, si rileva come tale aumento sia, come detto precedentemente, molto più forte nei Servizi (+70% in 5 anni per i casi determinati, da 4mila casi a quasi 7mila) che nell'Industria (+29%, da 9mila denunce nel 2005 a 12mila del 2009) con punte nel primo caso nei settori del Personale domestico (+309%), peraltro di consistenza numerica limitata, degli Alberghi e ristoranti (+108%) e della Sanità (+107%); nel secondo caso, nell'Industria alimentare (+111%), elettrica (+87%) e del cuoio (+60%). Ne consegue che nei 5 anni osservati l'incidenza dell'Industria è calata, dal 70% al 64%, mentre quella dei Servizi è passata dal 30% al 36%.

**Tavola n. 4** - Malattie professionali da agenti fisici manifestatesi e denunciate all'INAIL negli anni 2005 e 2009 per Settore di attività economica

### INDUSTRIA E SERVIZI

SETTORE DI ATTIVITA' ECONOMICA	2005	2009	Variazione %
			2009/2005
A Agrindustria	113	176	55,8%
B Pesca	10	7	-30,0%
C Estrazione di minerali	172	214	24,4%
DA Industria alimentare	421	888	110,9%
DB Industria tessile e abbigliamento	520	569	9,4%
DC Industria del cuoio, pelle e similari	198	317	60,1%
DD Industria del legno	252	277	9,9%
DE Industria della carta	186	208	11,8%
DF Industria del petrolio	19	22	15,8%
DG Industria chimica	124	149	20,2%
DH Industria della gomma e plastica	200	308	54,0%
DI Industria lav. minerali non metalliferi	621	610	-1,8%
DJ Industria dei metalli	1.377	1.556	13,0%
DK Industria meccanica	808	63	-5,6%
DL Industria macchine elettriche	341	338	-0,9%
DM Industria fabbricazione mezzi di trasporto	578	661	14,4%
DN Altre industrie	391	448	14,6%
<i>D Totale Industrie manifatturiere</i>	<i>6.036</i>	<i>7.114</i>	<i>17,9%</i>
E Elettricità, gas, acqua	158	296	87,3%
F Costruzioni	2.701	4.027	49,1%
<b>Industria</b>	<b>9.190</b>	<b>11.834</b>	<b>28,8%</b>
<i>incidenza % sul totale</i>	<i>69,9%</i>	<i>63,8%</i>	
G Commercio	914	1.563	71,0%
H Alberghi e ristoranti	232	483	108,2%

I	Trasporti e comunicazioni	847	1.333	57,4%
J	Intermediazione finanziaria	33	21	-36,4%
K	Attività immobiliari e servizi alle imprese	452	868	92,0%
L	Pubblica Amministrazione	495	590	19,2%
M	Istruzione	21	38	81,0%
N	Sanità e servizi sociali	359	742	106,7%
O	Altri servizi pubblici	589	1.035	75,7%
P	Personale domestico	11	45	309,1%
	<b>Servizi</b>	<b>3.953</b>	<b>6.718</b>	<b>69,9%</b>
	<i>incidenza % sul totale</i>	<i>30,1%</i>	<i>36,2%</i>	
	<b>INDUSTRIA E SERVIZI</b>	<b>13.143</b>	<b>18.552</b>	<b>41,2%</b>
	<i>incidenza % sul totale</i>	<i>100,0%</i>	<i>100,0%</i>	
	Non determinato	2.577	2.484	-3,6%
	<b>IN COMPLESSO</b>	<b>15.720</b>	<b>21.036</b>	<b>33,8%</b>

(\*) trattasi principalmente di casi con assenza dal lavoro non superiore a 3 giorni, per i quali non c'è l'obbligo della denuncia da parte del datore di lavoro

Il settore più colpito è quello delle Costruzioni con oltre 4mila denunce nel 2009 pari al 22% di tutti i casi codificati (escludendo quindi i casi con settore di attività indeterminato), seguito dal Commercio (1.563 denunce, pari all'8%) e dall'Industria dei Metalli (1.556 denunce, 8% del totale).

Raggruppando le tecnopatie in tre macro-aggregati e distinguendo per settore di attività, l'ipoacusia si concentra nel 51% dei casi codificati nell'Industria manifatturiera, settore particolarmente ampio, con punte nell'Industria dei Metalli (17% del totale) e Meccanica (7%), seguita da quella della Lavorazione minerali non metalliferi (5%). Nelle Costruzioni si concentra quasi il 30% delle ipoacusie denunciate. Altre quote significative si registrano nel Commercio (6%) e nei Trasporti e comunicazioni (5%). In generale comunque le ipoacusie si concentrano, naturalmente, nell'Industria (83% dei casi) piuttosto che nei Servizi (17%).

Le malattie muscolo-scheletriche si distribuiscono diversamente: l'Industria è comunque la gestione più interessata ma con una percentuale inferiore rispetto all'ipoacusia, 58%, con un maggior coinvolgimento dei Servizi (42% del totale). I settori più interessati dalle malattie da sovraccarico, vibrazioni ecc. sono principalmente le Costruzioni col 20% di tutti i casi (determinati) denunciati nel 2009, il Commercio (9%), i Trasporti e comunicazioni (8%), gli Altri servizi pubblici (comprensivi ad esempio dei servizi di smaltimento dei rifiuti e dei servizi di lavanderia) col 7%. Le altre malattie, di inferiore consistenza numerica, si ripartiscono al 59% nell'Industria e al 41% nei Servizi.

Tavola n. 5 - Malattie professionali da agenti fisici manifestatesi e denunciate all'INAIL - Anno 2009

## Per Settore di attività economica e Tipo di malattia

SETTORE DI ATTIVITA' ECONOMICA	Anno 2009											
	Denunciate				Composizione %							
	Ipoacusie	malattie muscolo-scheletriche	altre	Totale	Ipoacusie	malattie muscolo-scheletriche	altre	Totale	Ipoacusie	malattie muscolo-scheletriche	altre	Totale
A Agrindustria	22	140	14	176	0,5%	1,1%	1,4%	0,9%	0,5%	1,1%	1,4%	0,9%
B Pesca	3	3	1	7	0,1%	0,0%	0,1%	0,0%	0,1%	0,0%	0,1%	0,0%
C Estrazione di minerali	78	129	7	214	1,8%	1,0%	0,7%	1,2%	1,8%	1,0%	0,7%	1,2%
DA Industria alimentare	109	711	68	888	2,5%	5,4%	6,8%	4,8%	2,5%	5,4%	6,8%	4,8%
DB Industria tessile e abbigliamento	77	439	53	569	1,8%	3,3%	5,3%	3,1%	1,8%	3,3%	5,3%	3,1%
DC Industria del cuoio, pelle e similari	24	237	56	317	0,5%	1,8%	5,6%	1,7%	0,5%	1,8%	5,6%	1,7%
DD Industria del legno	119	149	9	277	2,7%	1,1%	0,9%	1,5%	2,7%	1,1%	0,9%	1,5%
DE Industria della carta	66	129	13	208	1,5%	1,0%	1,3%	1,1%	1,5%	1,0%	1,3%	1,1%
DF Industria del petrolio	10	11	1	22	0,2%	0,1%	0,1%	0,1%	0,2%	0,1%	0,1%	0,1%
DG Industria chimica	38	104	7	149	0,9%	0,8%	0,7%	0,8%	0,9%	0,8%	0,7%	0,8%
DH Industria della gomma e plastica	94	196	18	308	2,1%	1,5%	1,8%	1,7%	2,1%	1,5%	1,8%	1,7%
DI Industria lav. minerali non metalliferi	227	364	19	610	5,2%	2,8%	1,9%	3,3%	5,2%	2,8%	1,9%	3,3%
DJ Industria dei metalli	764	731	61	1.556	17,4%	5,6%	6,1%	8,4%	17,4%	5,6%	6,1%	8,4%
DK Industria meccanica	286	427	50	763	6,5%	3,2%	5,0%	4,1%	6,5%	3,2%	5,0%	4,1%

DL	Industria macchine elettriche	67	248	23	338
DM	Industria fabbricazione mezzi di trasporto	215	418	28	661
DN	Altre industrie	127	302	19	448
<i>D</i>	<i>Totale Industrie manifatturiere</i>	<i>2.223</i>	<i>4.466</i>	<i>425</i>	<i>7.114</i>
E	Elettricità, gas, acqua	66	219	11	296
F	Costruzioni	1.255	2.641	131	4.027
	<b>Industria</b>	<b>3.647</b>	<b>7.598</b>	<b>589</b>	<b>11.834</b>
G	Commercio	240	1.219	104	1.563
H	Alberghi e ristoranti	14	425	44	483
I	Trasporti e comunicazioni	206	1.101	26	1.333
J	Intermediazione finanziaria	2	16	3	21
K	Attività immobiliari e servizi alle imprese	123	680	65	868
L	Pubblica Amministrazione	64	484	42	590
M	Istruzione	7	30	1	38
N	Sanità e servizi sociali	7	685	50	742
O	Altri servizi pubblici	82	874	79	1.035
P	Personale domestico	1	43	1	45
	<b>Servizi</b>	<b>746</b>	<b>5.557</b>	<b>415</b>	<b>6.718</b>
	<b>INDUSTRIA E SERVIZI</b>	<b>4.393</b>	<b>13.155</b>	<b>1.004</b>	<b>18.552</b>
	Non determinato	787	1.582	115	2.484
	<b>IN COMPLESSO</b>	<b>5.180</b>	<b>14.737</b>	<b>1.119</b>	<b>21.036</b>

## 6. IL TERRITORIO: REGIONI E RIPARTIZIONI GEOGRAFICHE

Per un'analisi territoriale del fenomeno, si riportano qui di seguito le denunce di malattia professionale da agente fisico, distribuite per regione e ripartizione geografica.

**Tavola n. 6** - Malattie professionali da agenti fisici manifestatesi e denunciate all'INAIL - Media quinquennio 2005-2009 (tutte le Gestioni) per Regione e in graduatoria decrescente secondo l'indice di incidenza

REGIONI	Media quinquennio 2005-2009				
	Denunce		Occupati in migliaia (*)		Indice di incidenza (x 1.000 occupati)
	Valori	comp. %	Valori	comp. %	
Abruzzo	1.974	10,0%	501	2,2%	3,94
Umbria	868	4,4%	362	1,6%	2,40
Marche	1.450	7,4%	650	2,8%	2,23
Emilia-Rom.	3.291	16,8%	1.936	8,4%	1,70
Friuli V.G.	732	3,7%	515	2,2%	1,42
Sardegna	806	4,1%	604	2,6%	1,33
Toscana	1.890	9,6%	1.550	6,7%	1,22
Basilicata	174	0,9%	194	0,8%	0,90
<b>ITALIA</b>	<b>19.684</b>	<b>100,0%</b>	<b>23.042</b>	<b>100,0%</b>	<b>0,85</b>
Trentino A. A.	382	1,9%	454	2,0%	0,84
Molise	93	0,5%	111	0,5%	0,84
Calabria	500	2,5%	600	2,6%	0,83
Puglia	996	5,1%	1.257	5,5%	0,79
Valle d'Aosta	44	0,2%	56	0,2%	0,79
Piemonte	1.248	6,3%	1.858	8,1%	0,67
Veneto	1.368	6,9%	2.111	9,2%	0,65
Liguria	404	2,1%	641	2,8%	0,63
Lazio	857	4,4%	2.182	9,5%	0,39
Lombardia	1.636	8,3%	4.285	18,5%	0,38
Sicilia	516	2,6%	1.481	6,4%	0,35
Campania	455	2,3%	1.694	7,4%	0,27
NORD-EST	5.773	29,4%	5.016	21,8%	1,15
CENTRO	5.065	25,7%	4.744	20,6%	1,07
MEZZOGIORNO	5.514	28,0%	6.442	28,0%	0,86
NORD-OVEST	3.332	16,9%	6.840	29,6%	0,49

(\*) elaborazione su dati ISTAT - Forze di lavoro

Per neutralizzare possibili oscillazioni temporali dei dati, in particolare nelle regioni più piccole, e focalizzare l'attenzione più che sull'andamento storico delle malattie nelle singole regioni sull'eventuale concentrazione territoriale del rischio tecnopatico, si è proceduto ad effettuare la media delle denunce dei 5 anni osservati, ponendo poi i risultati a confronto tra loro grazie a indici di incidenza relativi opportunamente calcolati. Questi ultimi sono stati ricavati rapportando le denunce

agli occupati del periodo 2005-2009 per regione (elaborazione su dati ISTAT-Forze di lavoro). In termini assoluti, il maggior numero di denunce si riscontrano in Emilia Romagna (circa 3.300 denunce, il 17% del totale), Abruzzo (quasi 2.000, il 10%), in Toscana (circa 1.900) e Lombardia (oltre 1.600). Per area geografica, il 30% delle denunce proviene dal Nord-Est, 1/4 dal Centro, seguito dal Mezzogiorno con il 28% dei casi e infine dal Nord-Ovest col 17%. Relativizzando il fenomeno alla realtà occupazionale locale, nell'intento di depurare i valori dalla componente "dimensione" e rendere confrontabili i dati di regioni grandi e piccole (senza procedere però, si avverte, ad un'armonizzazione dei, anche molto diversi, profili economico-produttivi) è possibile stilare una graduatoria degli indici di incidenza per mille occupati. L'Abruzzo si distingue per l'indice più alto, 3,94 denunce ogni 1.000 lavoratori, oltre 4 volte l'indice medio nazionale (0,85). Seguono l'Umbria (2,40) e le Marche (2,23), mentre in coda si posizionano la Lombardia (0,38), la Sicilia (0,35) e la Campania (0,27). In generale il Nord-Est (1,15) e il Centro (1,07) mostrano risultati peggiori rispetto a quello medio nazionale (0,85) mentre il Mezzogiorno vi si allinea (0,86) e il Nord-Ovest lo migliora sensibilmente (0,49). Per l'Abruzzo, regione particolarmente colpita anche in anni precedenti a quelli qui osservati, ad influenzare il risultato, aggravandolo, anche l'importante (e maggiore che in altre regioni) aumento della presenza di denunce "plurime" (descritte nel 2° capitolo).

## **7. LO STATO DI DEFINIZIONE: DAL RICONOSCIMENTO ALL'INDENNIZZO**

Alla denuncia di malattia professionale fa seguito naturalmente l'opportuno accertamento da parte dell'Istituto e non tutte le segnalazioni pervenute hanno esito positivo in termini di indennizzabilità (per insussistenza della patologia, per effetto della franchigia o per mancanza di nesso causale con la lavorazione svolta, ecc). L'evoluzione della denuncia prevede quindi l'eventuale riconoscimento <sup>(2)</sup> che qualifica la malattia come "professionale" e l'eventuale indennizzo a norma di legge vigente (4 giorni di assenza dal lavoro per l'inabilità temporanea, grado pari almeno al 6% per la menomazione permanente). Per agevolare la lettura dei dati, in tabella sono riportati anche i tassi di riconoscimento (casi riconosciuti su casi denunciati) e i tassi d'indennizzo (casi indennizzati su casi riconosciuti). Nei confronti temporali occorre comunque ricordare che gli anni più recenti sono condizionati dall'elevata presenza di casi ancora in corso di definizione a causa dei tempi tecnici di trattazione delle pratiche (particolarmente lunghi per le tecnopatie) e di una conseguente parzialità dei dati relativi ai riconoscimenti ed indennizzi, in particolare per l'ultimo anno.

Confrontando i dati degli ultimi anni ci si accorge che alla crescita delle denunce dell'ultimo triennio si è accompagnato un aumento più che proporzionale dei riconoscimenti ed indennizzi, per effetto anche di adeguamenti normativi ed indirizzi operativi ispirati a una maggior intervento della tutela assicurativa.

---

(2) a livello europeo, le statistiche EUROSTAT considerano esclusivamente le malattie professionali riconosciute



**Tavola n. 7 - Malattie professionali da agenti fisici manifestatesi e denunciate all'INAIL nel periodo 2005-2009 per Stato di definizione e Gestione**

<b>Stato di definizione / Gestione</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
<b>Denunciate</b>					
Agricoltura	992	1.138	1.310	1.486	3.360
Industria e Servizi	15.720	16.372	17.508	18.612	21.036
Dipendenti Conto Stato	162	185	195	151	194
<b>Totale</b>	<b>16.874</b>	<b>17.695</b>	<b>19.013</b>	<b>20.249</b>	<b>24.590</b>
<b>Riconosciute</b>					
Agricoltura	433	523	615	793	1.547
tasso di ricon (ric / den)	44%	46%	47%	53%	46%
Industria e Servizi	5.838	6.088	6.922	8.061	8.306
tasso di ricon (ric / den)	37%	37%	40%	43%	39%
Dipendenti Conto Stato	39	32	31	31	28
tasso di ricon (ric / den)	24%	17%	16%	21%	14%
<b>Totale</b>	<b>6.310</b>	<b>6.643</b>	<b>7.568</b>	<b>8.885</b>	<b>9.881</b>
tasso di ricon (ric / den)	37%	38%	40%	43,9%	40,2%
<b>Indennizzate</b>					
Agricoltura	306	395	487	649	1.311
tasso di indenn (ind / ric)	71%	76%	79%	82%	85%
Industria e Servizi	3.424	3.777	4.432	5.319	5.720
tasso di indenn (ind / ric)	59%	62%	64%	66%	69%
Dipendenti Conto Stato	39	32	31	31	28
tasso di indenn (ind / ric)	100%	100%	100%	100%	100%
<b>Totale</b>	<b>3.769</b>	<b>4.204</b>	<b>4.950</b>	<b>5.999</b>	<b>7.059</b>
tasso di indenn (ind / ric)	60%	63%	65%	67,5%	71,4%
<b>In corso di definizione</b>					
Agricoltura	-	4	7	11	266
Industria e Servizi	36	40	87	328	2.233
Dipendenti Conto Stato	1	1	-	1	19
<b>Totale</b>	<b>37</b>	<b>45</b>	<b>94</b>	<b>340</b>	<b>2.518</b>

In generale, sugli anni più consolidati del periodo osservato, circa il 40% delle malattie da agente fisico denunciate vengono riconosciute e il 65% di queste infine indennizzate.

La fotografia per gestione, rivela come tali tassi siano superiori per l'Agricoltura: sulla media di anni consolidati, il tasso di riconoscimento è del 48% e quello di indennizzo del 78% . Allineati, ovviamente, al dato medio generale i risultati dell'Industria e Servizi, la gestione più grande e influente sul dato complessivo, mentre per i Dipendenti dello Stato, il tasso di riconoscimento medio scende al 19%. Relativamente ai tassi di indennizzo dei Dipendenti Conto Stato, si segnala che la coincidenza tra il dato "riconosciute" e "indennizzate" (tasso di indennizzo pari al 100%) è dovuta alla peculiarità della gestione, la cui tutela assicurativa non compete all'INAIL che, comunque, tratta le relative pratiche per conto delle rispettive amministrazioni di appartenenza: nessun premio è pagato all'INAIL, che in ogni caso anticipa le prestazioni all'infortunato, ad eccezione dell'indennità giornaliera per inabilità temporanea, erogata direttamente dall'amministrazione di appartenenza, datrice di lavoro; l'impossibilità di distinguere tra "temporanee indennizzate" e casi di "riconoscimenti senza indennizzo", ha suggerito di accorpate la seconda fattispecie alla prima.

Per analizzare la "gravità" degli infortuni si riportano ora i casi indennizzati nel quinquennio 2005-2009 ripartiti per tipo di indennizzo. Nel complesso delle gestioni, oltre il 90% degli indennizzi hanno all'origine una inabilità permanente, a riprova che tali malattie comportano normalmente postumi permanenti. Distinguendo però - nell'ambito delle permanenti - tra indennizzo "in capitale" (risarcimento del danno biologico per inabilità compresa tra il 6% e il 15%) e "indennizzo in rendita" (risarcimento del danno biologico e del danno patrimoniale per inabilità pari o superiori al 16%) risulta nettamente prevalente la 1° casistica: oltre l'80% dei lavoratori indennizzati per inabilità permanente (il 75% di tutti gli indennizzati in complesso) si è visto riconoscere un grado d'inabilità inferiore al 16%.

Molto contenuti i valori relativi ai decessi attribuibili a malattia professionali da agente fisico, mediamente 3-4 casi l'anno.

**Tavola n. 8** - Malattie professionali da agenti fisici manifestatesi e denunciate all'INAIL nel periodo 2005 - 2009 e indennizzate a tutto il 30/04/10 per Gestione e Tipo di indennizzo

Anni		INDENNIZZATE					
		Temporanea	Permanente			Morte	Totale indennizzate
			in capitale	in rendita	Totale		
2005	42	218	46	264	-	306	
2006	53	277	65	342	-	395	
2007	45	357	85	442	-	487	
2008	36	493	120	613	-	649	
2009	46	1.061	204	1.265	-	1.311	

**Industria e Servizi**

Anni	INDENNIZZATE					
	Temporanea	Permanente			Morte	Totale indennizzate
		in capitale	in rendita	Totale		
2005	319	2.581	521	3.102	3	3.424
2006	394	2.811	568	3.379	4	3.777
2007	385	3.280	761	4.041	6	4.432
2008	433	3.980	904	4.884	2	5.319
2009	381	4.321	1.015	5.336	3	5.720

**Dipendenti conto Stato**

Anni	INDENNIZZATE					
	Temporanea	Permanente			Morte	Totale indennizzate
		in capitale	in rendita	Totale		
2005	19	15	5	20	-	39
2006	18	12	2	14	-	32
2007	10	17	4	21	-	31
2008	16	15	-	15	-	31
2009	11	15	2	17	-	28

**Complesso gestioni**

Anni	INDENNIZZATE					
	Temporanea	Permanente			Morte	Totale indennizzate
		in capitale	in rendita	Totale		
2005	380	2.814	572	3.386	3	3.769
2006	465	3.100	635	3.735	4	4.204
2007	440	3.654	850	4.504	6	4.950
2008	485	4.488	1.024	5.512	2	5.999
2009	438	5.397	1.221	6.618	3	7.059

## **LA NUOVA DIRETTIVA MACCHINE: COSA CAMBIA PER GLI AGENTI FISICI?**

**Marco Vigone**

Presidente Commissione Sicurezza UNI - Milano

I.E.C. - Torino

### **1. PREMESSA**

Il 17 maggio 2006 è stata emanata dal Parlamento Europeo e dal Consiglio la nuova Direttiva “ Macchine “ (2006/42/CE)<sup>1</sup> che è entrata in vigore lo scorso 29 dicembre 2009.

Il recepimento italiano di questa direttiva è avvenuto con il D.Lgs. 27 gennaio 2010, n° 17, pubblicato sul supplemento ordinario della Gazzetta Ufficiale n° 36/L del 19.2.2010 che è entrato in vigore il 6 marzo 2010.

Questa direttiva ha sostituito la direttiva 98/37/CE ed il relativo recepimento italiano D.P.R. 459 del 1996 e contiene importanti novità per quanto riguarda la certificazione “CE” delle macchine e molti chiarimenti applicativi.

Per quanto riguarda, invece, gli aspetti legati agli agenti fisici le novità sono relativamente poche in quanto nel nuovo testo legislativo è stato modificato un valore di emissione del rumore emesso con il superamento del quale deve essere indicato, nelle istruzioni per l’uso, il livello di potenza acustica emessa dalla macchina ed è stata introdotta l’obbligatorietà di indicare sempre l’incertezza di misura quando vengono effettuate misurazioni delle emissioni, oltre ad un’importante novità riguardante i componenti di sicurezza di cui si riferirà al termine della relazione.

Questa relazione potrebbe, quindi, essere molto semplice ed occupare pochissimo spazio negli atti del convegno, ma l’esperienza insegna che i costruttori, e spesso anche i consulenti, non tengono in debito conto di quanto richiedono i requisiti essenziali di cui all’allegato I sugli agenti fisici emessi da una macchina. Ovviamente per agenti fisici si devono intendere, come correttamente riportato nell’art. 180 del D.Lgs. 81/08 e s.m.i., *“il rumore, gli ultrasuoni, gli infrasuoni, le vibrazioni meccaniche, i campi elettromagnetici, le radiazioni ottiche, di origine artificiale, il microclima e le atmosfere iperbariche che possono comportare rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori”*.

---

<sup>1</sup> Direttiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 17 maggio 2006 relativa alle macchine e che modifica la direttiva 95/16/CE (GUCE L 157 del 9.6.2006)

Si riprenderanno, in questa relazione, i vari punti dell'allegato I della direttiva riguardanti gli agenti fisici per fornire le corrette indicazioni applicative per ognuno di essi.

### **1.1 PUNTO 1.5.8. RUMORE**

Il punto 1.5.8. riguardante l'emissione di rumore delle macchine recita testualmente: *“La macchina deve essere progettata e costruita in modo tale che i rischi dovuti all'emissione di rumore aereo siano ridotti al livello minimo, tenuto conto del progresso tecnico e della possibilità di disporre di mezzi atti a limitare il rumore, in particolare alla fonte.*

*Il livello dell'emissione di rumore può essere valutato in riferimento ai dati comparativi di emissione di macchine simili”.*

Il requisito impone ai costruttori di progettare macchine che emettano il minimo livello sonoro possibile in quanto si ritiene, giustamente, che solo in fase di progettazione sia possibile tentare di ridurre il rumore emesso che poi interesserà i lavoratori ed eventualmente altre persone “inquinare”, cioè disturbate dal rumore immesso nell'ambiente di vita. Come noto, inoltre, il rumore può causare interferenza e mascheramento delle comunicazioni verbali e/o di sicurezza e provocare infortuni.

E' ovvio che l'esposizione al rumore di un lavoratore non dipende solamente dal rumore emesso dalla macchina ma anche dal modo nel quale è stata installata, le modalità di utilizzo, le caratteristiche acustiche del luogo di lavoro, la presenza di altre fonti di rumore, la posizione della persona rispetto alla sorgente, il tempo di esposizione e l'uso di DPI.

Il costruttore, però, è certamente il primo della catena ed è colui che può certamente intervenire nel modo più corretto ed economico per ridurre le emissioni delle macchine che costituiscono certamente la causa principale dalla quale dipende l'esposizione dei lavoratori interessati.

Sarà compito del Datore di lavoro dell'utilizzatore della macchina che si dovrà preoccupare di acquistare la macchina che emette il minimo livello di rumore analizzando i dati forniti dal costruttore già in sede di offerta o dal materiale pubblicitario dallo stesso fornito conformemente al punto 1.7.4.3. che recita testualmente:

*“Le pubblicazioni illustrative o promozionali che descrivono la macchina non possono essere in contraddizione con le istruzioni per quanto concerne gli aspetti relativi alla salute e alla sicurezza. Le pubblicazioni illustrative o promozionali che descrivono le caratteristiche delle prestazioni della macchina devono contenere le stesse informazioni delle istruzioni per quanto concerne le emissioni”.*

La direttiva non può stabilire dei valori limite all'emissione del rumore, ma richiede al costruttore di realizzare macchine con la più bassa emissione di rumore tenuto conto dello stato della tecnica ed il relativo progresso nello specifico settore e dei sistemi di silenziamento esistenti sul mercato.

E' doveroso ricordare che per certificare “CE” una macchina occorre che il costruttore rispetti tutti i requisiti essenziali applicabili alla macchina stessa e la

giustificazione di questo rispetto deve essere contenuta nel fascicolo tecnico che deve essere tenuto a disposizione dell'Autorità di vigilanza e sorveglianza del mercato.

Fra questi requisiti occorre che il costruttore rispetti il principale, e cioè il punto 1.1.2 Principi d'integrazione della sicurezza ed in particolare il suo punto b):

*“b) Per la scelta delle soluzioni più opportune il fabbricante o il suo mandatario deve applicare i seguenti principi, nell'ordine indicato:*

- *eliminare o ridurre i rischi nella misura del possibile (integrazione della sicurezza nella progettazione e nella costruzione della macchina),*
- *adottare le misure di protezione necessarie nei confronti dei rischi che non possono essere eliminati,*
- *informare gli utilizzatori dei rischi residui dovuti all'incompleta efficacia delle misure di protezione adottate, indicare se è richiesta una formazione particolare e segnalare se è necessario prevedere un dispositivo di protezione individuale”*

requisito che risulta estremamente importante nel caso specifico.

Un utile aiuto a questo fine può essere dato dalle due norme:

- UNI EN ISO 11688-1:2009 - Acustica - Suggerimenti pratici per la progettazione delle macchine e delle apparecchiature a bassa emissione di rumore - Parte 1: Pianificazione
  - UNI EN ISO 11688-2:2002 - Acustica - Suggerimenti pratici per la progettazione di macchine ed apparecchiature a bassa emissione di rumore - Parte 2: Elementi di fisica per la progettazione a bassa emissione
- la prima delle quali è una norma armonizzata.

Per ottemperare al requisito che si sta esaminando la direttiva permette anche di valutare il livello dell'emissione di rumore in riferimento ai dati comparativi di emissione di macchine simili. Come ovvio la comparazione di dati di macchine simili può fornire livelli del tutto inattendibili. Sarebbe auspicabile che questi dati, seppur di valore puramente indicativo, fossero inseriti all'interno delle norme di tipo “C”, cioè all'interno delle norme riguardanti le singole specifiche macchine.

In attesa di questo inserimento è possibile utilizzare la norma:

- UNI EN ISO 11689:1998 - Acustica - Procedura per la comparazione dei dati di emissione sonora per macchine ed apparecchiature
- e la sua errata corregge:
- EC 1-2010 UNI EN ISO 11689:1998 - Acustica - Procedura per la comparazione dei dati di emissione sonora per macchine ed apparecchiature

anche se la norma non è inserita nell'elenco delle norme armonizzate.

## **1.2 PUNTO 1.5.9. VIBRAZIONI**

Il punto 1.5.9. riguardante l'emissione di vibrazioni da parte delle macchine recita testualmente:

*“La macchina deve essere progettata e costruita in modo tale che i rischi dovuti alle vibrazioni trasmesse dalla macchina siano ridotti al livello minimo, tenuto conto del*

*progresso tecnico e della disponibilità di mezzi atti a ridurre le vibrazioni, in particolare alla fonte.*

*Il livello dell'emissione di vibrazioni può essere valutato in riferimento ai dati comparativi di emissione di macchine simili”.*

Tutto quanto riportato nel punto precedente riguardante il rumore può essere riportato anche per le vibrazioni e quindi non ci si ripete.

Un utile aiuto a questo fine può essere dato dalla norma armonizzata:

- UNI EN 1299:2009 - Vibrazioni meccaniche ed urti - Isolamento vibrazionale dei macchinari - Informazioni per la messa in opera dell'isolamento della fonte.

Occorre, però, ricordare che ulteriori obblighi da rispettare per quanto riguarda le postazioni sedute sulle macchine (cioè i sedili) che possono trasmettere vibrazioni alle persone che sono su di esse seduti sono contenuti nel punto 1.1.8, che stabilisce:

“ 1.1.8. Sedili

.....

*Se la macchina è sottoposta a vibrazioni, il sedile deve essere progettato e costruito in modo da ridurre al livello più basso ragionevolmente possibile le vibrazioni trasmesse all'operatore. Il sedile deve essere ancorato in modo da resistere a tutte le sollecitazioni che può subire”.*

### **1.3 PUNTO 1.5.10. RADIAZIONI**

Il punto 1.5.10. riguardante l'emissione di radiazioni da parte delle macchine stabilisce:

*“Le emissioni indesiderabili di radiazioni da parte della macchina devono essere eliminate o essere ridotte a livelli che non producono effetti negativi sulle persone.*

*Ogni emissione di radiazioni ionizzanti funzionali deve essere ridotta al livello minimo sufficiente per il corretto funzionamento della macchina durante la regolazione, il funzionamento e la pulitura. Qualora sussistano rischi si devono prendere le necessarie misure di protezione.*

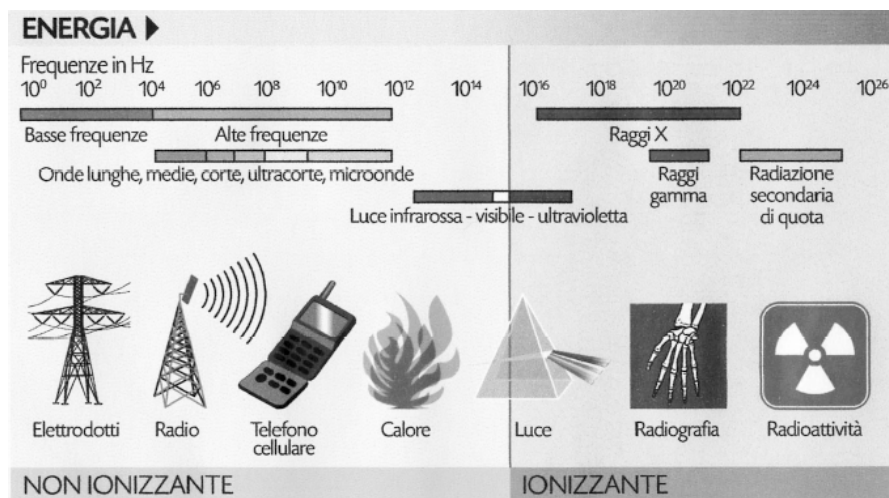
*Ogni emissione di radiazioni non ionizzanti funzionali durante la regolazione, il funzionamento e la pulitura deve essere ridotta a livelli che non producono effetti negativi sulle persone”.*

Questo è un requisito ampiamente disatteso e di conseguenza quando questo avviene le Dichiarazioni CE di conformità sono certamente non veritiere, in quanto il disposto legislativo impone che per poter marcare CE una macchina occorre che tutti i requisiti applicabili alla macchina stessa siano ottemperati.

Quanto richiesto dal punto 1.5.10 riguarda tutte le radiazioni di ogni genere, ionizzanti e non ionizzanti, che possono essere emesse dalla macchina o dai materiali o dalle sostanze che possono essere prodotte o utilizzate dalla macchina in esame.

Poiché in questa categoria sono presenti nelle radiazioni ionizzanti, ad esempio, tutte quelle radioattive quali le radiazioni alfa, beta, gamma ed i raggi X ed in quelle non ionizzanti i campi elettromagnetici, le onde radio, le radiazioni ottiche artificiali, si

ritiene utile in figura 1 riportare un diagramma dal quale si possono evidenziare le singole “famiglie” di radiazioni che sono regolamentate da questo punto.



**Figura. 1** – diagramma spettrale di suddivisione delle radiazioni

Non è certamente questa la sede nella quale approfondire i rischi derivanti dall'esposizione alle radiazioni, ma è doveroso ricordare che esistono specifici disposti di legge che regolamentano l'esposizione dei lavoratori alle radiazioni.

In modo particolare:

- le radiazioni ionizzanti sono regolamentate dal D.Lgs. 230/95 e smi
- i campi elettromagnetici sono regolamentate dal Capo IV del titolo VIII del D.Lgs. 81/08
- le radiazioni ottiche artificiali sono regolamentate dal Capo V del titolo VIII del D.Lgs. 81/08

tutte disposizioni legislative che contengono precisi limiti di esposizione per i lavoratori interessati.

Utili al fine di ottemperare a questo requisito essenziale sono le tre norme armonizzate:

- UNI EN 12198-1:2009 - Sicurezza del macchinario - Valutazione e riduzione dei rischi generati dalle radiazioni emesse dal macchinario - Parte 1: Principi generali.
- UNI EN 12198-2:2009 - Sicurezza del macchinario - Valutazione e riduzione dei rischi generati dalle radiazioni emesse dal macchinario - Parte 2: Procedura di misurazione dell'emissione di radiazione.
- UNI EN 12198-3:2008 - Sicurezza del macchinario - Valutazione e riduzione dei rischi generati dalle radiazioni emesse dal macchinario - Parte 3: Riduzione della radiazione per attenuazione o schermatura.

Scopo della norma UNI EN 12198 – 1 è quello di fornire consigli ai fabbricanti sulla costruzione di macchinari sicuri, nel caso in cui manchino norme pertinenti di tipo C



e precisa che l'emissione di radiazioni può essere funzionale per la lavorazione oppure può essere indesiderata, definendone i relativi significati. La norma prende in considerazione entrambe le situazioni e fornisce elementi per effettuarne la valutazione dei rischi.

Sebbene sia utile rinviare al testo della norma per i dovuti approfondimenti, è utile sottolineare che la norma permette di classificare le macchine in tre categorie in base ai livelli di emissione delle radiazioni ed in base a queste categorie fornisce elementi per valutare la necessità di effettuare interventi tecnici o formativi del personale che utilizzerà la macchina.

Si riporta nel seguito la classificazione delle macchine riportata nella norma UNI EN 12198 – 1.

Categoria	Restrizioni e protezioni	Informazione e formazione
0	Nessuna restrizione	Nessuna informazione necessaria
1	Possono essere necessarie la limitazione dell'accesso e misure di protezione	Su pericoli, rischi ed effetti secondari
2	Restrizioni speciali e misure di protezione sono essenziali	Anche la formazione può essere necessaria

In base alla norma, che si ricorda è armonizzata, il fabbricante deve dichiarare nelle istruzioni per l'uso quali sono gli impieghi previsti della macchina, la categoria di emissione di radiazioni e le procedure di funzionamento. Il fabbricante deve, inoltre, specificare, se necessario, il livello di competenza da raggiungere mediante addestramento da parte dei lavoratori che la utilizzeranno.

Se la categoria di emissione di radiazioni è 1 o 2, il fabbricante deve dichiarare, secondo quanto stabilito dalla norma, come informazione supplementare il tipo e il livello di radiazioni che possono essere emesse dalla macchina.

#### **1.4 PUNTO 1.5.12. RADIAZIONI LASER**

Il requisito 1.5.12 impone quanto segue:

*“In caso di impiego di dispositivi laser va tenuto conto delle seguenti disposizioni:*

- *i dispositivi laser montati su macchine devono essere progettati e costruiti in modo da evitare qualsiasi radiazione involontaria,*
- *i dispositivi laser montati sulle macchine debbono essere protetti in modo tale che né le radiazioni utili, né le radiazioni prodotte da riflessione o da diffusione e le radiazioni secondarie possano nuocere alla salute,*
- *i dispositivi ottici per l'osservazione o la regolazione di dispositivi laser montati sulle macchine devono essere tali che le radiazioni laser non creino alcun rischio per la salute”.*

I raggi laser sono caratterizzati da fasci di luce coerente, cioè monocromatici e con coerenza di fase. Sono ormai utilizzati in moltissimi settori, quali ad esempio:

- Applicazioni mediche.
- Telecomunicazioni, informatica.
- Ambito militare.
- Lavorazioni di materiali.
- Metrologia e misure.
- Applicazioni nei laboratori di ricerca.
- Beni di consumo.

Le principali applicazioni sono:

- Lavorazioni di materiali:
  - Foratura, taglio, saldatura, trattamenti termici, etc.
- Misure industriali, civili ed ambientali:
  - *Settore industriale*: interferometri laser per metrologia, misuratori di diametri di fili, granulometri, rugosimetri sistemi di rilievo di campi di deformazione.
  - *Settore civile*: sistemi laser di allineamento livelle laser, telemetri topografici e geodimetri.
  - *Settore ambientale*: rilevatori di inquinamento.
  - *Settore della presentazione*: laser per la visualizzazione di ologrammi, pointer laser per conferenze, sistemi laser per la didattica.
  - *Settore giochi di luce*: laser per effetti speciali in discoteche, mostre spettacoli all'aperto e simili.
  - *Settore beni durevoli*: lettori al laser di codici a barre, lettori di compact disk, stampanti laser e simili.
- Telecomunicazioni e fibre ottiche:
  - Sorgenti laser a semiconduttore per applicazioni, tramite fibra ottica, nella trasmissione ed elaborazione ottica di dati.
- Applicazioni nei laboratori di ricerca:
  - Ottica non lineare.
  - Spettroscopia lineare e non lineare.
  - Interazione radiazione materia.
- Applicazioni mediche:
  - Applicazioni dei laser in *Oftalmologia*.
  - Applicazioni cliniche dei laser in *Chirurgia Generale*.
  - Applicazioni cliniche dei laser in *Chirurgia con microscopio operatorio*.
  - Applicazioni cliniche dei laser in *Chirurgia Endoscopica*.

I raggi laser sono stati classificati mediante la norma:

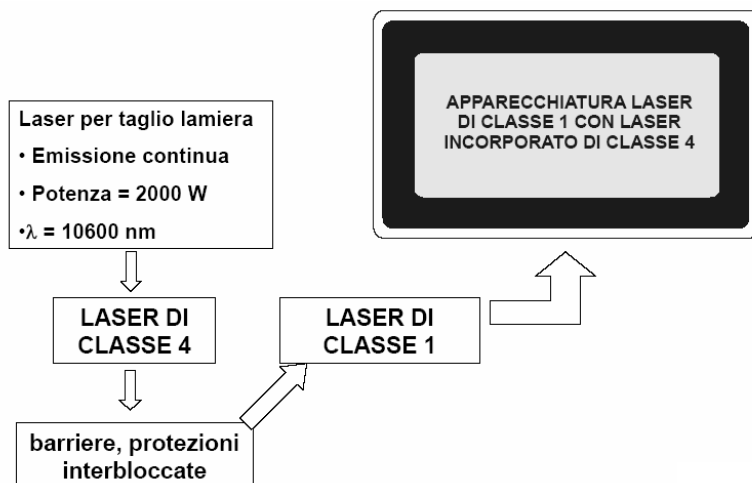
- CEI EN 60825-1 – 2009 - Sicurezza degli apparecchi laser - Parte 1: Classificazione delle apparecchiature e requisiti ed in funzione della classificazione devono essere assunti specifici provvedimenti di protezione.

Pur rimandando alla norma per un approfondimento, è doveroso ricordare che i criteri di classificazione sono mutati nel tempo per cui si riporta nella tabella sotto riportata la variazione della classificazione.

Classi 1993	Classi 2007
1	1
	1M
2	2
	2M
3A	3R
3B	3B
4	4

Il costruttore di raggi laser deve riportare sull'apparecchio contenente il raggio un apposita etichetta che deve contenere tutti i dati caratteristici del raggio stesso e la sua classe. Questa etichetta è fondamentale per l'utilizzatore finale in quanto è solo tramite i dati in essa contenuti ed alla relativa classificazione che è possibile effettuare la valutazione del rischio richiesta dal D.Lgs. 81/08.

In figura 2 si riporta un esempio di classificazione di apparecchiatura laser seguendo le indicazioni della norma CEI EN 60825 – 1.



**Figura 2** – Esempio di classificazione di apparecchiatura laser

Molto utili per ottemperare il requisito in esame sono le norme armonizzate:

- UNI EN ISO 11553-1:2009 - Sicurezza del macchinario - Macchine laser - Parte 1: Requisiti generali di sicurezza.
- UNI EN ISO 11553-2:2009 - Sicurezza del macchinario - Macchine laser - Parte 2: Requisiti di sicurezza per macchine laser portatili.

- UNI EN 12254:2008 - Schermi per posti di lavoro in presenza di laser - Requisiti di sicurezza e prove.

### 1.5 PUNTO 1.7.4.2. CONTENUTO DELLE ISTRUZIONI

Per quanto riguarda l'emissione di rumore e di radiazioni non ionizzanti il requisito 1.7.4.2 richiede:

*“Ciascun manuale di istruzioni deve contenere, se del caso, almeno le informazioni seguenti:*

.....

*u) le seguenti informazioni relative all'emissione di rumore aereo:*

- *il livello di pressione acustica dell'emissione ponderato A nei posti di lavoro, se supera 70 dB(A); se tale livello non supera 70 dB(A), deve essere indicato,*
- *il valore massimo della pressione acustica istantanea ponderata C nei posti di lavoro, se supera 63 Pa (130 dB rispetto a 20  $\mu$ Pa),*
- *il livello di potenza acustica ponderato A emesso dalla macchina, se il livello di pressione acustica dell'emissione ponderato A nei posti di lavoro supera 80 dB(A).*

*I suddetti valori devono essere o quelli misurati effettivamente sulla macchina in questione, oppure quelli stabiliti sulla base di misurazioni effettuate su una macchina tecnicamente comparabile e rappresentativa della macchina da produrre.*

*Quando si tratta di una macchina di grandissime dimensioni, invece del livello di potenza acustica ponderato A possono essere indicati livelli di pressione acustica dell'emissione ponderati A in appositi punti intorno alla macchina.*

*Allorché non sono applicate le norme armonizzate, i dati acustici devono essere misurati utilizzando il codice di misurazione più appropriato adeguato alla macchina. Ogniquale volta sono indicati i valori dell'emissione acustica, devono essere specificate le incertezze relative a tali valori. Devono essere descritte le condizioni di funzionamento della macchina durante la misurazione e i metodi utilizzati per effettuarla.*

*Se il posto o i posti di lavoro non sono o non possono essere definiti, i livelli di pressione acustica ponderati A devono essere misurati a 1 m dalla superficie della macchina e a 1,60 m di altezza dal suolo o dalla piattaforma di accesso. Devono essere indicati la posizione e il valore della pressione acustica massima.*

*Qualora vi siano specifiche direttive comunitarie che prevedono altre indicazioni per la misurazione del livello di pressione acustica o del livello di potenza acustica, esse vanno applicate e non si applicano le prescrizioni corrispondenti del presente punto;*

*v) se la macchina può emettere radiazioni non ionizzanti che potrebbero nuocere alle persone, in particolare se portatrici di dispositivi medici impiantabili attivi o non attivi, le informazioni riguardanti le radiazioni emesse per l'operatore e le persone esposte”.*

Questo è uno dei requisiti che hanno subito modifiche rispetto alla vecchia direttiva 98/37/CE. E' stato, infatti, ridotto da 85 ad 80 dB(A) il livello sonoro presente sul posto di lavoro che obbliga il costruttore a dichiarare anche la potenza sonora emessa dalla macchina, è stato introdotto l'obbligo di indicare l'incertezza associata

alla misura effettuata e la possibilità di dichiarare il livello sonoro emesso per comparazione con altre macchine simili.

La richiesta di indicare l'incertezza di misura era già contenuta nella Direttiva 2000/14/CE riguardante il rumore emesso dalle macchine che possono lavorare all'esterno.

Il requisito che si sta esaminando è un requisito molto importante in quanto, se correttamente assolto, permette all'acquirente di poter scegliere già in fase di acquisto la macchina che emette il minor rumore ed all'utilizzatore finale di poter valutare, anche preventivamente, quella che sarà l'esposizione dei lavoratori che la dovranno usare.

Molte sono le norme armonizzate che possono essere utilizzate per fornire i dati di rumore richiesti, si riportano solo le principali:

- UNI EN ISO 4871:2009 - Acustica - Dichiarazione e verifica dei valori di emissione sonora delle macchine e delle apparecchiature.
- UNI EN ISO 3741:2009 - Acustica - Determinazione dei livelli di potenza sonora delle sorgenti di rumore mediante misurazione della pressione sonora - Metodi di laboratorio in camere riverberanti.
- UNI EN ISO 3743-1:2009 - Acustica - Determinazione dei livelli di potenza sonora delle sorgenti di rumore utilizzando la pressione sonora - Metodi tecnici progettuali in campo riverberante per piccole sorgenti trasportabili - Parte 1: Metodo di comparazione per camere di prova a pareti rigide.
- UNI EN ISO 3743-2:2009 - Acustica - Determinazione dei livelli di potenza sonora delle sorgenti di rumore utilizzando la pressione sonora - Metodi tecnici progettuali in campo riverberante per piccole sorgenti trasportabili - Parte 2: Metodi in camere riverberanti speciali.
- UNI EN ISO 3744:2009 - Acustica - Determinazione dei livelli di potenza sonora delle sorgenti di rumore mediante misurazione della pressione sonora - Metodo tecnico progettuale in un campo essenzialmente libero su un piano riflettente.
- UNI EN ISO 3745:2009 - Acustica - Determinazione dei livelli di potenza sonora delle sorgenti di rumore mediante misurazione della pressione sonora - Metodi di laboratorio in camere anecoica e semi- anecoica.
- UNI EN ISO 3746:2009 - Acustica - Determinazione dei livelli di potenza sonora delle sorgenti di rumore mediante misurazione della pressione sonora - Metodo di controllo con una superficie avvolgente su un piano riflettente.
- UNI EN ISO 3747:2009 - Acustica - Determinazione dei livelli di potenza sonora delle sorgenti di rumore mediante misurazione della pressione sonora - Metodo di confronto per utilizzo in opera.

### **1.6 PUNTO 1.7.4.3. PUBBLICAZIONI ILLUSTRATIVE O PROMOZIONALI**

Questo è forse il requisito più disatteso e non richiede precisazioni se non una sua attenta lettura:

*“Le pubblicazioni illustrative o promozionali che descrivono la macchina non possono essere in contraddizione con le istruzioni per quanto concerne gli aspetti*

*relativi alla salute e alla sicurezza. Le pubblicazioni illustrative o promozionali che descrivono le caratteristiche delle prestazioni della macchina devono contenere le stesse informazioni delle istruzioni per quanto concerne le emissioni”.*

Il rispetto di questo requisito permetterebbe all'acquirente di poter valutare preventivamente la “bontà” di una macchina dal punto di vista delle sue emissioni e permettergli di rispettare in questo modo precisi obblighi che gli derivano dalle leggi di sicurezza sul lavoro vigenti.

### **1.7 PUNTO 2.2.1.1. ISTRUZIONI PER LE MACCHINE CONDOTTE A MANO**

Il requisito in esame stabilisce che:

*“Le istruzioni devono fornire le seguenti indicazioni relative alle vibrazioni emesse dalle macchine portatili tenute e condotte a mano:*

- *il valore totale di vibrazioni cui è esposto il sistema mano-braccia quando superi i 2,5 m/s<sup>2</sup>. Se tale valore non supera 2,5 m/s<sup>2</sup>, occorre segnalarlo,*
- *l'incertezza della misurazione.*

*I suddetti valori devono essere quelli misurati effettivamente sulla macchina in questione, oppure quelli stabiliti sulla base di misurazioni effettuate su una macchina tecnicamente comparabile rappresentativa della macchina da produrre.*

*Allorché non sono applicate le norme armonizzate, i dati sulle vibrazioni devono essere misurati usando il codice di misurazione più appropriato adeguato alla macchina.*

*Devono essere specificati le condizioni di funzionamento della macchina durante la misurazione e i metodi utilizzati per effettuarla oppure il riferimento alla norma armonizzata applicata”.*

Quanto richiesto è del tutto simile a quanto già riportato per le informazioni riguardanti l'emissione del rumore e quindi si rimanda alle considerazioni già fatte. Novità anche in questo caso è quello riguardante la richiesta di indicare l'incertezza di misura e la possibilità di dichiarare livelli di emissione per comparazione.

Molto utili per rispettare il requisito sono le norme che si riportano, ricordando che la serie UNI EN ISO 28927 è armonizzata:

- UNI EN ISO 28927-1:2010 - Macchine utensili portatili - Metodi di prova per la valutazione dell'emissione vibratoria - Parte 1: Smerigliatrici verticali e angolari.
- UNI EN ISO 28927-2:2010 - Macchine utensili portatili - Metodi di prova per la valutazione dell'emissione vibratoria - Parte 2: Avvitatori, avvitatadi e cacciaviti.
- UNI EN ISO 28927-3:2010 - Macchine utensili portatili - Metodi di prova per la valutazione dell'emissione vibratoria - Parte 3: Lucidatrici e levigatrici rotative, orbitali e a movimento rotorbitale.
- UNI EN ISO 28927-5:2010 - Macchine utensili portatili - Metodi di prova per la valutazione dell'emissione vibratoria - Parte 5: Trapani e trapani a percussione.
- UNI EN ISO 28927-6:2010 - Macchine utensili portatili - Metodi di prova per la valutazione dell'emissione vibratoria - Parte 6: Pestelli.

- UNI EN ISO 28927-7:2010 - Macchine utensili portatili - Metodi di prova per la valutazione dell'emissione vibratoria - Parte 7: Roditrici e cesoie.
- UNI EN ISO 28927-8:2010 - Macchine utensili portatili - Metodi di prova per la valutazione dell'emissione vibratoria - Parte 8: Seghetti, lucidatrici e limatrici con azione alternativa e segchetti con azione rotatoria o oscillatoria.
- UNI EN ISO 28927-9:2010 - Macchine utensili portatili - Metodi di prova per la valutazione dell'emissione vibratoria - Parte 9: Martelli disincrostatore e scrostatore ad aghi.
- UNI CEN ISO/TS 8662-11:2006 - Macchine utensili portatili - Misurazione delle vibrazioni sull'impugnatura - Parte 11: Macchine utensili per l'inserimento di elementi di fissaggio.
- UNI EN ISO 8662-13:1999 - Macchine utensili portatili - Misurazione delle vibrazioni sull'impugnatura - Fresatrici per stampi.

E' doveroso ricordare, però, che i valori di vibrazione che sono determinati con queste norme difficilmente corrispondono a quelli operativi reali in quanto le misure vengono effettuate non sul campo ma con metodiche ed utensili standardizzati che cercano di simulare il lavoro reale.

Per completare le informazioni fornite si ritiene di dover segnalare le norme tecniche utilizzate per la valutazione dell'esposizione dei lavoratori alle vibrazioni trasmesse alle mani:

- UNI EN ISO 5349-1:2004 - Vibrazioni meccaniche - Misurazione e valutazione dell'esposizione dell'uomo alle vibrazioni trasmesse alla mano - Parte 1: Requisiti generali.
- EC 1-2010 UNI EN ISO 5349-1:2004 - Vibrazioni meccaniche - Misurazione e valutazione dell'esposizione dell'uomo alle vibrazioni trasmesse alla mano - Parte 1: Requisiti generali.
- UNI EN ISO 5349-2:2004 - Vibrazioni meccaniche - Misurazione e valutazione dell'esposizione dell'uomo alle vibrazioni trasmesse alla mano - Parte 2: Guida pratica per la misurazione al posto di lavoro.

### **1.8 PUNTO 3.6.3.1. VIBRAZIONI PRODOTTE DALLA MOBILITÀ DELLE MACCHINE - ISTRUZIONI**

Il requisito richiede specificatamente che:

*“Le istruzioni devono fornire le seguenti indicazioni relative alle vibrazioni trasmesse dalla macchina al sistema mano-braccio o a tutto il corpo:*

- *il valore totale di vibrazioni cui è esposto il sistema mano-braccio, quando superiori  $2,5 \text{ m/s}^2$ . Se tale livello è inferiore o pari a  $2,5 \text{ m/s}^2$ , deve essere indicato,*
- *il valore quadratico medio massimo dell'accelerazione ponderata cui è esposto tutto il corpo, quando superiori  $0,5 \text{ m/s}^2$ . Se tale livello è inferiore o pari a  $0,5 \text{ m/s}^2$ , deve essere indicato,*
- *l'incertezza della misurazione.*

*I suddetti valori devono essere quelli misurati effettivamente sulla macchina in questione, oppure quelli stabiliti sulla base di misurazioni effettuate su una macchina tecnicamente comparabile rappresentativa della macchina da produrre.*

*Allorché non sono applicate le norme armonizzate, i dati sulle vibrazioni devono essere misurati usando il codice di misurazione più appropriato adeguato alla macchina.*

*Devono essere descritte le condizioni di funzionamento della macchina durante la misurazione e il codice di misurazione utilizzato per effettuarla”.*

Le novità anche in questo caso riguardano l'obbligatorietà di indicare l'incertezza di misura, quando questa è eseguita e la possibilità di indicare livelli per comparazione. Per ogni altra considerazione si rimanda al corrispondente requisito riguardante l'emissione di rumore.

I dati forniti dai costruttori sono estremamente importanti in quando in base l'art. 202 del D.Lgs. 81/08 questi possono essere utilizzati per valutare l'esposizione dei lavoratori alle vibrazioni.

Molto utile a tal riguardo risulta la norma armonizzata:

- UNI EN 1032:2009 - Vibrazioni meccaniche - Esame di macchine mobili allo scopo di determinare i valori di emissione vibratoria

oltre a tutte quelle specifiche di prodotto.

Per valutare l'esposizione alle vibrazioni dei lavoratori possono essere utilizzate le norme:

- UNI ISO 2631-1:2008 - Vibrazioni meccaniche e urti - Valutazione dell'esposizione dell'uomo alle vibrazioni trasmesse al corpo intero - Parte 1: Requisiti generali.
- UNI ISO 5805:2004 - Vibrazioni meccaniche ed urti - Esposizione dell'individuo - Vocabolario.
- UNI ISO 8727:1999 - Vibrazioni meccaniche ed urti - Esposizione dell'uomo - Sistemi di coordinate biodinamiche.
- UNI EN 14253:2008 - Vibrazioni meccaniche - Misurazione e calcolo della esposizione alle vibrazioni trasmesse all'intero corpo al fine di tutelare la salute dell'operatore - Guida pratica.
- UNI CEN/TS 15730:2009 - Macchine movimento terra - Linee guida per la valutazione dell'esposizione alle vibrazioni del corpo intero in macchine con operatore a bordo - Uso di dati armonizzati raccolti da istituti internazionali, organizzazioni e costruttori.
- UNI EN ISO 5349-1:2004 - Vibrazioni meccaniche - Misurazione e valutazione dell'esposizione dell'uomo alle vibrazioni trasmesse alla mano - Parte 1: Requisiti generali.
- UNI EN ISO 5349-2:2004 - Vibrazioni meccaniche - Misurazione e valutazione dell'esposizione dell'uomo alle vibrazioni trasmesse alla mano - Parte 2: Guida pratica per la misurazione al posto di lavoro.

## **1.9 COMPONENTI DI SICUREZZA**

In conclusione a questo breve esame degli obblighi che i requisiti essenziali impongono ai costruttori relativamente alle emissioni di agenti fisici dalle macchine



è doveroso ricordare che l'art. 2 della Direttiva 2006/42/CE e del recepimento italiano D.Lgs. 17/2010 definisce che cosa sono i “*componenti di sicurezza*” ed in particolare stabilisce che è quel componente:

- *destinato ad espletare una funzione di sicurezza,*
- *immesso sul mercato separatamente,*
- *il cui guasto o malfunzionamento, mette a repentaglio la sicurezza delle persone, e*
- *che non è indispensabile per lo scopo per cui è stata progettata la macchina o che per tale funzione può essere sostituito con altri componenti*

e stabilisce che essi sono macchine a tutti gli effetti e quindi devono rispettare tutti gli obblighi relativi alle macchine stesse, cioè la redazione di un fascicolo tecnico, del manuale d'uso, della dichiarazione CE di conformità e l'apposizione della marcatura CE vicino al logo del costruttore.

L'allegato V della Direttiva, e quindi anche del recepimento italiano, riporta l'elenco indicativo dei componenti di sicurezza di cui all'articolo 2, lettera c). In questo elenco alla voce 13 si stabilisce che sono componenti di sicurezza anche i:

*“13. Sistemi e dispositivi destinati a ridurre l'emissione di rumore e di vibrazioni”.*

Tutto ciò implica che se i dispositivi destinati a ridurre l'emissione di rumore e di vibrazioni sono realizzati e venduti separatamente alla macchina sulla quale devono essere installati sono soggetti a tutti gli obblighi relativi alle macchine in generale e quindi essere marcati CE, essere accompagnati dalla Dichiarazione CE di conformità e dal relativo manuale d'uso.

Questa è certamente la novità più rilevante che, si ritiene, sia sfuggita alla maggioranza di coloro che costruiscono queste attrezzature ed a coloro che le acquistano e le utilizzano.

## **ESEMPI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO DA AGENTI FISICI**

**Maria Beria d'Argentina, Cristiano Cordini**

Eurofins - Modulo Uno – Torino

### **1. PREMESSA**

Dopo oltre 15 anni di applicazione dei principi generali di prevenzione contenuti nel decreto legislativo 626 del 1994, e dopo quasi 20 anni dalla pubblicazione del decreto legislativo 277 in materia di prevenzione – tra gli altri – del rischio rumore, gli interventi disposti dai datori di lavoro per la effettiva riduzione dei rischi per la salute derivanti da agenti fisici sembrano tuttora carenti e discontinui, a fronte della sovrabbondanza di analisi e valutazioni anche di buon livello qualitativo.

Alcune ipotesi interpretative di tale fenomeno, derivanti dalla comune esperienza, sono le seguenti:

- scarsa conoscenza dei fenomeni fisici che caratterizzano i pericoli;
- scarsa conoscenza dei fenomeni di patogenesi associati ai singoli pericoli;
- scarsa conoscenza dei criteri di ingegnerizzazione dei processi e delle variabili di possibile intervento ex post;
- scarsa cura della progettazione di sicurezza ex ante dei luoghi di lavoro e dei lay-out.

Obiettivo della presente memoria è dunque fornire un criterio di intervento applicabile nelle diverse situazioni di rischio, esaminandone gli aspetti operativi in casi concreti riconducibili a situazioni lavorative alquanto differenziate. Nel testo sono riportati i casi relativi ai rischi

- rumore
- campi elettromagnetici
- sovrappressioni

### **2. PERICOLI E RISCHI DA AGENTI FISICI**

#### **2.1 UNA DEFINIZIONE DI AGENTE FISICO**

Il decreto legislativo 81/08 annovera tra gli agenti fisici di rischio il rumore, inclusi infrasuoni e ultrasuoni, le vibrazioni, i campi elettromagnetici, le radiazioni ottiche di origine artificiale, il microclima, le atmosfere iperbariche.

In questa sede si ritiene di dover adottare la più ampia definizione contenuta nella letteratura internazionale, la quale include anche le radiazioni ionizzanti, l'ergonomia, lo stress termico, il rischio elettrico e le sovrappressioni.

Come ben chiariscono le note introduttive al capitolo degli agenti fisici del volume "valori limiti di soglia" (traduzione italiana a cura di AIDII delle pubblicazioni ACGIH), gli agenti fisici si caratterizzano per la estrema variabilità degli organi bersaglio ed effetti sulla salute e per la notevole interazione con caratteristiche individuali del soggetto esposto, quali predisposizioni genetiche, età, abitudini di vita e fattori correlati (alcool, fumo, ..), farmaci, esposizioni precedenti.

Gli interventi volti alla riduzione della azione dannosa di tali agenti richiedono quindi una approfondita analisi conoscitiva che deve coinvolgere il Medico Competente per adeguarsi alle singole personalità esposte.

## **2.2 I PERICOLI DA AGENTI FISICI**

Si definisce pericolo una proprietà intrinseca di un materiale, macchinario, impianto, situazione, ecc., in grado di arrecare danno ai lavoratori.

Trattandosi di una proprietà intrinseca, un pericolo segue una logica binaria: o è presente o è assente. In altri termini, un pericolo può essere eliminato (eliminando il materiale, macchinario, impianto, situazione, ecc, che lo genera), ma non può essere ridotto.

Ovviamente, ad uno stesso materiale, macchinario, impianto, situazione, ecc, possono essere associati intrinsecamente più pericoli.

I pericoli presenti in un'attività lavorativa si possono classificare in due grandi tipologie:

- ❖ pericoli legati a un'esposizione prolungata a fenomeni di bassa intensità con conseguenze a lungo termine (cioè con effetti cronici) le cui problematiche sono affrontate nell'ambito dell'igiene industriale, tipicamente correlati alle malattie professionali;
- ❖ pericoli legati a una breve esposizione a fenomeni di elevata intensità con conseguenze a breve termine (cioè con effetti acuti), le cui problematiche sono affrontate nell'ambito della sicurezza del lavoro, tipicamente correlati agli infortuni anche mortali.

Come noto, la presenza di un pericolo può avere conseguenze pratiche molto diverse in funzione di due variabili: il fatto che il pericolo si concretizzi in un evento indesiderato o meno e l'entità del danno causato dall'evento indesiderato stesso.

Per ogni agente fisico di rischio in ambiente lavorativo è dunque necessario conoscere i parametri che ne caratterizzano la azione dannosa, gli organi bersaglio, i meccanismi patogenetici nel caso di esposizione prolungata e la possibile presenza di effetti acuti.

## **2.3 I RISCHI DA AGENTI FISICI**

Il concetto di rischio sintetizza in un solo parametro la probabilità che il pericolo si concretizzi in un effetto dannoso (in altri termini la probabilità di accadimento dell'evento indesiderato) e l'entità del danno (cioè la sua magnitudo).

La magnitudo di un evento a sua volta dipende dall'intensità dell'effetto causato e dalla vulnerabilità delle persone esposte.

In termini matematici, si può quindi dire che il rischio  $R$ , è una funzione della probabilità di accadimento di un evento indesiderato, dell'entità degli effetti a esso associati e della vulnerabilità delle persone colpite da tali effetti.

Frequentemente, entità degli effetti e vulnerabilità vengono riuniti in un unico parametro, detto gravità o magnitudo.

Per i pericoli che provocano effetti acuti si è soliti riportare il valore di probabilità e quello di magnitudo ad una scala discreta, rappresentando il rischio mediante la relazione semplificata  $R = P \times M$ .

In tal modo si vuole evidenziare che si considerano equivalenti rischi di elevata magnitudo e bassa probabilità, ovvero di elevata probabilità e bassa magnitudo; ne consegue che si possono rappresentare con delle iperbole le curve isorischio su un diagramma cartesiano  $P$  vs  $M$ . Definito un valore di rischio ritenuto accettabile, la curva rappresentativa di tale valore divide il piano cartesiano in due regioni: la regione inferiore, che rappresenta le situazioni di rischio accettabili, e la regione superiore che rappresenta le situazioni di rischio non accettabili.

Per i pericoli che possono causare effetti cronici, l'insorgere di un qualsiasi effetto negativo per la salute dipende dalla dose assorbita dall'organismo, che a sua volta dipende dal tempo di esposizione all'agente fisico.

Per poter valutare il rischio di esposizione a un agente fisico è quindi necessario definire la probabilità che la presenza dell'agente fisico nell'ambiente di lavoro sia tale da provocare l'insorgere di un qualsiasi effetto per la salute. Per quantificare tale probabilità è necessario conoscere in quali condizioni un dato agente fisico è in grado di provocare tale insorgenza. In altri termini è necessario avere a disposizione dei valori di riferimento che delimitino un campo di sicurezza, cioè la regione dove un dato agente non è in grado di provocare l'insorgere di un qualsiasi effetto negativo per la salute.

Normativamente sono stati quindi introdotti i concetti di limite di esposizione, che non deve mai essere superato, di valore superiore di azione e di valore inferiore di azione, indicanti invece la decorrenza di obblighi differenziati di prevenzione e protezione.

Per ottenere una stima del rischio legato a eventi con effetti acuti è quindi necessario ottenere una stima della probabilità di accadimento e della magnitudo delle conseguenze di ogni evento indesiderato.

Per ottenere una stima del rischio legato a eventi con effetti cronici è sufficiente ottenere una stima della probabilità che la situazione in esame provochi l'insorgere di un determinato effetto negativo per la salute.

### **3. LA RIDUZIONE DEI RISCHI DA AGENTI FISICI**

#### **3.1 UN APPROCCIO TECNICO**

Per le definizioni assegnate ai termini pericolo e rischio, prima di proporsi una qualsivoglia riduzione dei rischi è indispensabile identificare tutti gli eventi indesiderati che possano accadere, cioè identificare tutti i pericoli.

L'analisi di rischio ha lo scopo di individuare, valutare e controllare i pericoli nell'ambiente di lavoro e per le esposizioni con effetti acuti prevede il seguente schema di lavoro:

1. identificazione degli eventi indesiderati (pericoli);
2. valutazione delle conseguenze di ogni evento;
3. quantificazione della probabilità di accadimento di ogni evento;
4. stima del rischio;
5. valutazione del rischio;
6. confronto con il livello di rischio accettabile, per gli effetti acuti
7. valutazione dell'esposizione potenziale, per gli effetti cronici

Nella pratica la riduzione dei rischi può essere affrontata mediante:

- ❖ l'eliminazione di uno o più pericoli;
- ❖ la riduzione della probabilità di manifestazione dell'evento indesiderabile, operando ad esempio sulle distanze sorgente – recettore o sui tempi di esposizione;
- ❖ riduzione del possibile danno, mediante dispositivi di protezione collettivi o individuali.

E' necessario ricordare come, da un punto di vista generale, non sia sempre possibile prevedere, particolarmente nelle applicazioni proprie del Datore di Lavoro, una riduzione del rischio mediante eliminazione del pericolo; molto più frequentemente gli obiettivi di riduzione potranno essere raggiunti mediante interventi che interagiscono con la probabilità di accadimento dell'evento indesiderato o con la magnitudo delle conseguenze.

Per questo motivo, molta attenzione deve essere posta allo studio della interazione uomo/rischio, non sottovalutando gli aspetti comportamentali; la rilevanza posta negli ultimi anni a tematiche quali il fattore umano e il comportamento va compresa anche nella prospettiva, ormai molto attuale, di dovere sempre più spesso riconoscere che solo attraverso nuovi processi o nuove tecnologie si possono modificare i fattori fisici di pericolo, sicché la riduzione dei rischi deve fare i conti con la consapevolezza, la condivisione, la motivazione soggettiva.

La eliminazione del pericolo appartiene invece più propriamente alle fasi progettuali del processo lavorativo, tutte ugualmente importanti e da sottolineare:

- ❖ scelta del luogo di lavoro;
- ❖ definizione di macchinari, impianti, attrezzature ausiliarie;
- ❖ definizione del lay-out;
- ❖ definizione dei turni e delle mansioni.

Possiamo quindi concludere da un punto di vista prettamente tecnico che qualunque programma di riduzione dei rischi da agenti fisici nei luoghi di lavoro non può prescindere dalle seguenti fasi, preliminari alla progettazione esecutiva degli interventi:

1. Identificazione e caratterizzazione del pericolo;
2. Stima e valutazione del rischio e analisi delle cause del superamento dei valori soglia;
3. Definizione delle priorità e degli obiettivi di riduzione;
4. Scelta dei criteri e delle metodologie di intervento;
5. Valutazione dei risultati di carattere collettivo;

6. Valutazione dei risultati di carattere individuale, con particolare riferimento ai lavoratori particolarmente sensibili.

### **3.2 LE OBBLIGATORIETA' NORMATIVE**

Le indicazioni provenienti dal DLgs.81/08, che pare utile richiamare in questa sede sono:

- ❖ la valutazione dei rischi deve riguardare tutti i rischi connessi ai pericoli da agenti fisici presenti;
- ❖ i lavoratori non devono in nessun caso essere esposti a livelli di rischio superiori ai valori limite di esposizione; in caso di superamento la analisi delle cause dei superamenti vanno individuate immediatamente, riconducendo l'esposizione al di sotto di tali valori;
- ❖ la valutazione dei rischi ha per obiettivo specifico la individuazione delle misure di prevenzione e protezione;
- ❖ le misure di prevenzione e protezione devono essere adattate ai lavoratori appartenenti a gruppi particolarmente sensibili;
- ❖ la attenzione allo stato dell'arte, con riferimento alla buona tecnica ed alle buone prassi, deve sostenere la individuazione degli interventi possibili;
- ❖ con riferimento al progresso tecnico, i rischi derivanti dalla esposizione ad agenti fisici sono eliminati alla fonte o ridotti al minimo;
- ❖ il livello di dettaglio della valutazione dei rischi è scelto e giustificato dal datore di lavoro;
- ❖ la valutazione dei rischi va ripetuta con cadenza almeno quadriennale;
- ❖ la valutazione dei rischi va effettuata ogni qual volta si verificano dei mutamenti delle condizioni di lavoro che potrebbero modificarne gli esiti;
- ❖ la valutazione va ripetuta in relazione a fabbisogni derivanti dagli esiti della sorveglianza sanitaria.

## **4. ESEMPI DI RIDUZIONE**

### **4.1 RUMORE: PROGETTO ACUSTICO DI UN LABORATORIO SCOLASTICO**

#### **4.1.1 Identificazione e caratterizzazione del pericolo**

Il caso in esame ha previsto uno studio per contenere la rumorosità all'interno dei laboratori di un Centro di Formazione Professionale, in relazione al funzionamento delle macchine, degli impianti e delle attrezzature previste.

La stima della situazione acustica è stata effettuata sulla base sia delle misurazioni effettuate negli attuali laboratori, sia della esperienza di ambienti di lavoro simili.

Esaminando l'insieme del complesso scolastico sono state:

1. identificate le sorgenti sonore significative all'interno dei laboratori
2. valutate le distribuzioni dei livelli di pressione sonora, previa valutazione dei livelli di potenza sonora
3. identificate le aree e tipologie di possibile contenimento delle emissioni, delle riflessioni, delle trasmissioni per via aerea e solida
4. effettuate valutazioni previsionali dei livelli di pressione sonora, tramite software di previsione acustica basati sulla metodologia di calcolo "ray tracing".

#### 4.1.2 Stima e valutazione del rischio

La stima del rischio è stata effettuata sulla base dei livelli di distribuzione sonora previsionali.

La valutazione del rischio di esposizione è stata effettuata definendo la probabilità che i livelli nell'ambiente di lavoro a cui sono esposti gli operatori siano tali da provocare l'insorgere di un qualsiasi effetto per la salute. Gli interventi volti al miglioramento delle condizioni di ascolto e più in generale al benessere acustico sono stati predisposti senza stima del beneficio in termini quantitativi: degli stessi non si dà pertanto memoria nel seguito.

Il caso in esame ha escluso l'analisi dei possibili effetti acuti.

Non sono stati presi in considerazione gruppi di esposti particolarmente sensibili.

Con riferimento ai criteri epidemiologici e probabilistici contenuti nello standard ISO 1999 per le popolazioni industrializzate, le percentuali di lavoratori che subiscono un indebolimento della capacità uditiva superiore ai 25 dB, mediati alle frequenze di 500,1000, 2000, 3000, 4000 Hz, dopo 40 anni di esposizione e a 60 anni di età sono riprodotte in tabella

Livello espositivo in dB(A)	Rischio totale per età e esposizione	Rischio per sola esposizione a rumore
< 85	37	0
85	40	3
90	44	7
95	49	12
100	62	25

Con riferimento ai valori limite di azione ed esposizione contenuti nel DLgs.81/08, si può quindi affermare che le probabilità di danno per effetto cronico previste sono

- a) valore inferiore di azione = 80 dB(A) ; < 3%
- b) valore superiore di azione= 85 dB(A); 3%
- c) valore limite di esposizione = 87 dB(A); 3 – 7 %

#### 4.1.3 Priorità e obiettivi di riduzione

Obiettivo generale dell'intervento è stata la applicazione di tutti gli accorgimenti resi disponibili dallo stato dell'arte, sia per la riduzione del danno uditivo sia per la mitigazione del disturbo alle attività didattiche.

#### 4.1.4 Criteri e metodologie di riduzione

Si è fatto ricorso ai seguenti criteri di intervento

- ❖ insonorizzazione dei macchinari
- ❖ inserimento di elementi fonoisolanti
- ❖ inserimento di materiali fonoassorbenti
- ❖ potenziamento dell'indice di potere fonoisolante di pareti, porte, finestre
- ❖ isolamento acustico per via strutturale a pavimento
- ❖ basamento galleggiante per una macchina

**4.2 RISULTATI**

I risultati sono espressi per ognuna delle situazioni indagate con riferimento alle estensioni delle aree di rischio, prima e dopo gli interventi di riduzione previsti, confrontando i livelli di pressione sonora presenti nei laboratori con le distribuzioni previsionali relative alla probabilità di insorgenza di effetti negativi per la salute. Conoscendo i tempi di permanenza in laboratorio dei tecnici. Ci docenti e degli allievi si potrà avere una stima ancor più precisa della riduzione del rischio effettuata

<b>Situazione di rischio</b>	<b>Probabilità insorgenza</b>	<b>Variazione dell'estensione dell'area di rischio connessa agli interventi suggeriti</b>
Laboratorio saldatura 2		
- aree < 80 dB(A)	0%	Raddoppio
- aree 80 – 84 dB(A)	<3%	Costante
- aree 84 – 86 dB(A)	3%	Costante
- aree > 86 dB(A)	3 – 7%	Dimezzamento
Laboratorio saldatura 1		
- aree < 80 dB(A)	0%	Assente
- aree 80 – 84 dB(A)	<3%	Triplicato
- aree 84 – 86 dB(A)	3%	Costante
- aree > 86 dB(A)	3 – 7%	Dimezzamento
Laboratorio Macchine Utensili		
- aree < 80 dB(A)	0%	Assente
- aree 80 – 84 dB(A)	<3%	Raddoppio
- aree 84 – 86 dB(A)	3%	Raddoppio
- aree > 86 dB(A)	3 – 7%	Ridotto di 2/3
Laboratorio Automeccanici		
- aree < 80 dB(A)	0%	Moltiplicato di 10 volte
- aree 80 – 84 dB(A)	<3%	Costante
- aree 84 – 86 dB(A)	3%	Costante
- aree > 86 dB(A)	3 – 7%	Dimezzamento

**5. CAMPI ELETTROMAGNETICI:INTERVENTI IN AZIENDA SIDERURGICA**

**5.1 IDENTIFICAZIONE E CARATTERIZZAZIONE DEL PERICOLO**

Il caso in oggetto ha previsto l'analisi e riduzione dei rischi di esposizione umana a campi elettromagnetici per le attività svolte presso un'azienda del comparto siderurgico.

L'identificazione delle situazioni di esposizione potenziale ha richiesto l'effettuazione di misure dei livelli di campo elettromagnetico misurati in due differenti modalità: misure istantanee di breve periodo e misure di media durata, per l'individuazione delle aree di superamento dei limiti di azione e la probabilità di presenza operatore.



I risultati significativi delle misurazioni di breve periodo e il confronto con i limiti di azione per l'induzione magnetica (1 Hz-400kHz), sono riportati nella tabella seguente. I risultati delle misurazioni di media durata e confronto con i limiti di azione per l'induzione magnetica (10 Hz-100kHz) non sono stati riportati, in quanto non è emerso nessun superamento dei limiti di azione.

Posizione misura	Induzione magnetica B ELF [ $\mu$ T]	Valori di azione dell'induzione magnetica a 50 Hz [ $\mu$ T]	Note
12 - area colonna di fusione forno ESR	2000,0	500	Funzionamento a 10 kA
15 - interno cabina trasformazione forno ESR, a ridosso delle barre bassa tensione	1200,0	500	
18 - interno cabina trasformatore forno primario, lato bassa tensione	600,0	500	
14 - interno sala comando forno ESR, p.o. scrivania c/o la stampante	105,1	500	Funzionamento a 10 kA

I valori d'induzione magnetica misurati hanno mostrato il rispetto dei limiti di azione previsti dall'allegato XXXVI del Decreto Legislativo 81/2008 nella totalità dei punti di misura ove vi sia stazionamento del personale durante il turno lavorativo. Per contro in alcune zone quali l'area colonna di fusione del forno ESR e la cabina trasformatore forno primario (lato bassa tensione), è stato registrato il superamento dei suddetti limiti. I valori d'induzione magnetica registrati in prossimità degli elettrodi del forno ESR nel funzionamento a 10 kA, fanno supporre che vi potrebbe essere anche il superamento dei limiti di esposizione (in termini di densità di corrente interna) stabiliti dal DLgs.81/2008 in 10 mA/m<sup>2</sup>.

Per quanto attiene alla sala di comando del forno, anche per le situazioni particolari (rifusione dell'acciaio) gli amperaggi, durante i quali si possono raggiungere valori di 14 kA, il valore di induzione magnetica nel punto 14 sarebbe stato di circa 225  $\mu$ T e pertanto inferiore al valore limite di azione pari a 500  $\mu$ T.

I risultati delle misurazioni di breve periodo e confronto con i limiti di azione per il campo elettrico (100kHz-3GHz), non sono stati riportati in quanto i valori di campo elettrico a radio-frequenza sono risultati tutti inferiori al più basso limite nel range di frequenza dello strumento. Mentre non sono state effettuate misurazioni relative al campo elettrico a bassa frequenza in quanto l'unica area ove si potrebbero generare dei valori di intensità di campo elettrico comparabili (ma ragionevolmente inferiori) con il limite di azione a 50 Hz (10000 V/m) è rappresentata dalla sottostazione elettrica che non rappresenta un'area di lavoro.

## **5.2 STIMA E VALUTAZIONE DEL RISCHIO**

L'attuale orientamento protezionistico è di ritenere che l'esposizione ai campi ELF aumenti il rischio d'insorgenza di patologie neoplastiche, anche se la relativa associazione causale necessita di più convincenti evidenze epidemiologiche.

La mancanza di studi epidemiologici solidi e congruenti, ha limitato la possibilità di stimare in termini probabilistici gli eventi indesiderabili e dalla valutazione dei rischi è emersa la necessità di perseguire le priorità e gli obiettivi di riduzione del rischio.

## **5.3 PRIORITÀ E OBIETTIVI DI RIDUZIONE**

Gli obiettivi di riduzione dei rischi hanno previsto l'attuazione di tutti gli interventi compatibili con le possibilità di revisione spaziale o organizzativa delle attività.

## **5.4 CRITERI E METODOLOGIE DI RIDUZIONE**

L'approccio alla riduzione dei rischi ha previsto:

- ❖ la minimizzazione della presenza uomo presso le aree pericolose migliorando l'organizzazione degli interventi, e quindi i tempi di esposizione;
- ❖ l'individuazione delle cause di malfunzionamento degli impianti e miglioramento dell'affidabilità del sistema, al fine di diminuire le probabilità di malfunzionamento e quindi della presenza uomo.

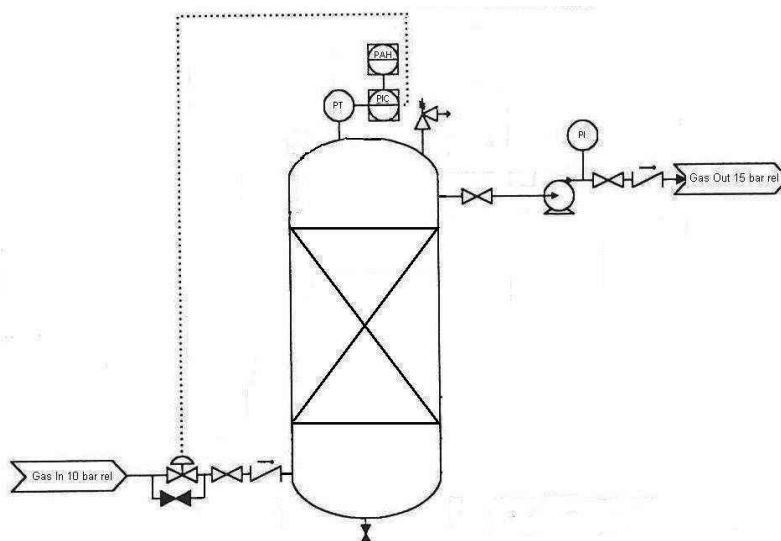
## **5.5 RISULTATI**

Mediante la apposizione dei cartelli di avvertimento e divieto, la revisione dei processi di controllo e manutenzione, la formazione del personale, i valori espositivi degli addetti sono stati ricondotti nell'intorno dei  $225 \mu\text{T}$  e pertanto a valori inferiori al valore limite di azione di  $500 \mu\text{T}$ .

## **6. SOVRAPPRESSIONI**

Il caso in esame ha previsto l'analisi di un'unità di processo nella quale si effettua una reazione chimica in fase gassosa, con raddoppio del numero di moli secondo l'equazione  $A$  (reagente)  $\rightarrow 2B$  (prodotto), ovvero con incremento della pressione di esercizio tra ingresso e uscita del reattore.

Il sistema che è stato oggetto di analisi del rischio è stato schematizzato dalla figura seguente:



L'unità di processo prevede un sistema di controllo della regolazione del flusso di reagenti in ingresso al reattore (Basic Process Control System BPCS), in funzione della pressione di esercizio; in caso di eccesso di reagenti la valvola di controllo del flusso ripristina la pressione entro i limiti di esercizio previsti, prevedendo se del caso un allarme di altissimo livello (Pressure Allarm High PIH), il quale richiama l'intervento dell'operatore secondo le procedure operative predisposte in caso di emergenza; il reattore è dotato di una valvola di sicurezza (PSV) con capacità di scarico delle sovrappressioni prevedibili pari alla portata massima di reagenti.

## 6.1 IDENTIFICAZIONE E CARATTERIZZAZIONE DEL PERICOLO

L'identificazione dei pericoli è stata effettuata ricorrendo alla tecnica di analisi HAZOP, durante la quale è emerso che eventi iniziatori in grado di generare sovrappressioni interne al reattore, potrebbero procedere in una sequenza incidentale in grado di giungere fino allo scoppio del sistema di contenimento. Ciò ha richiesto di analizzare e valutare il rischio, considerando la magnitudo delle conseguenze e la frequenza di accadimento dell'evento indesiderabile.

## 6.2 STIMA E VALUTAZIONE DEL RISCHIO

La stima del rischio ha previsto un approccio semiquantitativo e la valutazione è stata effettuata attraverso il confronto con i limiti di accettabilità riconducibili alla matrice di rischio che correla la frequenza di accadimento per anno alla categoria di conseguenze

Dalla matrice è stato possibile identificare una delle quattro classi di rischio, ovvero:

- ❖ **Classe di rischio ROSSA** - rischio inaccettabile per la quale devono essere prese misure immediate di mitigazione del rischio o prevedere la sospensione dell'attività
- ❖ **Classe di rischio ARANCIONE** - rischio moderato per la quale devono essere prese misure di mitigazione del rischio alla prima opportunità

- ❖ **Classe di rischio GIALLA (ALARP)** - rischio tollerabile solo se la riduzione del rischio è impraticabile oppure il suo costo è enormemente sproporzionato rispetto al miglioramento ottenibile
- ❖ **Classe di rischio VERDE** rischio accettabile per il quale non sono richieste ulteriori azioni di riduzione, ad eccezione delle azioni di adeguamento dei requisiti minimi di sicurezza in relazione al grado di evoluzione della tecnica in materia di prevenzione e protezione.

Nel caso di specie la stima della magnitudo delle conseguenze è stata ricondotta per semplicità alle definizioni riportate nella tabella successiva, senza prevedere la mappatura delle aree di danno in funzione della sovrappressione di scoppio.

**Categoria delle conseguenze**

	<b>Categoria 1</b>	<b>Categoria 2</b>	<b>Categoria 3</b>	<b>Categoria 4</b>	<b>Categoria 5</b>
<b>Effetti</b>	Infortunio inferiore ai tre giorni lavorativi	Infortunio da 3 a 40 gg lavorativi	Infortunio superiore a 40 gg lavorativi o infortunio a più di un lavoratore	Effetti permanenti sulla salute	Decesso di uno o più lavoratori

**6.3 PRIORITÀ E OBIETTIVI DI RIDUZIONE**

Gli impianti dipendono ormai da anni da sistemi automatici di misura, protezione, controllo, monitoraggio e supervisione, realizzati con tecnologie elettroniche programmabili; pertanto, occorre garantire una adeguata Affidabilità dei sistemi che realizzano la catena di comunicazione delle diverse funzioni di sicurezza, cosiddetta sicurezza funzionale del sistema o sottosistema Elettrico/Elettronico/Elettronico Programmabile (E/E/PES); ovvero quella catena di componenti che va dal sensore in campo (Trasduttore o trasmettitore) al risolutore logico (Logic solver) e quindi all'elemento finale in campo (valvola e attuatore).

Per quanto sopra gli obiettivi di riduzione dei rischi sono stati forniti dalla regola dell'arte, ovvero norma CEI EN 61511, la quale si applica alla implementazione, all'allocazione, al progetto di dettaglio (hardware e software), alla verifica e alla gestione dei sistemi strumentati di sicurezza per impianti di processo industriali, da prevedere secondo un Piano di Sicurezza (Safety Life Cycle), che contempra tutte le fasi di vita in sicurezza del SIS, ovvero:

1. individuazione dei rischi associati alla gestione dell'impianto di processo;
2. valutazione della riduzione del rischio per portarlo a un livello tollerabile;
3. individuazione delle eventuali funzioni strumentate di sicurezza (SIF);
4. determinazione dei livelli di integrità di sicurezza (SIL) delle SIF;
5. definizione dei componenti dei sistemi strumentati di sicurezza (SIS);
6. progettazione e realizzazione dei SIS;
7. installazione e avviamento dei SIS;
8. validazione funzionale dei SIS;
9. conduzione, manutenzione e modificazione dei SIS;
10. dismissione finale dei SIS.

#### 6.4 CRITERI E METODOLOGIE DI RIDUZIONE

La metodologia di riduzione prevista per la riduzione dei rischi è riconducibile a un modello finalizzato a garantire la continuità e la qualità degli studi di analisi dei rischi secondo il cosiddetto “Life cycle approach”.

#### 6.5 RISULTATI

I risultati dell'analisi del rischio sono sintetizzati nella tabella seguente, ove è stata riportata la stima del rischio pertinente con lo scenario indagato, e indicate le necessarie misure di riduzione del rischio per rispettare il criterio di tollerabilità richiesto.

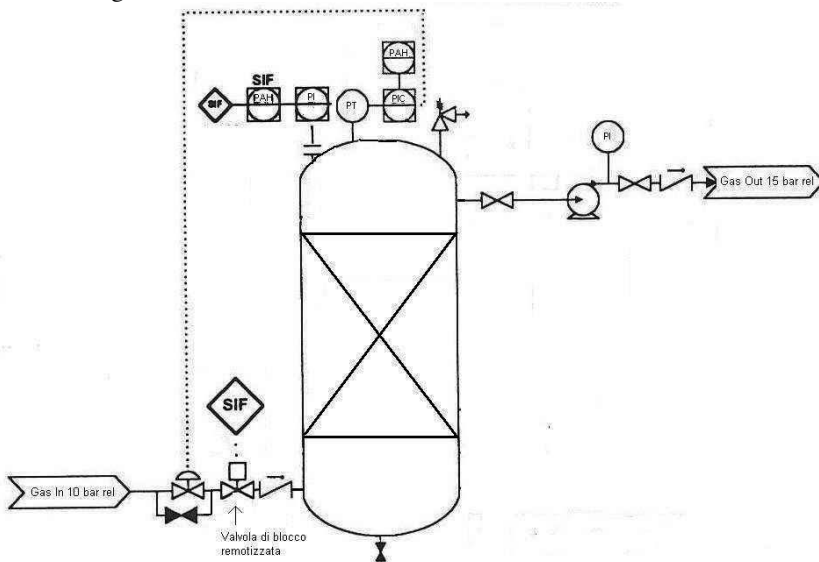
##### Risultati dell'analisi del rischio

Data:	Descrizione	Probabilità	Frequenza di accadimento [year <sup>-1</sup> ]
Magnitudo delle conseguenze	Categoria 5		
Criterio accettabilità rischio	Cfr. matrice di rischio		10 <sup>-6</sup>
Evento iniziatore	Fallimento del BPCS		1·10 <sup>-1</sup>
Probabilità presenza operatore		1	
Probabilità di mortalità conseguente all'evento		1	
<b>Frequenza non mitigata dell'evento</b>			1·10 <sup>-1</sup>
<b>Barriere di sicurezza indipendenti</b>			
PSV		10 <sup>-2</sup>	
Sistema di Sicurezza Strumentato (SIL 2)		10 <sup>-3</sup>	
<b>Barriere di sicurezza (safeguards)</b>			
Intervento operatore per ripristinare le condizioni di sicurezza			
<b>Probabilità totale di fallimento al momento della richiesta (PFD)</b>		10 <sup>-5</sup>	
<b>Frequenza mitigata dell'evento</b>			10 <sup>-6</sup>
<b>E' soddisfatto il criterio di tollerabilità del rischio? (SI/NO): SI</b>			
<b>Azioni richieste per soddisfare il criterio di accettabilità:</b>			
Allocazione di un sistema di sicurezza strumentato conforme alla norma CEI EN 61511, con un livello di sicurezza integrata SIL 2, in grado di rilevare la deviazione incipiente dal funzionamento normale dell'unità di processo e ripristinare le condizioni di sicurezza			
<b>Note:</b>			
L'attribuzione delle probabilità di fallimento al momento della richiesta (Probability of Failure on Demand - PFD) delle barriere di sicurezza indipendenti (oppure Independent Protection Layers IPLs), è stata effettuata sulla base delle indicazioni fornite dalla norma tecnica CEI EN 61511 e dalla letteratura specialistica, previa verifica della sussistenza dei seguenti requisiti di sicurezza:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- indipendenza dell'IPL dall'evento iniziatore e da tutte le altre barriere di sicurezza eventualmente presenti per lo scenario considerato;</li> <li>- efficacia dell'IPL rispetto allo scopo per il quale è stato progettato ovvero alla capacità di interrompere la sequenza incidentale in corso;</li> <li>- possibilità di rendere conto formalmente del mantenimento in efficienza dell'IPL nel tempo</li> </ul>			

**6.6 CONCLUSIONI**

Dall'analisi di rischio emerge che il rischio di scoppio del reattore è stato mitigato allocando una barriera di sicurezza indipendente, in grado di ripristinare le condizioni di sicurezza con un livello di affidabilità tale da poter rispettare il criterio di tollerabilità richiesto.

Lo schema dell'unità di processo post allocazione della misura di sicurezza è riportato di seguito.





**LE INDICAZIONI OPERATIVE DEL COORDINAMENTO TECNICO PER  
LA SICUREZZA NEI LUOGHI DI LAVORO DELLE REGIONI E DELLE  
PROVINCE AUTONOME PER L'APPLICAZIONE DEL TITOLO VIII DEL  
DLgs.81/2008.  
DISPOSIZIONI GENERALI, RUMORE E VIBRAZIONI**

**Omar Nicolini**

Az.USL di Modena, Servizio di Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro  
Coordinatore del Gruppo di Lavoro Interregionale "Agenti Fisici"

**1. PREMESSA**

Fin dalla promulgazione del DLgs.626/94, le Regioni e le Province autonome si sono sentite impegnate nell'emanazione di indirizzi operativi che costituissero un supporto tecnico all'applicazione della legislazione. Con le "Linee Guida per l'applicazione del DLgs.626/94", pubblicate nel 1996, è iniziata una importante produzione di indicazioni sull'interpretazione delle principali leggi sulla tutela della salute e sicurezza nei luoghi di lavoro che prosegue ancor oggi.

Prevalentemente, questa attività è sorretta, nell'ambito del Coordinamento tecnico interregionale della prevenzione nei luoghi di lavoro (CTIPL), da specifici Gruppi di Lavoro istituiti sulle più rilevanti aree tematiche del settore, e precisamente:

- Flussi informativi Inail-Ispes<sup>1</sup>-Regioni;
- Sistema di sorveglianza infortuni sul lavoro;
- Aspetti giuridico-amministrativi del DLgs.106/2009
- Macchine e impianti;
- Agenti fisici;
- Rischio chimico;
- Network italiano silice;
- Fibre ceramiche;
- Edilizia;
- Agricoltura e selvicoltura;
- Porti e navi;
- Sicurezza in ambito ferroviario;
- Sicurezza dei lavoratori nelle banche
- Problematiche ex art.40;
- Alcol e Tossicodipendenze
- Stress lavoro correlato

---

<sup>1</sup> Sulla base del Decreto Legge 31 maggio 2010, n.78 "Misure urgenti in materia di stabilizzazione finanziaria e di competitività economica", convertito il 30 luglio 2010 con legge 122, l'Ispes è stato sciolto e le sue funzioni trasferite all'INAIL



L'opportunità di redigere delle linee guida sugli agenti fisici nei luoghi di lavoro maturò nel 2005 a seguito dell'emanazione del DLgs.187/2005 sulla prevenzione e protezione dai rischi di vibrazioni cui fece seguito, poco dopo, la pubblicazione del DLgs.195/2006 sul rischio rumore.

Il 22 dicembre del 2006 il CTIPL rese disponibile il documento “*Decreti legislativi 187/2005 e 195/2006 sulla prevenzione e protezione dai rischi dovuti all'esposizione a vibrazioni ed a rumore nei luoghi di lavoro. Prime indicazioni applicative*” con l'obiettivo di fornire prime indicazioni, anche suscettibili di perfezionamento, che orientassero gli attori aziendali della sicurezza ad una risposta corretta alle novità contenute nei due provvedimenti legislativi. Pur nella convinzione che in alcuni casi il dibattito tecnico e la produzione normativa fossero ancora in corso o appena avviati, vennero fornite indicazioni, anche temporanee, ma sempre con l'obiettivo di indicare percorsi legislativamente corretti, tecnicamente attuabili ed ispirati a principi di precauzione, puntando soprattutto a risolvere i più comuni quesiti (FAQ) proposti ai tecnici del settore.

Con una successione di documenti che ha cercato di mantenere l'impostazione originale, a seguito degli aggiornamenti legislativi intervenuti e come risultato di gruppi di lavoro finalizzati, sono state via via pubblicate le “*Indicazioni operative*” sulle disposizioni generali relative agli agenti fisici, sul rumore e sulle vibrazioni, previste nei Capi I, II e III del Titolo VIII del DLgs.81/2008, poi l'integrazione sul Capo IV (campi elettromagnetici), poi l'aggiornamento del DLgs.81/2008 per le modifiche ed integrazioni apportate dal DLgs.106/2009 ed infine l'integrazione sul Capo V del Titolo VIII sulle radiazioni ottiche artificiali che è entrato in vigore lo scorso 26 aprile.

Ad oggi il testo completo e aggiornato si articola così in 5 Capitoli e propone 113 FAQ, alla risposta delle quali hanno contribuito, accanto ad operatori delle ASL di tutta Italia, esperti di Università, di Enti ed Istituti nazionali, non di rado con la collaborazione di qualificati soggetti esterni, affrontando per ciascun fattore di rischio i problemi più comuni legati alla valutazione del rischio, alle misure di prevenzione e protezione, alla tutela della salute ed alla formazione ed informazione degli addetti.

In questa relazione verranno analizzati alcuni temi a partire dalle *Indicazioni operative* relative ai Capi I (Disposizioni generali), II (Rumore) e III (Vibrazioni) cercando anche di segnalare i primi sviluppi intervenuti.

## **2. SULLE INDICAZIONI OPERATIVE RELATIVE ALLE DISPOSIZIONI GENERALI DEL CAPO I**

Il Titolo VIII del DLgs.81/2008 reca sei Capi: il primo che detta le disposizioni di carattere generale comuni a tutti gli agenti di rischio fisici riguardo i principali obblighi di tutela e sicurezza; i successivi quattro dedicati a specifici agenti di rischio fisici (rumore, vibrazioni, campi elettromagnetici, radiazioni ottiche artificiali) e l'ultimo dedicato alle sanzioni.

La scelta del legislatore di trattare unitariamente gli agenti fisici nel Capo I è giustificata soprattutto da motivi di carattere “storico” in quanto buona parte delle disposizioni del titolo deriva dal recepimento di direttive europee che nel 1992-1993 erano riunite in una unica direttiva “agenti fisici”.

**Scheda 1:** Elenco delle FAQ relative alle disposizioni generali del Capo I del DLgs.81/2008

- 1.01 – Da quando il Capo I del DLgs.81/08 è pienamente in vigore?
- 1.02 – Quali sono gli agenti fisici che debbono essere considerati nell’ambito della valutazione dei rischi ex art.28 e art.181 del DLgs.21/2008 ?
- 1.03 – Relativamente agli ultrasuoni, infrasuoni, microclima e atmosfere iperbariche, dove non esistono Capi dedicati nel DLgs.81/2008, secondo quali criteri specifici debbono essere effettuate le valutazioni dei rischi ed adottate le misure di prevenzione e protezione ?
- 1.04 – Relativamente ai campi elettromagnetici ed alle radiazioni ottiche artificiali, dove insistono i Capi IV e V che entrano in vigore rispettivamente il 30 aprile 2012 ed il 26 aprile 2010, quali obblighi sono in vigore e da quali date ?
- 1.05 – Cosa si intende per “personale qualificato nell’ambito del servizio di prevenzione e protezione in possesso di specifiche conoscenze in materia”
- 1.06 – Il personale qualificato chiamato ad effettuare la valutazione deve essere sempre nell’ambito del SPP o può essere esterno ?
- 1.07 – Cosa si intende all’art.181, comma 3, per “giustificazione” nell’ambito della valutazione del rischio ?
- 1.08 – Alla luce del DLgs.81/2008 come deve essere strutturata e che cosa deve riportare la valutazione del rischio di un agente fisico ?
- 1.09 – Cosa significa “disponibilità di misure” nell’ambito del periodo dell’art.182, comma 1: *“Tenuto conto del progresso tecnico e della disponibilità di misure per controllare il rischio alla fonte, i rischi derivanti dall’esposizione agli agenti fisici sono eliminati alla fonte o ridotti al minimo.”*
- 1.10 - A quale entità di rischio scatta l’obbligo alla informazione e formazione sui rischi da agenti fisici di cui all’art.184 del DLgs.81/2008 ?
- 1.11 – Quali gli obblighi e le indicazioni sulla sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti a rischi da agenti fisici per i quali non è previsto un Capo specifico ?
- 1.12 – Come si deve interpretare il termine “alterazione apprezzabile” riferito allo stato di salute di lavoratori esposti ad agenti fisici ?
- 1.13 - Quali sono gli obblighi formali delle aziende che occupano sino a 10 occupati dal punto di vista del documento di valutazione del rischio ?
- 1.14 - L’armatore di una nave deve valutare i rischi derivanti dall’esposizione ad agenti fisici?
- 1.15 - Quali sono gli obblighi per i soggetti che rientrano nell’ambito di applicazione dell’art.21, DLgs.81/2008

In attuazione del mandato della legge delega 3 agosto 2007 n.123, che aveva tra suoi principi guida il coordinamento delle norme previgenti, le disposizioni comuni alle varie direttive sono state quindi raccolte nel Capo I -Disposizioni generali- del Titolo VIII, al fine di creare un quadro generale di principi, successivamente arricchito dalle disposizioni specifiche sui singoli agenti fisici.

Le *Indicazioni operative* affrontano l'argomento delle "Disposizioni generali" del Capo I con le 15 FAQ riportate in **Scheda 1**.

Relativamente ai singoli rischi fisici, e soprattutto per quelli non specificamente normati (ad esempio: microclima, ultrasuoni ...), le *Indicazioni operative* suggeriscono le particolari attenzioni riportate nella **Scheda 2**, la quale riporta un aggiornamento relativo ai rischi da atmosfere iperbariche.

**Scheda 2:** Indicazioni per la valutazione dei rischi per gli agenti fisici non specificamente normati nel Titolo VIII (stralcio dalla FAQ 1.03 e aggiornamento)

L'art. 181, comma 1 specifica che la valutazione del rischio di tutti gli agenti fisici deve essere tale da "identificare e adottare le opportune misure di prevenzione e protezione" facendo particolare riferimento alle norme tecniche e alle buone prassi.

Le norme tecniche sono quelle nazionali (UNI, CEI) e internazionali (CEN, ISO), mentre le buone prassi sono soluzioni organizzative o procedurali coerenti con la normativa vigente e con le norme tecniche, adottate volontariamente dai datori di lavoro e finalizzate a promuovere la salute e la sicurezza sui luoghi di lavoro. Il DLgs.81/2008 definisce buone prassi quelle elaborate e raccolte da Regioni, ISPESL, INAIL e Organismi Paritetici quando validate dalla Commissione consultiva permanente per la salute e sicurezza sul lavoro ex art.6.

In attesa che la Commissione consultiva concretizzi la sua attività di validazione delle proposte di buone prassi, le *Indicazioni operative* propongono di riferirsi, per quanto riguarda i rischi da microclima, alle *Linee Guida Microclima, aerazione e illuminazione nei luoghi di lavoro* prodotte dal Coordinamento Tecnico delle Regioni e dall'ISPESL che per gli aspetti metrologici rimanda alle diverse norme tecniche UNI (ad esempio la UNI EN ISO 7933 per ambienti caldi, a rischio di ipertermia, o la UNI EN ISO 11079 per ambienti freddi, a rischio di ipotermia) esistenti sull'argomento.

Per gli ultrasuoni e gli infrasuoni il riferimento indicato è invece alle *Linee Guida per la Valutazione del rischio rumore*, anch'esse prodotte dall'ISPESL e dal Coordinamento Tecnico delle Regioni.

Per quanto riguarda le atmosfere iperbariche, l'unico riferimento normativo è contenuto nel DPR 321/56 relativamente ai cassonisti. Le conoscenze relative alle operazioni in mare aperto sono state più recentemente codificate dalla norma UNI 11366:2010 "Sicurezza e tutela della salute nelle attività subacquee e iperbariche professionali al servizio dell'industria",.

Anche le ricadute del Capo I sugli altri Capi del Titolo VIII non debbono essere sottovalutati: è nel Capo I che trova spazio il principio di "giustificazione" (vedi

**Scheda 3)**, l'indicazione che la valutazione del rischio va effettuata da "personale qualificato" ed è indicato in quattro anni il tempo massimo entro il quale occorre rivedere la valutazione del rischio.

**Scheda 3:** Approfondimenti sulla giustificazione del rischio

La giustificazione del datore di lavoro secondo cui la natura e l'entità dei rischi non rendono necessaria una valutazione dei rischi più dettagliata è la modalità prevista dalla nuova legislazione sugli agenti fisici per interrompere il processo valutativo in caso di assenza di rischio o di sua palese trascurabilità. Si tratta quindi di un comportamento applicabile a tutte e sole quelle situazioni poste ben al di sotto dei valori di riferimento che comportano specifiche azioni preventive (significativamente inferiori ai valori di azione), in quanto per condizioni di rischio più consistenti occorre comunque definire i livelli di rischio al fine di decidere se nel contesto analizzato debbano essere adottate particolari, pur minime, misure di prevenzione e protezione.

In sostanza, la lettura preliminare e unitaria del Capo I ci ricorda anche che il DLgs.81/2008 deve essere considerato come un progetto unitario e che l'esame dei contenuti puntuali dei singoli Capi del Titolo VIII non può dimenticare le fondamentali interconnessioni con i "Principi Comuni" del Titolo I e gli agganci con gli altri Titoli tra i quali, in particolare, il Titolo II (Luoghi di lavoro), il Titolo III (Uso delle attrezzature di lavoro e dei dispositivi di protezione individuale) e il Titolo IV (Cantieri temporanei o mobili).

### **3. SULLE INDICAZIONI OPERATIVE RELATIVE ALLA PROTEZIONE DEI LAVORATORI CONTRO I RISCHI DI ESPOSIZIONE AL RUMORE DURANTE IL LAVORO DEL CAPO II**

La percezione del suono è una componente fondamentale per la vita dell'uomo poiché rende possibile la comunicazione tra le persone, può mettere in guardia da un pericolo e creare delle sensazioni piacevoli. Quando i livelli di rumore superano determinati valori sono però causa di disagio, di disturbo fisico e psicologico ed anche di danni alla salute dell'individuo.

L'effetto più noto dell'esposizione al rumore negli ambienti di lavoro è l'ipoacusia, cioè la perdita permanente di vario grado della capacità uditiva. Già a livelli più bassi, tuttavia, il rumore può agire con meccanismi complessi anche su altri organi ed apparati, con numerose conseguenze tra le quali l'insorgenza di fatica mentale, diminuzione dell'efficienza e del rendimento lavorativo, interferenze sul sonno e sul riposo. Non vanno infine trascurati possibili effetti sulla sicurezza per l'effetto di mascheramento sulle comunicazioni verbali e sulla percezione di segnali acustici di sicurezza, con un aumento di probabilità degli infortuni sul lavoro.

In Italia il rumore costituisce ancora oggi la causa della tecnopatia denunciata all'INAIL con maggiore frequenza, con un'incidenza percentuale media che, prendendo a riferimento gli anni nei quali si dispone di dati sufficientemente sedimentati, è dell'ordine del 20-25% sul totale dei casi di malattie professionali.

L'argomento del rumore è, accanto al rischio vibrazioni, quello che storicamente ha trovato le prime attenzioni nelle *Indicazioni operative* delle Regioni.

Tra le principali novità intervenute a livello legislativo sul rischio rumore occorre ricordare quelle riconducibili alla valorizzazione delle norme tecniche, delle buone prassi, delle linee guida.

Nella legislazione più recente è andato infatti imponendosi il principio che le leggi debbano fissare i principi generali ed i valori di riferimento, mentre sulle modalità tecniche operative di gestione del processo di confronto a tali principi e valori è più opportuno riferirsi alla più dinamica normativa tecnica e alle buone prassi.

Anche il DLgs.81/2008 segue questo orientamento e proprio sul rischio rumore ci troviamo oggi in un contesto nel quale è stato già aggiornato lo standard per la determinazione dei livelli di esposizione a rumore mediante le norme UNI EN ISO 9612:2010 e UNI 9432:2010 (con quest'ultima che reca al suo interno anche istruzioni per la valutazione di efficienza dei DPI uditivi) e il documento normativo UNI/TR 11347/2010 volto a stabilire contenuti e format dei programmi aziendali di riduzione dell'esposizione (i cosiddetti "PARE").

Non sono al momento disponibili indicazioni di buona prassi o linee guida specifiche, nell'accezione che ne fa il DLgs.81/2008 (all'art.2 comma 1 lettera v e lettera z), anche se la pubblicazione "Metodologie e interventi tecnici per la riduzione del rumore negli ambienti di lavoro" redatta da Regioni e Ispesl ha tutte le caratteristiche per divenire una delle prime indicazioni validate dalla Conferenza Stato-Regioni.

Anche le *Indicazioni operative* del Coordinamento Tecnico delle Regioni, sono oggi in istruttoria per la validazione con le modalità previste dal DLgs.81/2008.

Nelle *Indicazioni operative* il Capo II del Titolo VIII è discusso con le 30 FAQ riportate nella **Scheda 4**.

**Scheda 4:** Elenco delle FAQ relative al rischio rumore (Capo II, Titolo VIII, DLgs.81/2008)

- |  |
|--|
| <p>2.01 - Cosa caratterizza il personale qualificato che deve garantire la valutazione e la misurazione ?</p> <p>2.02 - Cosa devono fare le aziende che non hanno esposti al di sopra del valore inferiore d'azione ?</p> <p>2.03 - Cosa significa per il personale qualificato che fa la valutazione del rischio il "tener conto.....dei lavoratori particolarmente sensibili al rumore"?</p> <p>2.04 - Cosa significa per il personale qualificato che fa la valutazione del rischio che il datore di lavoro deve tener conto "... dell'interazione fra rumore e sostanze ototossiche ... e vibrazioni"?</p> <p>2.05 - Cosa significa per il personale qualificato che fa la valutazione del rischio che il datore di lavoro deve tener conto di "... tutti gli effetti indiretti sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori risultanti da interazioni fra rumore e segnali di avvertimento"?</p> <p>2.06 - Cosa significa per il medico competente fornire "informazioni raccolte dalla sorveglianza sanitaria, comprese.....quelle reperibili nella letteratura</p> |
|--|

scientifico?”

- 2.07 - Quali sono oggi i metodi e le strumentazioni per fare una misurazione corretta del rumore ? A quale indicazioni tecniche riferirsi ?
- 2.08 - Cosa significa “incertezza delle misure”?
- 2.09 - In quali occasioni occorre tener conto del prolungamento del periodo di esposizione al rumore oltre l’orario di lavoro normale, in locali di cui è responsabile il datore di lavoro?
- 2.10 - Alla luce delle indicazioni del DLgs.81/05, Capo II, come deve essere strutturata e che cosa deve riportare la Relazione Tecnica ?
- 2.11 - Quando reputare significative le oscillazioni del  $L_{EX}$  giornaliero che richiedono il passaggio al dato settimanale ?
- 2.12 - Come presentare il dato di esposizioni molto variabili su tempi lunghi (oltre la settimana)? Ovvero cosa significa per il personale qualificato che fa la valutazione del rischio il considerare “il livello settimanale massimo ricorrente” ?
- 2.13 - Come misurare il rumore impulsivo e come tenerne conto ?
- 2.14 - Con quali modalità operative si valuta l’efficacia dei DPI uditivi che il DLgs.81/2008 esplicitamente richiede all’art.193, comma 1, lettera d) ?
- 2.15 - Nel caso di esposizioni a livelli di rischio molto variabili è necessario adottare più di un DPI-uditivo ?
- 2.16 - Con quali modalità operative si valuta il rispetto dei valori limite d’esposizione (VLE: 87 dB(A) e 140 dB(C)) tenuto conto dell’attenuazione prodotta dai DPI uditivi ?
- 2.17 - Per decidere la classificazione dei lavoratori nelle diverse classi di rischio è necessario che vi sia il superamento o della sola pressione acustica di picco ovvero del solo livello di esposizione giornaliera/settimanale al rumore oppure è invece necessario che siano superati entrambi ?
- 2.18 - Si tiene conto dell’efficacia dei DPI-u per decidere le misure di prevenzione ?
- 2.19 - Le aziende hanno obblighi di riduzione del rischio al di sotto dei valori inferiori di azione (80 dB(A) / 135 dB(C))? La loro omissione può essere oggetto di sanzioni ?
- 2.20 - Come si effettua la valutazione del rischio nei cantieri temporanei o mobili?
- 2.21 - Quali sono gli obblighi formali delle aziende che occupano sino a 10 occupati dal punto di vista delle documentazioni ?
- 2.22 - Come deve essere fatto il programma delle misure tecniche e organizzative ex art.192, comma 2, quando si superano gli 80 dB(A) / 135 dB(C) ?
- 2.23 - Quali le indicazioni su segnaletica e perimetrazione ?
- 2.24 - Quali sono degli esempi di ambienti utilizzati come locali di riposo nei quali il rumore deve essere ridotto a un livello compatibile con il loro scopo e con le loro condizioni di utilizzo (art. 192, comma 4) ?
- 2.25 - In attesa delle linee guida ex art.198, a quali obblighi debbono attenersi i datori di lavoro nei settori della musica, delle attività ricreative e dei call center ?
- 2.26 - Quando occorre fare la valutazione del rischio ed adottare le misure di

prevenzione e protezione nel caso di un nuovo insediamento produttivo o di una ristrutturazione di un luogo di lavoro ?

2.27 – Quali sono gli obblighi dei fabbricanti delle attrezzature di lavoro in merito alla riduzione al minimo del rischio ed alla informazione sui livelli sonori emessi ?

2.28 – In quali realtà lavorative può essere utile ricorrere alla semplificazione proposta dall'art.191 del DLgs.81/08 ?

2.29 - Quali sono le ricadute della nuova normativa sui DUVRI ?

2.30 - Quali sono i casi in cui il comma 5-bis dell'art.190 può essere correttamente utilizzato ?

Tra le principali indicazioni fornite sui rischi da rumore, a seguito si soffermerà l'attenzione su:

- situazione ricorrente a massimo rischio;
- l'articolo 191 dedicato alla valutazione delle attività a  $L_{EX}$  molto variabile;
- programma aziendale di riduzione dell'esposizione al rumore;
- valutazione dell'efficienza e dell'efficacia dei DPI uditivi.

### 3.1 SITUAZIONE RICORRENTE A MASSIMO RISCHIO

Richiamato che la legislazione attuale, come già nei precedenti Titolo V-bis del DLgs.626/94 e DLgs.277/91, fa esplicito riferimento alla settimana come intervallo di tempo massimo sul quale valutare l'esposizione, quando la variabilità del fenomeno acustico è ampia e trascende il limite settimanale, il DLgs.81/2008 richiede che il valore di  $L_{EX}$  da indicare in relazione sia quello della settimana ricorrente a massimo rischio,.

Da un punto di vista statistico riferirsi alla settimana ricorrente a massimo rischio può essere visto come l'indicare quel livello di esposizione che tutela il lavoratore nel 95% delle situazioni lavorative ipotizzabili (livello di confidenza pari al 95%). In termini ancor più diretti tale condizione può essere identificata nella terza settimana peggiore dal punto di vista dell'esposizione a rumore che è intervenuta in precedenza (ad es. nell'ultimo anno) e che è ragionevole attendersi in futuro.

Il valore di  $L_{EX}$  così determinato sarà quello sul quale il datore di lavoro attiverà i protocolli di prevenzione previsti dal Capo II del Titolo VIII, DLgs.81/2008.

### 3.2 VALUTAZIONE DELLE ATTIVITÀ A $L_{EX}$ MOLTO VARIABILE

In questa situazione ricadono quelle attività non contraddistinte da modalità espositive costanti né nell'arco delle giornata né in quella settimanale, tali per cui la ricerca delle situazioni ricorrenti a massimo rischio o la determinazione dei valori espositivi su base statistica potrebbe rivelarsi oltremodo faticosa e dispendiosa a fronte di un risultato numerico prevedibilmente elevato.

Potrebbero ad esempio ricadervi i lavoratori pur con uso discontinuo di macchine rumorose (orientativamente almeno un paio di ore nell'arco di almeno 3 settimane/anno se l'attrezzatura espone a circa 100 di  $L_{Aeq}$  e almeno una ventina di

ore nell'arco di almeno 3 settimane/anno se l'attrezzatura espone a circa 90 di  $L_{Aeq}$  operanti:

- in cantieri temporanei o mobili;
- nel settore dell'agricoltura;
- nelle industrie di trasformazione agro-alimentare collegate alla agricoltura (cantine, aziende per la lavorazione della verdura o della frutta ...);
- nelle lavorazioni del legno;
- nel comparto delle fonderie di seconda fusione con produzioni di getti "fuori serie";
- nelle aziende di servizio che impiegano martelli demolitori o mole da taglio per tracciatura d'impianti ovvero decespugliatori, motoseghe ed altre macchine rumorose pur con frequenza modesta e variabile nel tempo;
- in tutti i settori produttivi per le operazioni di manutenzione.

In sostanza, in alternativa alla determinazione del livello di esposizione dei lavoratori effettuato con metodi statistici come da indicazioni delle norme tecniche che, nel caso di lavorazioni molto variabili, richiederebbe un lungo e articolato lavoro di misurazione e valutazione del rischio da parte del personale qualificato, il datore di lavoro può optare per l'assegnazione a detti lavoratori della fascia di rischio che eccede i valori superiori di azione. In tal caso la misurazione si semplifica molto, limitandosi in buona sostanza alla determinazione dei livelli di emissione delle macchine ai fini di una loro possibile bonifica.

### 3.3 PROGRAMMA AZIENDALE DI RIDUZIONE DELL'ESPOSIZIONE

Con le modifiche introdotte dal DLgs.106/2009, l'art.192, comma 2, del DLgs.81/2008 ha ristabilito l'obbligo delle aziende a formalizzare il piano degli interventi tecnici e organizzativi al superamento dei valori superiori di azione.

Si tratta comunque di un passaggio rafforzativo dell'obbligo primario al controllo del rischio mediante misure tecniche e organizzative di tipo collettivo volto a superare una generale disattenzione degli attori aziendali della sicurezza e dei controlli degli organi di vigilanza.

Il programma delle misure tecniche ed organizzative ex art.192, comma 2, deve quindi essere presente nel documento di valutazione di tutte le aziende che hanno esposti al di sopra dei valori superiori di azione (85 dB(A) di  $L_{Aeq}$  o 137 dB(C) di  $L_{picco,C}$ ).

Come prima lettura le *Indicazioni operative* avevano consigliato che tale programma contenesse almeno i seguenti elementi:

- elenco delle attività per le quali vi è il superamento dei valori superiori di azione, descritti tanto con i livelli r.m.s. e di picco presenti che per i tempi di esposizione a tali livelli;
- misure tecniche e/o organizzative che si intendono adottare;
- risultati attesi a seguito delle suddette misure in termini di  $L_{EX,8h}$  e/o  $L_{picco,C}$ ;
- tempi di attuazione di ogni singola misura;
- funzione aziendale e persona incaricata dell'attuazione della singola misura;
- modalità di verifica dei risultati;
- data e risultati della verifica.



Queste indicazioni sono state perfezionate in sede UNI con l'elaborazione di una recente normativa, il rapporto tecnico UNI/TR 11347 pubblicato in gennaio 2010, che definisce un modello dei programmi aziendali di riduzione dell'esposizione (sintetizzato nell'acronimo "PARE") al rumore nei luoghi di lavoro evidenziandone contestualmente il livello di dettaglio, allo scopo di fornire uno strumento di orientamento in una realtà che al momento propone le soluzioni più differenziate.

Nel PARE il datore di lavoro deve indicare gli interventi tecnici e organizzativi che, tra quelli concretamente attuabili, intende effettivamente realizzare fissando l'obiettivo acustico, dove tecnicamente possibile, in accordo con le indicazioni tecniche contenute nelle norme della serie UNI EN ISO 11690. Tali norme che riportano raccomandazioni pratiche per la progettazione di ambienti di lavoro produttivi a basso livello di rumore consigliano i seguenti valori di  $L_{Aeq}$ :

- per gli ambienti industriali, da 75 dB(A) a 80 dB(A);
- per gli uffici, da 45 dB(A) a 55 dB(A).

Nel UNI/TR 11347:2010 le modalità di riduzione dell'esposizione sono suddivise in due categorie: interventi tecnici ed interventi organizzativi. Per identificare le modalità di riduzione del rischio devono essere considerati innanzitutto gli interventi che riducono il rumore alla sorgente, quindi quelli che lo riducono lungo il percorso di propagazione, infine quelli che agiscono direttamente sul posto di lavoro.

Il PARE deve considerare le azioni per la riduzione dell'esposizione al rumore per tutte quelle situazioni che superano i valori previsti dalla legislazione vigente. Andranno quindi esaminate le sorgenti, le attività ed i luoghi di lavoro con  $L_{Aeq}$  maggiore di 85 dB(A) e con  $L_{picco,C}$  maggiore di 137 dB(C).

Nel UNI/TR 11347:2010 si riporta un aiuto per una attenta valutazione dei molteplici fattori che intervengono nella scelta di un intervento di insonorizzazione. Ogni situazione reale necessita, infatti, di una analisi specifica e per questo sono previsti specifici allegati che considerano:

- le linee di indirizzo generale per ogni possibile tipologia di intervento presentando elementi favorevoli e sfavorevoli con delle note di confronto;
- gli orientamento sulla scelta degli interventi tecnici in alcune situazioni-tipo;
- l'efficacia ottenibile dalle diverse tipologie di intervento;
- un indice di costo comparativo.

Il rapporto tecnico UNI/TR 11347 ricorda anche che la progettazione dell'intervento deve essere tale da evitare ulteriori rischi come quelli per la sicurezza (per esempio rischio incendio) e per la salute (per esempio minor ricambio d'aria) verso i lavoratori o problemi igienico-sanitari verso il prodotto (per esempio nel settore alimentare o farmaceutico) ovvero maggiori rischi verso i recettori esterni e da ultimo fornisce indicazioni sulle caratteristiche professionali e formative nonché delle disponibilità strumentali del "personale qualificato" chiamato a progettare gli interventi riportati nel PARE.

Vista la già importante presenza di norme con specifico contenuto tecnico riguardanti gli interventi di bonifica del rumore e l'ampia variabilità delle problematiche presenti negli ambienti di lavoro e delle soluzioni possibili, la UNI/TR 11347 si è quindi proposta di armonizzare le normative esistenti con un carattere prettamente gestionale, di grande utilità particolarmente per:

- i responsabili dei servizi di prevenzione e protezione, principali riferimenti aziendali del processo di valutazione dei rischi e soggetti promotori delle decisioni aziendali in tema di prevenzione e protezione dal rumore;
- i tecnici di acustica, in qualità di estensori delle proposte di intervento per fornire loro uno strumento di orientamento in un mercato che propone le soluzioni più differenziate;
- gli operatori degli organi di vigilanza, principalmente i tecnici delle ASL, in qualità di verificatori dell'applicazione dell'obbligo legislativo;
- i datori di lavoro, in quanto titolari ultimi della responsabilità di redazione ed applicazione del PARE.

Riguardo alle misure tecniche e organizzative adottabili si segnala che interessanti spunti possono essere tratti anche dal Manuale di buona pratica “Metodologie e interventi tecnici per la riduzione del rumore negli ambienti di lavoro” redatto dalle Regioni e da ISPESL e reso consultabile all'indirizzo:

[www.ispesl.it/Linee\\_guida/tecniche/ManBPumore/indexMBP.htm](http://www.ispesl.it/Linee_guida/tecniche/ManBPumore/indexMBP.htm).

### 3.4 EFFICIENZA ED EFFICACIA DEI DPI UDITIVI

Poiché i DPI-u devono essere messi a disposizione al superamento dei valori inferiori di azione (VIA: 80 dB(A) per  $L_{EX,8h}$  e/o 135 dB(C) per  $L_{picco,C}$ ), la valutazione di efficacia e di efficienza deve essere condotta al superamento di tali valori.

Definita “efficienza” la capacità potenziale di un DPI-uditivo di proteggere la funzionalità uditiva di un lavoratore ed “efficacia” la reale protezione della funzione uditiva ottenuta dal DPI-uditivo, si rileva che l'art.193, comma 2, definisce i valori obiettivo della valutazione di efficienza dei DPI-uditivi precisando che sono considerati adeguati se, correttamente usati, rispettano le prestazioni richieste dalle normative tecniche.

Dal punto di vista metodologico la UNI-EN 458:2005 e la UNI 9432:2008 mettono a disposizione dei criteri per la valutazione dell'efficienza, mentre ancora nella UNI 9432:2008 appena si accenna alla ben più fondamentale valutazione d'efficacia.

Per il rispetto di queste richieste legislative le *Indicazioni operative* suggeriscono di procedere ad una valutazione preventiva d'efficienza affiancata da valutazioni d'efficacia con queste attenzioni:

- 1) per la valutazione d'efficienza si può ovviamente seguire il criterio proposto dalla UNI 9432:2008, ma è spesso normalmente sufficiente verificare che per i livelli delle lavorazioni più a rischio, utilizzando anche solo il metodo SNR ( $L'_{Aeq} = L_{Ceq} - SNR$ ), non superi gli 80 dB(A). Nel caso in cui è garantita l'efficienza dei DPI-uditivi, i valori limite di esposizione sono sempre rispettati. Solo qualora gli  $L_{Ceq} - SNR > 80$  dB(A) si provvederà a verificare che il valore di  $L_{EX}$  (determinato dai diversi  $L'_{Aeq}$  e dei relativi tempi d'esposizione) non superi il VIA. Se  $L_{Ceq} - SNR > 80$  dB(A) i DPI-u non sono adeguati (inefficienti) e vanno sostituiti. Nel percorso prima delineato si suggerisce di tener conto della iper-protezione ( $L'_{Aeq} < 65$  dB(A)) solo su specifica segnalazione del lavoratore accertandosi che sia stato adeguatamente formato al

riguardo, indicandogli in particolare in quali situazioni utilizzare i DPI-u e quando no;

- 2) per la valutazione d'efficacia si suggerisce di verificare:
- che non si siano determinati peggioramenti apprezzabili nella funzionalità uditiva dei lavoratori utilizzando la relazione sanitaria anonima e collettiva redatta dal medico competente. Qualora emergessero peggioramenti uditivi apprezzabili occorrerà verificarne il nesso con le condizioni espositive affrontando il problema con il medico competente stesso;
  - che sia presente un sistema di controllo dell'uso e manutenzione dei DPI-u che garantisca quanto meno che il personale indossi correttamente i DPI-u, il loro uso regolare nelle situazioni di rischio, la corretta custodia e manutenzione.

### 3.5 LE SPECIFICITÀ DEI CANTIERI TEMPORANEI O MOBILI

Resta infine da richiamare l'importante modifica intervenuta all'art.103 del DLgs.81/2008; articolo che pur essendo collocato nell'ambito del Titolo IV (Cantieri temporanei o mobili) riguarda specificamente il rumore.

La formulazione ora adottata chiarisce in modo inequivocabile che la valutazione del rischio per le aziende che operano nei cantieri si effettua, come per tutte le altre aziende, sulla base dei propri livelli di rumore e dei propri tempi di esposizione. L'uso dei dati acquisiti da studi validati dalla Commissione Consultiva Permanente ex art.6 del D.Lgs. 81/2008 resta invece riservata a quelle fasi di pianificazione della sicurezza acustica (es.: l'elaborazione del Piano di Sicurezza e Coordinamento) nelle quali, mancando il cantiere, le macchine ed i lavoratori, occorre basarsi su valutazioni previsionali.

Sull'argomento, il punto 2.21 delle *Indicazioni operative* ricordano che tutte le aziende, comprese quelle che operano nei cantieri temporanei e mobili, devono disporre ai sensi dell'art.190 di una propria valutazione del rumore con propri rilievi e propri tempi di esposizione, e forniscono le indicazioni riportate nella **Scheda 5** a seguito.

#### **Scheda 5:** Rumore, PSC e POS nelle *Indicazioni operative* delle Regioni

##### **a) Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC)**

Il Coordinatore per la Sicurezza in fase di Progettazione nella redazione del PSC predispone una relazione concernente l'individuazione, l'analisi e la valutazione preventiva del rischio rumore, in modo da utilizzare modalità tecniche e organizzative che limitino il più possibile i livelli di rumorosità ed il numero di lavoratori esposti.

Ai fini della redazione del PSC l'emissione sonora di attrezzature di lavoro, macchine ed impianti potrà essere stimata facendo riferimento (ex art.190, comma 5-bis, DLgs.81/2008) ai livelli di rumore standard individuati da studi e misurazioni la cui validità è riconosciuta dalla Commissione consultiva permanente (ex art.6, DLgs.81/2008). In attesa dei pronunciamenti di tale Commissione consultiva permanente si può far riferimento ai livelli di rumore individuati dagli studi del CTP di Padova e del CPT di Torino.

Il Coordinatore alla Sicurezza in fase di Progettazione all'atto dell'elaborazione del PSC dovrà prendere in considerazione il problema relativo all'esposizione al rumore soprattutto in relazione :

- alla presenza di attività lavorative eseguite con attrezzature che potrebbero dar luogo ad esposizioni apprezzabili, indicando le misure concrete (sfasamenti temporali delle attività, distanze di lavoro ...) per eliminare o minimizzare le interferenze;
- alla presenza nella vicinanze di sorgenti sonore di qualunque tipologia che potrebbero dar luogo ad esposizioni apprezzabili, indicando le misure concrete (sfasamenti temporali delle attività, distanze di lavoro, ma anche informazione sui momenti nei quali si verificano le interferenze, esigenze di impiego dei DPI-uditivi, di formazione/informazione, di controllo sanitario ...) per eliminare o minimizzare le interferenze;
- al rispetto degli standard di emissione sonora delle attrezzature di lavoro e/o di valori limite di emissione sonora del cantiere.

Si consiglia inoltre di prevedere che il PSC richieda alle ditte in cantiere la segnalazione preliminare dell'intenzione di utilizzare macchine rumorose non previste nel POS al Coordinatore alla sicurezza in fase di esecuzione.

Il Coordinatore per la Sicurezza in fase di Esecuzione aggiornerà eventualmente il PSC in relazione alle attività effettivamente svolte dalle imprese appaltatrici previste nel POS e vigilerà per assicurarne il rispetto e per promuovere ed organizzare la cooperazione, il coordinamento e l'informazione reciproca tra i datori di lavoro, compresi i lavoratori autonomi, in relazione alle possibili interferenze tra le diverse attività lavorative presenti nel cantiere.

#### **b) Piano operativo di sicurezza (POS)**

I datori di lavoro, acquisite le previsioni dei Coordinatori per la sicurezza in fase di progettazione, potranno verificare, prima dell'avvio dell'attività, se le condizioni di lavoro previste in quello specifico cantiere sono compatibili con i livelli di prevenzione e protezione adottati per i propri lavoratori, cioè potranno e dovranno verificare l'attendibilità della valutazione del rischio rumore specifica della propria azienda in quel determinato cantiere.

Inoltre, il POS conterrà quanto meno le informazioni (livelli di emissione e fasi di utilizzo) relative alle attrezzature utilizzate che potrebbero comportare il superamento del valore inferiore di azione e le fasi lavorative nelle quali verranno utilizzate.

#### **4. SULLE INDICAZIONI OPERATIVE RELATIVE ALLA PROTEZIONE DEI LAVORATORI DAI RISCHI DI ESPOSIZIONE A VIBRAZIONI DEL CAPO III**

Il Capo III del Titolo VIII sugli agenti fisici del DLgs.81/2008 tratta le specificità della protezione dei lavoratori dall'esposizione alle vibrazioni meccaniche.

Le vibrazioni meccaniche sono un agente di rischio che interessa sostanzialmente due distretti corporei: il sistema mano-braccio ed il tratto lombo-sacrale della colonna vertebrale. Gli effetti sulla salute di detto agente fisico sono essenzialmente

riconducibili alla quantità di energia trasmessa (ampiezza della vibrazione) ed alle sue frequenze di emissione.

L'esposizione alle vibrazioni è più spesso indotta dalle oscillazioni meccaniche di attrezzi o di veicoli che si trasmettono a chi è in contatto con tali oggetti. Le frequenze di emissione delle vibrazioni variano a secondo dell'oggetto che le emette, ma i principali effetti sulla salute sono causati da frequenze che vanno da 0,1 a 1000 Hz.

E' noto che, a parità di energia, all'aumentare della frequenza della vibrazione diminuisce la profondità dell'organismo che viene interessata dalle vibrazioni. Nel caso di esposizione a vibrazioni al sistema mano-braccio, dove di norma le vibrazioni si propagano dalla mano al braccio ed infine alla spalla, le vibrazioni a frequenze più elevate termineranno la loro propagazione sulla cute della mano mentre le frequenze via via più basse interesseranno anche la mano nel suo complesso, l'avambraccio, il gomito, l'intero braccio ed infine la spalla.

Altrettanto si può immaginare per la colonna vertebrale di un individuo che lavori seduto su un sedile vibrante. Le vibrazioni entrano nel corpo dai glutei e da lì si propagano lungo la colonna vertebrale. Però quelle a bassa frequenza possono risalire il corpo ed arrivare fino alla testa, mentre quelle a più alta frequenza raggiungeranno solo il tratto lombo sacrale.

Il motivo per cui i danni per la salute umana si concentrano essenzialmente a livello della mano o del tratto lombo sacrale della colonna vertebrale è perché in tali aree fanno risentire i propri effetti negativi quasi tutte le frequenze, sia quelle che si propagano ulteriormente sia quelle che si arrestano, essendo quelli i tratti più vicini al punto di ingresso delle vibrazioni.

Allo stato attuale delle conoscenze, gli effetti sulla salute in questi due distretti (convenzionalmente definiti "mano-braccio" e "corpo intero"; in sigla rispettivamente HAV - Hand Arm Vibration e WBV - Whole Body Vibration), pur essendo originati dallo stesso fenomeno meccanico, sono assolutamente indipendenti e come tali vanno valutati.

Sino al 2005 la tutela della salute e sicurezza dai rischi da vibrazioni era affidata all'applicazione del DLgs. 626/94 e del DPR 303/56 (art. 24), legislazione che già richiedeva tanto la valutazione del rischio quanto l'attuazione delle misure per il suo controllo.

L'analisi dei documenti di valutazione relativi ai rischi da esposizione a vibrazioni esistenti presso le aziende evidenziava però un quadro di carenze gravi e generalizzate.

Pur in presenza di un rischio ben avvertibile ai sensi e che rappresenta la quinta causa di malattia professionale indennizzata dall'INAIL, spesso non si riscontrava altro che l'apposizione di un segno negativo su di una lista di pericoli, ignorando la presenza di rischi per la salute tanto al sistema mano-braccio quanto al corpo intero.

L'assenza di una valutazione corretta determinava a ricaduta elementi negativi all'applicazione delle altre grandi procedure della prevenzione: l'attuazione di misure di prevenzione e protezione, il controllo sanitario, la formazione e l'informazione dei lavoratori.

La comunità europea è quindi intervenuta sull'argomento con l'emanazione di una specifica direttiva, la 2002/44/CE, che intersecandosi con il processo di

adeguamento generale della legislazione italiana in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro, ha dato luogo nell'ultimo quadriennio alla successione di ben 3 testi legislativi:

- Il DLgs.187/2005, in vigore dal 01/01/2006
- il DLgs.81/2008 – Titolo VIII – Capi I e III, in vigore dal 01/01/2009
- il “nuovo” DLgs. n. 81/2008 – Titolo VIII – Capi I e III, con le integrazioni e modificazioni del DLgs.106/2009 entrate in vigore il 20/08/2009.

Il DLgs.106/2009 recante disposizioni integrative e correttive del DLgs.81/2008, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n°180 del 5 agosto 2009, Supplemento Ordinario 142/L, ha concluso questa fase e promette stabilità per gli anni a venire.

Come prima accennato, le (minime) modifiche apportate dal DLgs.106/2009 decorrono generalmente dal 20 agosto 2009 con l'eccezione del settore agricolo e forestale per i quali l'obbligo del rispetto dei valori limite di esposizione entrerà in vigore il 6 luglio 2014 e per le attrezzature di lavoro messe a disposizione dei lavoratori anteriormente al 6 luglio 2007 che, se non permettevano il rispetto dei valori limite di esposizione tenuto conto del progresso tecnico e delle misure organizzative adottate, avevano una deroga al rispetto dei valori limite di esposizione sino al 6 luglio 2010 (art. 306, comma 3).

In generale quindi siamo in presenza di un quadro legislativo consolidato, già vigente e che è stato discusso con le 16 FAQ elencate nella **Scheda 6**.

Tra le principali indicazioni fornite sui rischi da vibrazioni, a seguito si soffermerà l'attenzione su:

- valutazione del rischio
- banche dati;
- il rapporto di valutazione del rischio;

**Scheda 6:** Elenco delle FAQ relative al rischio vibrazioni (Capo III, Titolo VIII, DLgs.81/2008)

- 3.01 – Cosa si intende per “valori limite di esposizione su periodi brevi” di cui all’art.201 del DLgs.81/2008 ?
- 3.02 - Cosa caratterizza il personale qualificato che deve garantire la valutazione e la misurazione ?
- 3.03 - Cosa significa per chi fa la valutazione del rischio il “tener conto..... dei lavoratori particolarmente sensibili alle vibrazioni” ?
- 3.04 - Il Capo III del Titolo VIII del DLgs.81/2008 si applica anche alle lavorazioni manuali ?
- 3.05 - Come deve essere eseguita la valutazione del rischio vibrazioni nelle aziende che non hanno esposti al di sopra del valore d’azione ?
- 3.06 - Ai fini della valutazione del rischio quando è ammissibile ricorrere ai dati misurati sul campo della banca dati vibrazioni (BDV) e come bisogna utilizzare tali dati ?
- 3.07 - Ai fini della valutazione del rischio quando è ammissibile ricorrere ai dati dei produttori e come bisogna utilizzare tali dati ?
- 3.08 – Ai fini della valutazione del rischio, quando occorre misurare l’esposizione alle vibrazioni ?

- 3.09 - Quale strumentazione deve essere utilizzata per le misurazioni e quali requisiti di qualità deve rispettare ?
- 3.10 - Alla luce delle indicazioni del DLgs.81/2008 come deve essere strutturata e che cosa deve riportare la Relazione Tecnica ?
- 3.11 - Quali elementi informativi devono essere presenti nel programma delle misure tecniche e organizzative ex art.5, comma 2, quando si superano i 2,5 o gli 0,5 m/s<sup>2</sup> ?
- 3.12 - Informazione e formazione; quando e con quali contenuti ?
- 3.13 - Quando estendere il controllo sanitario al di sotto dei valori di azione ?
- 3.14 - A quali condizioni può essere concessa deroga da parte delle ASL al rispetto dei valori limite consentendo il calcolo del livello di esposizione su base settimanale (A(40)) anziché giornaliero (A(8)), come da art.205, comma 2 ?
- 3.15 - Quali sono gli obblighi dei fabbricanti delle attrezzature di lavoro in merito alla riduzione al minimo del rischio ed alla informazione sui valori di vibrazioni emessi ?
- 3.16 - Come interpretare le deroghe previste dal comma 3 dell'art.306?

#### 4.1 VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Con la legislazione più recente l'esposizione a vibrazioni è divenuta oggetto di alcune specifiche indicazioni sulle modalità alle quali attenersi in fase di valutazione del rischio comunque anche se queste non superano il significato primario della ricerca delle cause dei rischi per la salute nell'ambiente di lavoro, finalizzata al loro superamento.

Nel caso in cui dalla valutazione emergano potenziali cause di danno alla salute, la valutazione si dovrà pertanto cimentare nella ricerca delle possibili soluzioni e della loro praticabilità.

Sotto la propria responsabilità il datore di lavoro, assunte le risultanze della valutazione, indicherà nel programma degli interventi le azioni che metterà in campo per eliminare o contenere i rischi evidenziati, la tempistica di attuazione, le figure aziendali chiamate a presidiare l'attuazione delle misure stesse.

Dalla lettura del DLgs.81/2008 si può osservare come questo, per l'esecuzione della valutazione dei rischi da vibrazioni, prefiguri tre successivi livelli di approfondimento (o di analisi):

- 1) l'osservazione delle modalità di lavoro e delle tecnologie utilizzate e la conoscenza del giudizio degli altri attori aziendali della sicurezza;
- 2) la ricostruzione dei presumibili livelli espositivi sulla base di dati forniti da altri (tipicamente: da banche-dati sperimentali o dai costruttori/rivenditori);
- 3) la misurazione dei livelli di rischio con attrezzature specifiche, modalità appropriate e personale competente.

In maniera assolutamente schematica possiamo definire il primo livello d'approfondimento come quello che consente di decidere sull'esistenza o meno di un rischio sostanzialmente trascurabile, vale a dire di un rischio certamente tanto basso da consentire di concludere la valutazione con quella che la Direttiva stessa definisce una "giustificazione" di mancati ulteriori approfondimenti.

In presenza di un rischio i cui effetti sono apprezzati dai sensi degli individui e la cui origine è normalmente dovuta a tecnologie o attrezzature di lavoro volutamente introdotte, questo primo livello di analisi può basarsi su di un approccio estremamente pragmatico e snello.

Mediante semplicissime liste di primo controllo, il valutatore potrà accertare la presenza o l'assenza del rischio, di conseguenza verificando l'esigenza di provvedere a quegli ulteriori approfondimenti tecnici che tipicamente consistono nel ricorso a dati rilevati da altri (dalle cosiddette "banche-dati" o dai produttori) o a rilevazioni strumentali.

#### 4.1.1. Vibrazioni al sistema mano-braccio

Come appena anticipato, la valutazione sulla presenza o l'assenza di un rischio apprezzabile, può avere luogo (ed anche esaurirsi) con una valutazione preliminare, che accerti qualitativamente il non uso di strumentazione vibrante e recuperi le valutazioni soggettive degli addetti per possibili esposizioni non legate ad utensili specifici.

La valutazione preliminare potrebbe quindi utilizzare la banale lista di controllo evidenziata nella **Scheda 7**.

Qualora questi quesiti avessero tutte risposte negative, la valutazione potrebbe esaurirsi senza tradursi in alcuna misura specifica mentre invece, qualora si rilevino elementi oggettivi o soggettivi di rischio, occorrerà valutarne la rilevanza o mediante stima (ricorso a dati misurati da altri; nell'ordine banche dati o dati dei produttori) oppure con rilevazioni strumentali proprie, che resta comunque il metodo di riferimento.

**Scheda 7:** Lista di controllo per evidenziare la presenza di un rischio da HAV

<i>N.</i>	<i>HAV - QUESITI</i>	<i>Modalità di adempimento</i>
<b>1</b>	Nelle attività dell'azienda si fa uso di attrezzature portatili (es.: avvitatori chiodatrici ...) o fisse (rivettatori, cesoie ...) che espongono a vibrazioni?	<i>(se risposte tutte negative)</i> "giustificare" i mancati ulteriori approfondimenti sul Documento di valutazione dei rischi
<b>2</b>	Il RLS ha segnalato esposizioni a vibrazioni o ci sono addetti che lamentano intorpidimenti e formicolii alle mani o alle braccia?	<b>oppure</b> <i>(con qualche risposta positiva)</i> approfondire la valutazione del rischio, identificare e adottare le
<b>3</b>	Il Medico competente, durante la valutazione o i suoi sopralluoghi periodici in azienda, ha segnalato la possibile presenza di esposizione a HAV?	adeguate misure di prevenzione e protezione, classificare le situazioni espositive ed adottare i dovuti protocolli di prevenzione e protezione

Il calcolo del livello di esposizione alle vibrazioni, tanto se effettuata mediante stima quanto con misurazioni, va effettuato (vedi **Tabella 1**) e interpretato nello stesso modo. Per le vibrazioni, come per il rumore, si deve far riferimento alla



situazione ricorrente a massimo rischio (anche se su base giornaliera); valgono le stesse considerazioni riportate in 3.1

**Tabella 1:** Formule per il calcolo del livello di esposizione a HAV (1-dal modulo al valore di A(8); 2-per più situazioni espositive nell'arco della giornata ricorrente a massimo rischio)

$A(8) = A_{(w)sum} \sqrt{\frac{T_e}{8}}$
$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n A_{(w)_i}^2 \times t_i}$

I valori di riferimento per le azioni da adottare sono quelli indicati dal DLgs.81/2008 che sull'argomento adotta valori normalmente condivisi dalla Letteratura.

In definitiva e in sintesi, la chiave di lettura con cui andare all'interpretazione dei risultati delle valutazioni si baserà su due livelli di riferimento, denominati "livello di azione" e "livello limite", che identificano tre possibili collocazioni della misura:

- al di sotto del livello di azione, con  $A(8) \leq 2,5 \text{ m/s}^2$ , ove si collocano le situazioni a rischio contenuto e sulle quali è sostanzialmente sufficiente mantenere attive le generiche attenzioni di chi si occupa di prevenzione (es.: far controllare al medico competente il lavoratore che evidenziasse problemi ricollegabili all'esposizione HAV, ricercare il miglioramento in fase di acquisto di nuove attrezzature...). In presenza di un rischio apprezzabile (in particolare se accentuato da lavorazioni al freddo, al bagnato, in presenza di vibrazioni impulsive, in caso di sovraccarico biomeccanico dell'arto superiore) vanno attivate la formazione e l'informazione (a giudizio del datore di lavoro) e la sorveglianza sanitaria (a giudizio del medico competente);
- tra il livello di azione ed il livello limite, con  $2,5 \text{ m/s}^2 \leq A(8) \leq 5,0 \text{ m/s}^2$ , fascia nella quale i già elevati livelli di esposizione comportano l'esigenza di intervenire per ricondurre, ovunque possibile, il rischio al di sotto del livello di azione. In questa fascia, diviene obbligatorio redigere il programma di bonifica, attivare comunque l'informazione e la formazione nonché la sorveglianza sanitaria;
- oltre il livello limite, con  $A(8) > 5,0 \text{ m/s}^2$ , situazione che richiede interventi immediati (in primo luogo e sino ad interventi tecnici di provata efficacia, di introdurre pause) per ricondurre le condizioni espositive quanto meno a valori inferiori al livello limite.

Il DLgs.81/2008 ha inoltre introdotto, tanto per HAV quanto per WBV, un valore limite "su brevi periodi" rispetto al quale, nella **Scheda n.8**, si riporta la FAQ specifica delle *Indicazioni operative* delle Regioni.

**Scheda 8: FAQ 3.01 – Cosa si intende per “valori limite di esposizione su periodi brevi” di cui all’art.201 del DLgs.81/2008 ?**

I valori limite di esposizione su periodi brevi (20 m/s<sup>2</sup> per HAV e 1,5 m/s<sup>2</sup> per WBV) sono valori che puntano a ridurre i rischi indiretti di infortunio ed sono desunti dalle prime versioni della direttiva comunitaria sulle vibrazioni (le proposte di Direttiva 93/C77/02 e 94/C230/03) che utilizzavano il termine “... in pochi minuti”.

Premesso che i valori limite su tempi brevi sono comunque valori R.M.S., in attesa di ulteriori approfondimenti di natura tecnico-normativa si ritiene che per “periodi brevi” si debba intendere un valore di a<sub>w</sub> che corrisponda al minimo tempo di acquisizione statisticamente significativa delle grandezze in indagine.

Con la strumentazione attualmente disponibile tali tempi corrispondono ad almeno 1 minuto per HAV e almeno 3 minuti per WBV.

**4.1.2. Vibrazioni al corpo intero**

Come già visto a proposito delle HAV, la valutazione sulla presenza o l’assenza del rischio nei luoghi di lavoro, può avere luogo (ed anche esaurirsi) con una valutazione preliminare che accerti qualitativamente il non uso di attrezzature che sollecitano con vibrazioni l’intero corpo (tipicamente: veicoli, macchine semoventi) o la permanenza dei lavoratori in posizioni a rischio (piani, piattaforme, sedili eccitati da macchine), recuperando anche le valutazioni soggettive degli addetti.

La valutazione preliminare può quindi utilizzare una banale lista di controllo quale quella evidenziata in **Scheda 9**.

**Scheda 9:** Lista di controllo per evidenziare la presenza di un rischio da WBV

<i>N.</i>	<i>WBV - QUESITI</i>	<i>Modalità di adempimento</i>
<b>1</b>	Nelle attività dell’azienda si fa uso di veicoli, di macchine o di attrezzature di lavoro che espongono a vibrazioni l’intero corpo (es.: da sedili, da piattaforme o piani)?	<i>(se risposte tutte negative)</i> “giustificare” i mancati ulteriori approfondimenti sul Documento di valutazione dei rischi <b>oppure</b>
<b>2</b>	Il RLS ha segnalato (o ci sono addetti che lamentano) esposizioni eccessive o sintomi associabili all’esposizione a vibrazioni al corpo intero?	<i>(con qualche risposta positiva)</i> approfondire la valutazione del rischio, identificare e adottare le adeguate misure di prevenzione e protezione, classificare le situazioni espositive ed adottare i dovuti protocolli di prevenzione e protezione
<b>3</b>	Il Medico competente, durante la valutazione o i suoi sopralluoghi periodici in azienda, ha segnalato la possibile presenza di esposizioni alle WBV?	

Con risposte tutte negative, la valutazione può esaurirsi senza tradursi in alcuna misura specifica mentre invece, qualora si rilevassero elementi oggettivi o soggettivi di rischio, anche nel caso dell’esposizione a WBV il datore di lavoro dovrà valutarne la rilevanza o mediante stima (dati misurati da altri: nell’ordine da banche dati o da

produttori) oppure con rilevazioni strumentali da lui commissionate ed effettuate con le metodologie della ISO 2631-1.

Il calcolo del livello di esposizione alle vibrazioni<sup>2</sup>, tanto se effettuata mediante stima quanto con misurazioni, va effettuato e interpretato nello stesso modo sulla base di formule assolutamente analoghe a quanto indicato in **Tabella 1**.

La chiave con cui andare all'interpretazione dei risultati delle valutazioni si baserà anche nel caso delle WBV su due livelli di riferimento, denominati "livello di azione" e "livello limite", che identificano tre possibili collocazioni della misura:

- al di sotto del livello di azione, con  $A(8) \leq 0,5 \text{ m/s}^2$ , ove si collocano le situazioni a rischio contenuto e sulle quali è sufficiente mantenere attive le generiche attenzioni di chi si occupa di prevenzione (es.: far controllare al medico competente il lavoratore che dichiarasse problemi alla salute, soprattutto al rachide lombare, ricollegabili all'esposizione WBV). In presenza di un rischio apprezzabile andranno attivate la formazione/informazione e la sorveglianza sanitaria;
- tra il livello di azione ed il livello limite, con  $0,5 \text{ m/s}^2 \leq A(8) \leq 1,0 \text{ m/s}^2$ , fascia nella quale i già elevati livelli di esposizione comportano l'esigenza di intervenire per ricondurre, ovunque possibile, il rischio al di sotto del livello di azione. In questa fascia diviene obbligatorio redigere il programma di bonifica, attivare comunque l'informazione e la formazione nonché la sorveglianza sanitaria;
- oltre il livello limite, con  $A(8) > 1,0 \text{ m/s}^2$ , situazione che richiede interventi immediati (in primo luogo e sino ad interventi tecnici di provata efficacia, di introdurre pause) per ricondurre le condizioni espositive quanto meno a valori inferiori al livello limite.

Infine, circa i "valori limite di esposizione su brevi periodi" ( $1,5 \text{ m/s}^2$  per WBV) valgono le indicazioni riportate in **Scheda 8**.

#### 4.2. BANCHE DATI

Per quanto concerne l'esposizione professionale alle vibrazioni meccaniche, già dall'approvazione del DLgs. 187/2005, ora sostituito nel DLgs.81/2008, veniva consentito ai datori di lavoro di effettuare la previsione dei livelli di esposizione sulla base di banche dati qualificate, messe a disposizione dall'ISPESL o delle Regioni.

Al riguardo, le Regioni (ed in particolare la Regione Toscana) e l'ISPESL hanno operato e stanno operando, pur con le attuali ovvie difficoltà conseguenti le incertezze sul destino dell'ISPESL, per mantenere l'unitarietà delle banche-dati, prevedendone l'inserimento in un portale italiano specializzato, come pre-condizione per disporre di uno strumento caratterizzato da:

- elevata certezza sugli standard di qualità dei dati presenti,
- qualificate, ma semplici modalità di arricchimento di esperienze, aperte a tutti e basate su sperimentati protocolli di misura;

---

<sup>2</sup> Per le vibrazioni, come per il rumore, si deve far riferimento alla situazione ricorrente a massimo rischio (anche se su base giornaliera); valgono le stesse considerazioni riportate in 3.1

- aggiornata con regolarità.

E' stata così realizzata una banca dati, disponibile già dal dicembre 2005, che ad oggi contiene informazioni sui livelli di vibrazioni relativi a circa 1300 utensili e 850 mezzi, ad oggi ancora consultabile sul sito dell'ISPESL all'indirizzo:

*[www.ispesl.it/vibrationdatabase](http://www.ispesl.it/vibrationdatabase).*

Questa banca dati, che pure necessita certamente di essere ampliata ed arricchita di ulteriori dati per essere meglio rappresentativa del parco attrezzature italiano, con un bilancio di circa 500.000 utenti che l'hanno visitata e utilizzata ha di fatto costituito una formidabile palestra per sperimentare pregi e difetti di tale modello di sostegno al processo di valutazione del rischio.

L'utilizzo di banche dati per la valutazione del rischio è materia molto delicata per le evidenti implicazioni di carattere legale, metrologico e statistico. Infatti, le banche dati riportano i valori rilevati su macchine, attrezzature o apparecchiature di determinato tipo, marca e modello poste in determinate condizioni di lavoro ovvero rilevate su mansioni esercitate in uno specifico contesto.

Si pone quindi il problema se e quanto i valori delle banche dati possano essere rappresentativi delle condizioni che si intendono descrivere tenuto conto delle molteplici variabili in gioco.

Da un punto di vista rigorosamente scientifico molte sono le contestazioni che si possono avanzare. Prendendo ad esempio le vibrazioni si può osservare che esse non dipendono solo dal tipo di macchina (ossia se essa è un autobus, una pala meccanica, una smerigliatrice angolare, ecc.) e dalla marca e dal modello (es: massa, dimensioni, motore, organi di trasmissione, componenti, peculiarità di fabbricazione, ecc.), ma dipendono anche da altri parametri la cui influenza è in genere sovrastante, quali i dispositivi montati (es.: sedili di guida, attrezzi ed utensili), lo stato di manutenzione, le condizioni e le modalità di impiego (superficie lavorata, velocità di avanzamento, ritmo di lavoro, forza di prensione ...). E ci sarebbe molto altro ancora da analizzare. Non v'è dubbio che la rappresentatività del dato con questo livello di dettaglio è impossibile.

Si può però provare a riflettere se effettivamente la determinazione del livello di esposizione ai fini della valutazione del rischio debba essere così dettagliata. Si può cioè chiedersi se una perfetta descrizione delle pressoché infinite modalità di esposizione di ogni singolo lavoratore siano effettivamente necessarie per stabilire ciò che la legge fa discendere dai livelli di esposizione (disponibilità/obbligo all'uso dei DPI, esigenza e frequenza della sorveglianza sanitaria, necessità dell'informazione e formazione sui rischi). E per stabilire se fornire o meno i DPI, se fare il controllo sanitario e l'informazione/formazione dei lavoratori anche la legislazione orienta alla valutazione della situazione ricorrente a massimo rischio, con un approccio certamente non corretto dal punto di vista scientifico, ma invece, pragmaticamente preventivo

In sostanza si tratta di recuperare il senso effettivo della valutazione del rischio così come chi si occupa di igiene del lavoro dovrebbe perseguire: non una indagine con misurazioni fini a se stesse, ma approfondimenti principalmente laddove questi servono per sostenere corrette ricadute preventiva.

Poi ci saranno anche situazioni nelle quali è dovuto l'approccio tecnico-scientifico accurato. Un'indagine di malattia professionale, un caso di studio.

Occorre però convenire che il sistema Italia paga oggi cifre elevate per indagini che producono poca o nulla ricaduta preventiva e che potrebbe risparmiarsele.

Relativamente alle vibrazioni (e, più in generale, agli agenti fisici), le banche dati basate su valori di livello di rischio (emissione da attrezzature di lavoro fornite dai produttori o valori di esposizione misurati sul campo) da trasformare in livelli di esposizione basandosi sui tempi di esposizione propri di ciascun lavoratore in ciascuna azienda paiono essere la soluzione che meglio compenetra l'esigenza di semplificare questa fase della valutazione con quello di fornire una elevata tutela della salute dei lavoratori.

Partendo dagli obiettivi che la legge assegna alla definizione dei livelli di esposizione dei lavoratori si può considerare il ricorso alle informazioni contenute nelle banche dati come una opportunità che i datori di lavoro hanno (o avranno) per risolvere rapidamente quali misure di tutela assegnare ai lavoratori esposti, sempre che questo avvenga con il dovuto margine di sicurezza. In questi contesti le misurazioni mantengono comunque lo scopo più nobile di risolvere le situazioni espositive border-line e di stabilire le modalità di riduzione del rischio.

Viceversa rimarrà comunque diritto del datore di lavoro ed anche dell'organo di vigilanza di avvalersi pienamente delle misurazioni essendo queste la modalità più precisa per descrivere la situazione espositiva.

### **4.3 IL RAPPORTO DI VALUTAZIONE**

Come già affermato, quando la valutazione si risolve con sole risposte negative nella somministrazione della lista di controllo preliminare, la "giustificazione" potrebbe semplicemente concretizzarsi col riportare sul Documento di valutazione la lista di controllo adottata con il relativo esito. Quando invece la valutazione non riesce ad esaurirsi nella "giustificazione", occorrerà prevedere un resoconto del processo valutativo che, similmente a quanto avviene oggi per il rumore, possiamo immaginare consista in una Relazione tecnica che si accompagna ad uno specifico approfondimento sul Documento di valutazione ex DLgs. 81/2008.

La Relazione tecnica sarà una relazione sul "percorso" effettuato (fonte di riferimento, valori e condizioni dichiarati dall'Autore, tempi di esposizione dei lavoratori dell'azienda...) e sui suoi risultati ottenuti (livelli di esposizione) nel caso la valutazione del rischio sia stata effettuata attingendo dai dati delle banche dati sperimentali o dei produttori o ovvero una relazione delle misure effettuate (condizioni di misura, valori rilevati ...) e dei risultati ottenuti (livelli di esposizione misurati o calcolati). In entrambi i casi il tecnico competente dovrà anche indicare le possibili soluzioni per il controllo del rischio.

Nel Documento di valutazione dei rischi da conservarsi in azienda anche a disposizione dell'organo di vigilanza, andranno in particolare indicate le misure preventive e protettive programmate dall'azienda per eliminare o ridurre le esposizioni.

Premesso che tra Relazione tecnica e Documento sono ipotizzabili diversi livelli di integrazione e che qualora l'una risultasse priva di talune informazioni queste

dovrebbero essere indicate nell'altro e viceversa, nel Documento e nei suoi allegati ci si attende siano indicati almeno i seguenti elementi:

- 1) Dati identificativi del personale qualificato ha provveduto alla valutazione con eventuali approfondimenti;
- 2) Dati identificativi della Relazione tecnica allegata (es.: numero di protocollo, data);
- 3) Numero degli occupati totali dell'unità produttiva suddivisi per mansione;
- 4) Nome e livello di esposizione degli occupati con valori superiori al livello di azione;
- 5) Programma delle misure/azioni ritenute opportune per meglio controllare il rischio, individuate a seguito della valutazione;
- 6) Dati identificativi del R-SPP
- 7) Dati identificativi del medico competente che ha partecipato ed è informato dei risultati del controllo dell'esposizione.
- 8) Dati identificativi del/i RLS -o, in loro assenza, dei lavoratori- preliminarmente consultati e successivamente informati dei risultati, modalità della loro consultazione e informazione;
- 9) Data (certa o attestata) di ultimazione della valutazione

Quanto indicato nel Documento prevede la responsabilità diretta e indelegabile del datore di lavoro ed è pertanto naturale che sia da questi firmata..

Infine, si può prevedere un Foglio degli aggiornamenti per raccordare la situazione descritta nella Relazione tecnica coi cambiamenti che via via intervengono sulla realtà produttiva. Ci si riferisce in particolare a quei cambiamenti non in grado di modificare in modo significativo il quadro di rischio (situazione che richiede una nuova valutazione), ma che pur sempre comportano azioni specificamente previste dalle leggi per la tutela della salute nei luoghi di lavoro. In particolare, su questo Foglio potranno essere annotate le assegnazioni alle classi di rischio dei nuovi assunti, degli operatori adibiti ex novo a mansioni a rischio nonché degli operatori che abbiano nel frattempo cambiato mansione.

Su questo Foglio si potranno anche annotare le dimissioni di operatori e l'acquisto di nuove macchine se espongono a HAV con  $A(8) > 2,5 \text{ m/s}^2$  e a WBV con  $A(8) > 0,5 \text{ m/s}^2$  (macchine soggette all'obbligo informativo del produttore ai sensi del DLgs.17/2010).

## 5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Con l'inserimento dell'elaborato relativo al Capo V, le *Indicazioni operative* riguardano ormai tutti i rischi previsti dal Titolo VIII del DLgs.81/2008 finendo col realizzare un testo discretamente complesso; gli Autori e dei Promotori si augurano di aver saputo sufficientemente portare a sintesi l'esigenza della completezza della trattazione con quelle della correttezza tecnico-scientifica e della chiarezza di linguaggio.

I promotori e gli autori hanno realizzato questi indirizzi applicativi anche con l'obiettivo di semplificare ed esemplificare modalità operative per il controllo dei

rischi per la salute e la sicurezza nei luoghi di lavoro. Non di meno gli utilizzatori che fanno un uso professionale delle metodologie e dei parametri proposti devono essere persone qualificate e sono quindi tenute a conoscere i criteri ed i loro limiti e a farne un uso appropriato.

Non v'è dubbio poi che le *Indicazioni operative*, raccogliendo e raccordando un numero molto elevato di testi normativi in continua pubblicazione e/o aggiornamento, subiranno nel tempo un progressivo invecchiamento dei riferimenti. Ciò si verificherà anche per altre informazioni, per loro natura estremamente “volatili”, quali i riferimenti a siti web. I promotori e gli autori danno quindi per scontata l'esigenza di provvedere a periodiche correzioni e integrazioni delle *Indicazioni operative*, ma necessariamente rimandano al lettore l'esigenza di correggerne i contenuti con gli aggiornamenti che progressivamente interverranno.

Il testo completo delle *Indicazioni operative* nella versione approvata da ultimo il giorno 11/03/2010 è disponibile:

- nell'area Documenti di questi Atti ove sono anche richiamate tutti gli Autori che hanno collaborato alla stesura dei diversi Capitoli;
- unitamente a tutti gli altri materiali realizzati dal Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome, all'indirizzo: [http://www.ausl.mo.it/dsp/spsal/spsal\\_lg\\_coord\\_interregionale.htm](http://www.ausl.mo.it/dsp/spsal/spsal_lg_coord_interregionale.htm)
- unitamente a tutti gli altri materiali promossi o realizzati con la collaborazione di ISPESL, sul sito: <http://www.ispesl.it>

## Ringraziamenti

Anche a nome del Coordinamento Tecnico Interregionale della Prevenzione nei luoghi di Lavoro delle Regioni e delle Province autonome ringrazio ISPESL e Istituto Superiore di Sanità per la proficua collaborazione istituzionale e ciascuno degli Autori per il motivato e qualificato impegno profuso.

## 6. BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- 1 - “Decreto Legislativo 81/2008, Titolo VIII, Capo I, II, III, IV e V sulla prevenzione e protezione dai rischi dovuti all'esposizione ad agenti fisici nei luoghi di lavoro. *Indicazioni operative*”; documento approvato l'11/03/2010 dal Coordinamento tecnico interregionale prevenzione nei luoghi di lavoro e disponibili su internet all'indirizzo:  
[http://www.ausl.mo.it/dsp/spsal/spsal\\_lg\\_coord\\_interregionale.htm](http://www.ausl.mo.it/dsp/spsal/spsal_lg_coord_interregionale.htm) oppure  
<http://www.ispesl.it/documentazione/fattore.asp>
- 2 - “*Metodologie e interventi tecnici per la riduzione del rumore negli ambienti di lavoro*”; documento redatto nel 2005 da Regioni (Coordinamento tecnico interregionale prevenzione nei luoghi di lavoro) e da Ispesl e disponibile su internet all'indirizzo:

- [http://www.ausl.mo.it/dsp/spsal/spsal\\_lg\\_coord\\_interregionale.htm](http://www.ausl.mo.it/dsp/spsal/spsal_lg_coord_interregionale.htm) oppure  
[http://www.ispesl.it/Linee\\_guida/tecniche/ManBPRumore/indexMBP.htm](http://www.ispesl.it/Linee_guida/tecniche/ManBPRumore/indexMBP.htm)
- 3 - *“Linee guida per la valutazione del rischio rumore negli ambienti di lavoro”*, documento redatto nel 2000 da Regioni (Coordinamento tecnico interregionale prevenzione nei luoghi di lavoro) e da Ispesl e disponibile su internet all'indirizzo:  
[http://www.ausl.mo.it/dsp/spsal/spsal\\_lg\\_coord\\_interregionale.htm](http://www.ausl.mo.it/dsp/spsal/spsal_lg_coord_interregionale.htm) oppure  
[http://www.ispesl.it/linee\\_guida/fattore\\_di\\_rischio/rumore.asp](http://www.ispesl.it/linee_guida/fattore_di_rischio/rumore.asp)
- 4 - *“Linee guida per la valutazione del rischio vibrazioni negli ambienti di lavoro”*, documento redatto nel 2000 da Regioni (Coordinamento tecnico interregionale prevenzione nei luoghi di lavoro) e da Ispesl e disponibile su internet all'indirizzo:  
[http://www.ausl.mo.it/dsp/spsal/spsal\\_lg\\_coord\\_interregionale.htm](http://www.ausl.mo.it/dsp/spsal/spsal_lg_coord_interregionale.htm) oppure  
[http://www.ispesl.it/linee\\_guida/fattore\\_di\\_rischio/rumore.asp](http://www.ispesl.it/linee_guida/fattore_di_rischio/rumore.asp)
- 5 - *“Decreto legislativo 9 aprile 2008 n.81 – Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n.123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”* pubblicato sulla G.U.R.I. Serie Generale N. 101 del 30/04/2008, Supplemento Ordinario n.108/L
- 6 - UNI 9432:2008 *“Acustica - Determinazione del livello di esposizione personale al rumore nell'ambiente di lavoro”*, Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano giugno 2008
- 7 - *“Decreto legislativo 9 aprile 2008 n.81 – Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n.123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”* pubblicato sulla G.U.R.I. Serie Generale N. 101 del 30/04/2008, Supplemento Ordinario n.108/L
- 8 - UNI/TR 11347:2010 *“Acustica - Programmi aziendali di riduzione dell'esposizione a rumore nei luoghi di lavoro”*, Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano gennaio 2010
- 9 - O.Nicolini, P.Nataletti, I.Pinto, P.Rossi; *“Agenti fisici sul lavoro: lo sviluppo di banche dati per la valutazione del rischio”*; Il Sole 24Ore; Supplemento Ambiente e Sicurezza n. 8 del 27 aprile 2010.
- 10 - O.Nicolini; *“Protezione dagli agenti fisici: le indicazioni delle Regioni sull'esposizione dei lavoratori”*; Il Sole 24Ore; Supplemento Ambiente e Sicurezza n. 9 del 11 maggio 2010.





**LE INDICAZIONI OPERATIVE DEL COORDINAMENTO TECNICO PER LA SICUREZZA NEI LUOGHI DI LAVORO DELLE REGIONI E DELLE PROVINCE AUTONOME PER L'APPLICAZIONE DEL TITOLO VIII DEL DLgs.81/2008.**

**CAMPI ELETTROMAGNETICI E RADIAZIONI OTTICHE ARTIFICIALI**

**Riccardo Di Liberto**

S.C. Fisica Sanitaria - Fondazione IRCCS Policlinico San Matteo – Pavia

## **1. PREMESSA**

La recente entrata in vigore del D.Lgs. 81/08 ha comportato una attenta revisione delle metodologie di valutazione dei rischi per alcuni agenti fisici che nel periodo precedente erano stati considerati in maniera sommaria rispetto ad altri agenti di rischio con cui ci si è dovuti confrontare negli ultimi anni. Il recepimento, seppure confuso in un caso, di due Direttive europee relative alla esposizione ai campi elettromagnetici (CEM) da 0 a 300 GHz ed alle radiazioni ottiche artificiali (ROA) ha necessariamente richiesto la definizione di strumenti di valutazione peculiari ed una estesa produzione di normative tecniche per definire metodiche univoche e adatte a valutare le situazioni espositive più varie. La complessità relativa alla valutazione dei rischi derivanti da agenti fisici siffatti e per i quali le conoscenze e le competenze di chi deve valutarli non sono chiaramente definite, ha richiesto un notevole sforzo da parte del Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province Autonome per fornire uno strumento utile da impiegare per portare ad una corretta valutazione del rischio. A tal fine, il documento è stato redatto in forma di “frequently asked questions” (FAQ) per consentirne l’impiego in termini operativi ed utilizzabili da chi è chiamato ad effettuare la valutazione dei rischi da esposizione a CEM e ROA.

## **2. LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA ESPOSIZIONE A CEM**

La direttiva 2008/46/CE e l’applicazione degli specifici principi di prevenzione e protezione previsti dal Capo IV del Titolo VIII del D.Lgs.81/2008 come è noto hanno subito uno slittamento temporale di 4 anni e l’entrata in vigore è prevista per il 30/04/2012. Ciò è stato attribuito ad una serie di motivi legati alle restrizioni immediate che ne sarebbero derivate nelle attività sanitarie in cui è prevista la presenza di lavoratori negli impianti di diagnostica a risonanza magnetica ad alto campo e all’inizio di attività in ambito europeo di tipo interventistico che richiedono la presenza degli operatori sanitari all’interno della sala magnete durante le sequenze diagnostiche. Inoltre, i limiti di esposizione per i lavoratori proposti nella Legge

sono quelli della ICNIRP e risalgono ormai ad un decennio e ciò sarebbe stato il secondo pretesto per rimandare i termini di applicazione della normativa in attesa della revisione che ICNIRP sta effettuando su tali limiti sulla base di studi più recenti ed aggiornati. Ciò comunque non ha escluso dall'obbligo di valutazione a CEM i datori di lavoro che a partire dal 1 gennaio 2009 avrebbero dovuto già eseguirla (combinato disposto art. 28 e art. 181 del D.Lgs 81/08).

## **2.1 GLI EFFETTI DEI CEM SULLA SALUTE**

Poiché la norma non riguarda la protezione da eventuali effetti a lungo termine, per i quali mancano dati scientifici conclusivi che comprovino un nesso di causalità, né i rischi conseguenti al contatto con i conduttori in tensione (art. 206, comma 2), questi ultimi già coperti dalle norme per la sicurezza elettrica, si sono fornite delle indicazioni provenienti da fonti scientifiche accreditate mirate alla protezione dagli effetti certi che hanno una ricaduta in termini sanitari ("rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori dovuti agli effetti nocivi a breve termine conosciuti nel corpo umano derivanti dalla circolazione di correnti indotte e dall'assorbimento di energia, e da correnti di contatto"). Si tratta degli effetti conosciuti di tipo deterministico, di cui cioè esiste, ed è stata definita, una soglia di insorgenza, e la cui gravità può variare in funzione dell'intensità dell'esposizione (D.Lgs.81/2008, art. 206 comma 1). Come è noto tali effetti sono principalmente identificati nella stimolazione nervosa a basse frequenze e nel riscaldamento dei tessuti ad alte frequenze.

## **2.2 LE MODALITÀ DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO**

Lo scenario estremamente complesso sia per varietà di sorgenti di rischio e attività lavorative che per tipologie di esposizione e di effetti sulla salute ha richiesto di affrontare le molteplici situazioni in ambito lavorativo condensando le indicazioni operative secondo ciò che si deve intendere come sorgente "giustificabile" e quanto invece debba essere oggetto di valutazione specifica. Particolare attenzione è stata rivolta alle norme tecniche pertinenti che, oltre ad essere di fatto un riferimento obbligatorio (art. 2, art. 181 e art. 209 del D.Lgs. 81/08) per la valutazione del rischio, costituiscono un fondamentale strumento operativo in mano, ovviamente, a personale qualificato. Sono state fornite anche delle indicazioni per quei lavoratori che possono essere considerati "particolarmente sensibili" al rischio come definiti dall'art. 183. Per facilitare la valutazione del rischio si è tenuto conto delle informazioni che i fabbricanti di apparecchiature, impianti o sistemi che emettono CEM possono fornire a chi li acquista sulla base di norme tecniche specifiche che schematizzano i livelli di emissione e quindi di rischio e le relative procedure da mettere in atto. Pur essendo norme molto recenti è auspicabile che i fabbricanti si adeguino in tempi brevi in quanto la conformità dei loro prodotti a tali norme potrebbe diventare a breve un criterio di selezione da parte del mercato. E' stata sottolineata l'importanza di procedere ad una valutazione strutturata e graduale che passi attraverso l'acquisizione di dati dei fabbricanti, dati di letteratura ed in ultimo tramite l'esecuzione di misure strumentali che risultano essere complesse ed articolate e richiedono specifiche competenze e strumentazione. A tal proposito si

sono fornite indicazioni circa le modalità di misura da adottare secondo norme tecniche specifiche e quelle di taratura della strumentazione. E' infatti fondamentale che nel caso in cui si debbano eseguire misure strumentali delle grandezze radiometriche corrispondenti ai valori di azione di Legge, vi siano riferimenti espliciti alle metodiche impiegate e che sia tracciabile l'intero il processo di misura. Alcuni riferimenti sono stati dati anche per le metodiche di valutazione delle grandezze radiometriche che costituiscono i valori limite di esposizione (VLE) della Legge.

### **2.3 LA DOCUMENTAZIONE DA REDIGERE AI FINI DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO**

Poiché la valutazione del rischio da esposizione a CEM è complessa e articolata e ci si muove in uno scenario normativo nuovo e con un panorama di norme tecniche specialistiche che devono essere prese come riferimento per la valutazione, si è ritenuto opportuno tracciare uno schema-tipo di relazione tecnica in cui devono essere presenti gli elementi essenziali di una valutazione ben fatta. Nel corpo della relazione tecnica sono presenti le varie situazioni affrontabili sul campo e cioè casi in cui ci si può fermare alla "giustificazione", casi in cui si impiegano dati di valutazione presenti in letteratura accreditata ed infine casi in cui la valutazione può essere eseguita soltanto tramite calcoli da dati acquisiti nei modi citati o con software di simulazione ed infine tramite misure strumentali sul campo. Una parte finale è stata dedicata alle indicazioni da fornire al datore di lavoro in termini di livelli di rischio identificati con indicazione dei di esposizione individuali e gli interventi suggeriti (strutturali e/o procedurali) nonché la descrizione della segnaletica da apporre nei vari ambienti. Va ricordato che il Documento di Valutazione del Rischio ai sensi di Legge, redatto a conclusione della valutazione del rischio sulla base della Relazione Tecnica, deve essere datato e contenere quanto indicato all'art. 28 comma 2 ed in particolare il piano delle azioni per la riduzione del rischio.

### **2.4 L'INFORMAZIONE, LA FORMAZIONE E LA SORVEGLIANZA SANITARIA**

Nelle attività che comportano l'impiego, e quindi in molti casi anche l'esposizione a CEM, è molto comune una ridotta consapevolezza dei rischi a cui il lavoratore stesso può essere esposto sia perché tali rischi non si sono trattati in precedenza con adeguato approfondimento sia perché la loro percezione è molto bassa. Si è quindi cercato di dare delle indicazioni operative attraverso la definizione di contenuti specifici per la informazione e formazione dei lavoratori in relazione ai rischi da CEM. Dalla non vigenza del Capo IV del Titolo VIII del DLgs.81/2008, ma dalla vigenza dei Principi Generali affermati nel Capo I dello stesso Titolo, si è raccomandato di effettuare la sorveglianza sanitaria almeno per i lavoratori particolarmente sensibili, al fine di stabilirne preventivamente l'idoneità alla mansione, e per i lavoratori per i quali è stata rilevata una esposizione al di sopra dei valori di azione e sussista il rischio del superamento del VLE, al fine di verificare l'eventuale comparsa di effetti avversi. Si è evidenziato che una corretta e completa informazione e formazione dei lavoratori specie, per quanto riguarda le condizioni di

particolare suscettibilità, è presupposto essenziale per la sorveglianza sanitaria, in particolare per quelli particolarmente sensibili. Il Medico Competente dovrà stabilire l'eventuale periodicità delle visite in funzione della valutazione del rischio e delle condizioni del lavoratore.

## **2.5 LE IMPLICAZIONI RELATIVE AL DUVRI, AL POS E AL PSC**

Le novità introdotte dal D.Lgs. 81/08 in relazione ai documenti da redigere nei casi di rischi interferenti che si generano in presenza di lavori svolti da ditte esterne presso un committente, non esclude i CEM dagli adempimenti richiesti. Per fare fronte a ciò, si sono riportate delle indicazioni operative in relazione al Documento unico di valutazione dei rischi interferenti (DUVRI) di cui all'art. 26, comma 3, al Piano operativo di sicurezza (POS) redatto dal datore di lavoro dell'impresa esecutrice, al Piano di sicurezza e di coordinamento (PSC) di cui all'art.100, del D.Lgs. 81/08.

## **3. LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA ESPOSIZIONE A RADIAZIONI OTTICHE ARTIFICIALI (ROA)**

A differenza di quanto si è verificato per i CEM, per le radiazioni ottiche artificiali (ROA) il percorso è stato più lineare e senza anomalie. La Direttiva 2006/25/CE è stata di fatto recepita dal D.Lgs 81/08 con l'entrata in vigore del capo V del Titolo VIII il 26 aprile del 2010. La materia è altrettanto complessa e articolata in quanto si sono prese in considerazione le sorgenti artificiali di radiazione ottica non coerente e coerente (LASER) che sono di largo impiego in numerosi ambiti produttivi e/o professionali. Un notevole sforzo è stato fatto per definire una metodologia di valutazione del rischio che fosse applicabile anche nei casi più complessi tenendo conto di riferimenti tecnici specialistici. Le diverse variabili che dominano l'esposizione a radiazioni ottiche richiedono infatti competenze specialistiche non comuni ed una notevole dimestichezza nel trattare i risultati di una valutazione con i limiti di esposizione definiti dalla Legge. Si è fatto anche un breve cenno alla esposizione derivante da radiazioni ottiche naturali (solari) che interessano diverse categorie di lavoratori per i quali la valutazione del rischio deve essere effettuata ai sensi dell'art.28 (impone la valutazione di "...tutti i rischi per la sicurezza e la salute dei lavoratori..."). Si è cercato di identificare, anche se in modo non certamente esaustivo, le diverse tipologie di sorgenti e di emissioni non coerenti e coerenti nei vari ambiti lavorativi in modo da fornire i primi elementi per iniziare il processo di valutazione del rischio. Si è ritenuto infatti indispensabile eseguire un'analisi dettagliata delle attività lavorative in cui le ROA sono presenti, spesso anche in ambiti non evidenti o poco conosciuti. Le lunghezze d'onda da prendere in considerazione ricoprono quasi interamente lo spettro delle radiazioni ottiche così come definito dalla Legge (da 100 nm a 1 mm). Questo fa pensare alla notevole complessità nel dovere valutare effetti biologici diversi, modalità di esposizione diverse, tempi e modalità di emissione delle sorgenti diversi, metodiche di misura specifiche, metodiche di calcolo particolari, limiti diversi per uno stesso intervallo di lunghezze d'onda, etc.

**3.1 GLI EFFETTI DELLE ROA SULLA SALUTE**

I principali effetti diretti sulla salute per esposizione a radiazioni ottiche artificiali non coerenti e coerenti sono a carico degli occhi e della cute. Nel documento è stata inserita una tabella sintetica che consente in modo rapido di valutare il tipo di danno che una certa radiazione ottica può potenzialmente causare alle strutture citate che viene di seguito riportata.

<b>Regione spettrale</b>	<b>Occhio</b>	<b>Pelle</b>	
Ultravioletto C (da 100 nm a 280 nm)	Fotocheratite Fotocongiuntivite	Eritema (scottatura della pelle)	Tumori cutanei
Ultravioletto B (da 280 nm a 315 nm)			Processo accelerato di invecchiamento della pelle
Ultravioletto A (da 315 nm a 400 nm)	Cataratta fotochimica	Reazione di fotosensibilità	Bruciatura della pelle
Visibile (da 400 nm a 780 nm)	Lesione fotochimica e termica della retina		
Infrarosso A (da 780 nm a 1400 nm)	Cataratta bruciatura della retina		
Infrarosso B (da 1400 nm a 3000 nm)	Cataratta, bruciatura della cornea		
Infrarosso C (3000 nm a 1 mm)	Bruciatura della cornea		

Sono stati presi in considerazione anche effetti indiretti che possono comunque essere pericolosi per i lavoratori, quali sovraesposizione a luce visibile con disturbi temporanei visivi, come l'abbagliamento o l'accecamento temporaneo, rischi di incendio e di esplosione innescati dalle sorgenti stesse e/o del fascio di radiazione e ulteriori rischi associati alle apparecchiature/lavorazioni che utilizzano ROA quali contatti con superfici calde e rischi di natura elettrica. In particolare si è sottolineata la pericolosità delle sorgenti LASER che possono generare rischi di natura chimica e biologica (nei laser a coloranti; nei fumi, aerosol e polveri associati all'impiego), rischi correlati all'uso di sistemi criogenici (es.: dovuti ai gas di raffreddamento della sorgente) e di radiazioni collaterali (ionizzanti e ottiche) concomitanti al funzionamento delle sorgenti stesse.

### 3.2 LE MODALITÀ DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Allo scopo di dare delle indicazioni operative per potere gestire in modo efficace i rischi da ROA, si è proposto una metodologia sequenziale per la valutazione che consta di diverse fasi che sono costituite dalla indagine finalizzata alla conoscenza ed al censimento delle sorgenti di ROA da valutare, alla valutazione delle modalità espositive attraverso l'acquisizione anche sul campo delle attività che coinvolgono sorgenti di ROA e lavoratori, alla esecuzione di stime e/o calcoli utilizzando le risorse disponibili (dati del fabbricante e/o di letteratura) ed in ultima analisi alla esecuzione di misure strumentali. Al termine di questo articolato processo ci si dovrà confrontare con i valori limite di esposizione (VLE) della Legge contenuti nell'allegato XXXVII - parte I per l'esposizione a sorgenti non coerenti e parte II per quella a sorgenti laser. In particolare i limiti di esposizione definiti per l'esposizione a sorgenti non coerenti sono diversi a parità di lunghezza d'onda emessa e questo comporta ovviamente l'esecuzione di calcoli che possono portare non immediatamente alla valutazione finale. Anche per le ROA si è cercato di identificare le situazioni "giustificabili" attraverso le indicazioni fornite da alcune norme tecniche specifiche. Poiché tali norme sono di recente pubblicazione, ci sarà da attendere perché i fabbricanti di sorgenti di ROA si adeguino in modo da potere fornire ai loro clienti le indicazioni che possono essere utili ai fini di una "giustificazione" o comunque di una valutazione del rischio codificata. Nel frattempo l'impiego di dati presenti in letteratura in alcuni casi può colmare alcune lacune o definire in modo chiaro alcune situazioni in cui, al contrario, la situazione a rischio è conclamata e pertanto non occorre effettuare alcuna valutazione ma solo prevedere le idonee misure di prevenzione e protezione (il tipico caso è quello della saldatura ad arco elettrico). Sono state sintetizzate in una tabella le principali sorgenti di radiazioni ottiche artificiali non coerenti per le quali si ritiene necessaria una valutazione del rischio approfondita. L'articolo 216 del D.Lgs.81/08 precisa che "il datore di lavoro valuta e, quando necessario, misura e/o calcola i livelli delle radiazioni ottiche a cui possono essere esposti i lavoratori..." in conformità alle norme CIE e CEN per quanto riguarda le radiazioni incoerenti e le norme IEC per i laser. A tal fine sono state forniti i riferimenti delle norme tecniche che hanno validità ai sensi di Legge e che definiscono le modalità di valutazione dell'esposizione a ROA sia non coerenti che coerenti. Anche per le ROA i fabbricanti possono indicare nella documentazione di accompagnamento del loro prodotto (ossia sorgente di ROA) la classificazione secondo standard tecnici del livello di rischio generato dalla stessa partendo da una "categoria 0" per le apparecchiature che generano ROA o da una classe "esente" per le lampade e i sistemi di lampade, inclusi i LED. Questa graduazione del rischio che il fabbricante può dichiarare per i propri prodotti che mettono ROA sarebbe di grande utilità nel processo di valutazione ma, anche in questo caso, si dovrà aspettare un po' di tempo per far sì che il percorso di adeguamento alle recenti norme tecniche possa arrivare a regime, anche se in casi particolari alcune Direttive specifiche (Macchine, Dispositivi Medici, Dispositivi Medici diagnostici in vitro) impongono al fabbricante di fornire tali indicazioni. Per le ROA non coerenti, quindi, in molti casi si ritiene che per valutare adeguatamente i rischi, considerata la vastità di tipologie di sorgenti, di emissioni, di modalità di esposizione nei vari ambiti lavorativi

dovranno essere effettuate numerose misure in campo è ciò comporterà l'impiego di metodi di misura codificati da specifiche norme tecniche, peraltro indicate nel documento del Coordinamento Tecnico delle Regioni e delle Province autonome, competenze specialistiche di chi dovrà eseguirle ed una articolata valutazione dei livelli di esposizione ed il confronto con i pertinenti limiti di Legge. Per le sorgenti laser, anche se la normativa tecnica obbliga il fabbricante a "classificare" la sorgente dal punto di vista della sua pericolosità e quindi della sua emissione, si è cercato di semplificare l'approccio riferendosi proprio alle classi di pericolosità della norma IEC 60825-1 che, attraverso l'articolazione dalla classe 1 alla classe 4, consente di metter in relazione la pericolosità di una sorgente laser al livello di radiazione emesso e a quello accessibile da parte del lavoratore. Da queste informazioni è possibile quindi valutare quando una sorgente laser debba essere oggetto di valutazione approfondita oppure può essere considerata "giustificabile". Anche per i laser comunque in numerose situazioni operative è necessario eseguire delle misure strumentali sul fascio anche per potere definire, dove necessario, i dispositivi di protezione individuale più adatti alla sorgente oggetto di valutazione. Nel documento sono state fornite anche alcune misure tecniche e organizzative da porre in atto al termine della valutazione. Un ampio spazio è stato dedicato ai Dispositivi di Protezione Individuale che, a differenza dei CEM per i quali soltanto da poco tempo cominciano a comparire sul mercato alcuni indumenti per schermare il campo elettrico, sono invece storicamente utilizzati in alcuni ambiti lavorativi industriali e sanitari. Lo scopo è stato quello di fornire uno schema di lavoro semplice e abbordabile per potersi districare nelle normative tecniche che definiscono le modalità di individuazione dei D.P.I. adatti a ciascuna sorgente di radiazioni non coerenti o laser in quelle situazioni di esposizione che ne richiedono l'impiego. Anche per le ROA sono stati individuati i soggetti "particolarmente sensibili" al rischio e sono stati indicati gli agenti fotosensibilizzanti che devono essere presi in considerazione per una valutazione completa ed accurata. E' noto infatti che alcuni principi attivi contenuti in medicinali che sono di comune assunzione, anche cronica da parte di molti lavoratori, potenziano gli effetti da esposizione a radiazioni ottiche ed è quindi importante tenerne conto ai fini delle conseguenze sulla salute.

### **3.3 LA DOCUMENTAZIONE DA REDIGERE AI FINI DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO**

La Relazione Tecnica, redatta da personale qualificato, deve contenere tutti gli elementi per fornire un quadro chiaro e completo del rischio da ROA non coerenti e coerenti. A tal fine è stato indicato uno schema-tipo che definisce gli elementi di base della valutazione: dalla individuazione delle sorgenti e dei luoghi in cui esse sono impiegate alle modalità di emissione, dalle modalità di esposizione dei lavoratori ai dati acquisiti dai fabbricanti e/o dalla letteratura, fino ad arrivare al dettaglio delle stime o dei calcoli eseguiti con tali dati o tramite simulazioni computerizzate o misure strumentali. Inoltre, dovranno essere presenti le indicazioni delle misure di prevenzione e protezione da porre in atto, ivi compresi i livelli di rischio identificati, i dettagli sui DPI, ove previsti, la segnaletica ambientale, la delimitazione delle aree a rischio, etc.



### **3.4 L'INFORMAZIONE, LA FORMAZIONE E LA SORVEGLIANZA SANITARIA**

Per quanto riguarda l'esposizione a radiazioni ottiche non coerenti si raccomanda di attivare l'informazione / formazione dei lavoratori quando la valutazione dei rischi non può concludersi con la cosiddetta "giustificazione" di non dover effettuare una valutazione dei rischi più dettagliata. Relativamente alla radiazione laser l'informazione/formazione ai lavoratori si ritiene sia dovuta quando si utilizzano sorgenti o sistemi di classe diversa dalla classe 1, dipendendo ovviamente dalle mansioni a cui è addetto il lavoratore. La sorveglianza sanitaria di cui all'art. 218 del D.Lgs. 81/08 è effettuata con lo scopo di prevenire tutti gli effetti dannosi derivanti dall'esposizione. Pertanto è apparso coerente fornire indicazioni circa l'esecuzione degli accertamenti sanitari preventivi e periodici per quei lavoratori che, dalla valutazione del rischio, potrebbero risultare esposti a livelli superiori ai valori limite di legge nonostante siano state adottate tutte le necessarie misure tecniche di prevenzione, i mezzi di protezione collettiva nonché le misure, i metodi o i procedimenti di riorganizzazione del lavoro. Per tali lavoratori, per i quali è necessario adottare idonee misure di prevenzione e protezione, la sorveglianza sanitaria è stata indicata con periodicità annuale. Per quanto riguarda i soggetti particolarmente sensibili al rischio, anche se esposti a valori inferiori ai limiti di legge, saranno individuate dal medico competente le periodicità dei controlli sanitari e le misure protettive specifiche da mettere in atto in relazione alla tipologia ed entità dell'esposizione ed alle condizioni di suscettibilità individuale emerse dal controllo sanitario. In particolare per l'esposizione alla radiazione ultravioletta e alla luce blu, poiché non sono noti gli effetti sotto sogli a lungo termine, si è suggerito di mettere in atto interventi mirati di sorveglianza sanitaria finalizzata alla prevenzione dei danni a lungo termine quando le esposizioni, anche inferiori ai valori limite, si possano protrarre nel tempo (mesi, anni)

### **3.5 LE IMPLICAZIONI RELATIVE AL DUVRI, AL POS E AL PSC**

Le novità introdotte dal D.Lgs. 81/08 in relazione ai documenti da redigere nei casi di rischi interferenti che si generano in presenza di lavori svolti da ditte esterne presso un committente, non esclude le ROA dagli adempimenti richiesti. Per fare fronte a ciò, si sono riportate delle indicazioni operative in relazione al Documento unico di valutazione dei rischi interferenti (DUVRI) di cui all'art. 26, comma 3, al Piano operativo di sicurezza (POS) redatto dal datore di lavoro dell'impresa esecutrice, al Piano di sicurezza e di coordinamento (PSC) di cui all'art.100, del D.Lgs. 81/08.

## **4. CONCLUSIONI**

Lo scenario in cui eseguire una valutazione del rischio dagli agenti fisici CEM e ROA è complesso e articolato. E' necessario che chi esegue tale valutazione possieda realmente le conoscenze e le competenze per ottenere dei risultati che siano attendibili e quindi portino ad una vera tutela del lavoratore. Purtroppo la consapevolezza che si arrivi ad un "numero" e non ad un "dato di valutazione" credo

debba porre anche gli Enti che effettuano la vigilanza a considerazioni di livello tecnico molto spinto che risulta abbastanza difficile da potere effettuare senza una adeguata preparazione. D'altro canto in diverse situazioni non è impossibile trovare valutazioni di esposizione a CEM o ROA fatte in modo molto artigianale ed improvvisato per non parlare di risultati di misure spesso eseguite con metodiche e strumentazione non idonea. Il documento redatto dal Coordinamento Tecnico delle Regioni e delle Province Autonome sulla prevenzione e protezione dei rischi da agenti fisici nei luoghi di lavoro si colloca in un percorso di informazione e formazione che è già iniziato sia per gli Enti di Vigilanza sia per coloro i quali effettuano valutazioni del rischio in due settori di nicchia, Campi Elettromagnetici e Radiazioni Ottiche Artificiali appunto, per i quali le competenze specialistiche richieste non sono appannaggio di molti. Ci si auspica che il documento con i suoi limiti e alcune inevitabili inesattezze, possa comunque costituire una guida utile ad entrambe le categorie di professionisti citate se non altro per muoversi con maggiore destrezza tra le miriadi di norme tecniche, di limiti Legge, tipologie di sorgenti, tipologie di emissioni, di esposizioni, di ambiti lavorativi con un occhio sempre rivolto alla evoluzione tecnologica che inevitabilmente comporta in questo settore, ma non solo, una evoluzione del rischio.





# **Rumore e Ultrasuoni**



## **IL QUADRO NORMATIVO PER LA TUTELA DEL RISCHIO RUMORE**

**Giuseppe Elia**

Presidente Commissione Acustica e Vibrazione UNI - Milano  
Eurofins Modulo Uno - Torino

### **1. LA NORMATIVA TECNICA SUL RUMORE**

Spesso chi si occupa di rumore negli ambienti di lavoro possiede una buona informazione su alcune norme tecniche cui attinge per lo svolgimento del suo compito. Più raramente egli ha la percezione della vastità della produzione normativa, che, soprattutto in questi ultimi anni, si è occupata di molti aspetti, non solo valutativi, ma anche progettuali. Nelle pagine che seguono si dà conto, in modo sintetico, del panorama normativo attualmente disponibile.

### **2. VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE: LA NORMA UNI 9432 E LA NORMA EN 9612**

Nel 2008 è stata emanata la norma tecnica UNI 9432 “Determinazione del livello di esposizione personale al rumore nell' ambiente di lavoro”, finalizzata a fornire dei criteri per la valutazione dell'esposizione dei lavoratori al rumore.

Più recentemente il CEN ha emanato la norma EN 9612:2009 dal titolo “Acoustics — Determination of occupational noise exposure — Engineering method” che si sovrappone in molte parti alla norma UNI 9432:2008.

L'UNI, essendo tenuto a recepire tale norma europea, eliminando nel contempo le norme UNI configgenti con essa, ha in questi mesi dovuto modificare la UNI 9432 in molte sue parti.

E' quindi prossima la pubblicazione di due nuove norme UNI:

- la norma UNI EN 9612 che recepisce integralmente la norma di pari numero emanata dall'ente normatore europeo e che contiene gli aspetti fondamentali sulla valutazione dell'esposizione al rumore dei lavoratori;
- la norma UNI 9432 che, rispetto alla norma europea, contiene puntualizzazioni in merito a particolari problemi, alcuni metodi semplificati per la determinazione dei livelli di esposizione sonora, i criteri di valutazione di aspetti non descritti nella norma UNI EN 9612.

I contenuti più rilevanti comuni alle due norme riguardano:

- la strumentazione
- la metodologia di misura

- le tecniche di campionamento
- il calcolo dell'incertezza.

Rispetto ai criteri stabiliti dalla norma EN 9612, la UNI 9432 richiede che venga scelto preferenzialmente uno strumento in classe 1 .

Inoltre essa prevede la possibilità di misurare anche il livello sonoro di picco ponderato C; inoltre, nel caso risulti necessario calcolare l'attenuazione introdotta dal dispositivo di protezione auricolare, la strumentazione deve essere idonea alla rilevazione di almeno una delle seguenti grandezze:  $L_{Ceq,T}$  o  $L_{eqf,T}$ , in funzione del metodo di calcolo scelto nell'ambito della UNI EN 458.

Le misurazioni possono essere eseguite mediante un fonometro integratore o un misuratore personale dell'esposizione sonora.

E' prevista la verifica periodica della strumentazione (taratura), con periodo non maggiore di 2 anni. Tale verifica deve comunque avvenire dopo un evento traumatico per gli strumenti o dopo una riparazione degli stessi. Analogamente è richiesta la calibrazione acustica dell'intera catena di misura prima e dopo ogni serie di misurazioni.

La norma EN 9612 prevede tre differenti strategie di misurazione:

- 1) misurazioni per attività (task based): la mansione svolta durante il giorno viene suddivisa nelle attività che la compongono, ognuna delle quali viene misurata separatamente;
- 2) misurazioni per mansione (job based): vengono campionati dei periodi di misura durante lo svolgimento della mansione;
- 3) misurazioni sull'intero periodo giornaliero (full-day).

Per ognuna di esse sono fornite dettagliate istruzioni metodologiche.

La norma UNI 9432 stabilisce dei criteri di misura in presenza di rumori costanti, ciclici e fluttuanti. In particolare viene ammessa cautelativamente la possibilità di effettuare una singola misurazione relativamente alla condizione operativa più rumorosa

In presenza di gruppi omogenei, si possono seguire i criteri indicati dalla norma EN 9612, o, secondo la norma UNI 9432, valutando un campione costituito dal solo soggetto con la condizione espositiva peggiore. In quest'ultimo caso, l'esposizione di tutti i membri del gruppo è assunta cautelativamente coincidente con l'esposizione dell'unico soggetto indagato.

La stessa norma UNI 9432 precisa poi che, se il livello di esposizione giornaliera dello stesso lavoratore mostra una variabilità significativa all'interno della settimana, è possibile assumere come livello di esposizione del lavoratore il valore massimo del livello di esposizione giornaliera o, in alternativa, quello calcolato su base settimanale.

Se l'esposizione manifesta caratteristiche di significativa variabilità su scale di tempo superiori ad una settimana, si assume come livello di esposizione del lavoratore il valore massimo ricorrente del livello di esposizione calcolato (giornaliero o settimanale).

La norma UNI 9432 fornisce altresì una formula per calcolare il “livello di esposizione a lungo termine”. Questo parametro, per quanto non previsto dalla legislazione vigente in tema di salvaguardia della sicurezza e della salute dei lavoratori, è importante per stabilire, soprattutto in presenza di rumore molto variabile su tempi lunghi, (purchè non superiori ad un anno) il rischio di perdita uditiva.

Il rischio di perdita uditiva è un concetto quantitativamente definito dalla norma ISO 1999: per quanto essa sia oggi poco conosciuta, anche dai tecnici acustici, costituisce un riferimento essenziale sia perché stabilisce le basi su cui si sono articolate, non solo in Europa, altre norme più specifiche in materia di esposizione al rumore, sia perché fornisce fondamentali indicazioni (anche attraverso algoritmi matematici) per stabilire la correlazione fra livelli sonori di esposizione, tempo di esposizione e rischio di danno uditivo.

Una rilevante attenzione è poi dedicata dalla norma EN 9612 al calcolo dell'incertezza: e pertanto la nuova norma UNI 9432 ha dovuto eliminare tutte le parti che nella versione del 2008 riguardavano tale argomento, salvo alcune indicazioni relative all'incertezza sui livelli di esposizione a lungo termine e sui livelli di picco.

La norma UNI 9432 suggerisce poi che il confronto con i valori limite avvenga utilizzando l'estremo superiore dell'intervallo di confidenza monolaterale sul livello di esposizione giornaliera  $L_{EX,8h}$  corrispondente ad un livello di confidenza del 95%:

$$L^*_{EX,8h} = L_{EX,8h} + U(L_{EX,8h})$$

Analogo criterio viene suggerito per i livelli sonori di picco o nel caso in cui si faccia riferimento ai livelli di esposizione settimanali

Se il confronto con i valori di azione e il valore limite di esposizione avviene a prescindere dall'incertezza deve essere indicato in quale modo il datore di lavoro tiene conto di tale incertezza nella valutazione del rischio.

Esiste infine un tema non affrontato dalla norma EN 9612 e che invece è ampiamente sviluppato dalla UNI 9432. Quest'ultima infatti descrive, desumendola dalla norma UNI EN 458:2005, la metodologia per calcolare, sulla base dei dati forniti dal fabbricante (attenuazione media  $M_f$  e scarto tipo  $s_f$  per ogni banda di ottava), i valori di attenuazione presunta APV degli otoprotettori :

$$APV_f = M_f - f_c s_f$$

scegliendo un valore minimo di  $f_c$  pari a 1 (cui corrisponde un livello di fiducia monolaterale dell'84%)

Per valutare l'attenuazione complessiva dell'otoprotettore sono consentiti i tre metodi OBM (preferibile), HML, SNR.

In un'appendice informativa la norma fornisce inoltre dei coefficienti correttivi (desunti da una metodologia NIOSH) per calcolare la reale attenuazione degli otoprotettori, che, secondo numerose rilevazioni effettuate sul campo, sono spesso molto al di sotto dei valori determinati con le metodiche descritte dalla norma UNI EN 458:2005.



Effettuato quindi il calcolo del livello di esposizione dei lavoratori che indossano gli otoprotettori, la norma fornisce un criterio di adeguatezza degli stessi, rappresentato in tabella 1.

Si ritiene acusticamente adeguato un dispositivo di protezione auricolare che permette di ottenere una protezione “buona” o “accettabile”.

Valori  $L'_{Aeq,Te} < 65$  dB(A) possono comunque essere ritenuti accettabili previa verifica dell'assenza di controindicazioni legate all'ascolto di segnali acustici di pericolo, allarmi o particolari sensazioni di isolamento manifestate dal lavoratore.

L'adeguatezza del dispositivo di protezione auricolare è inoltre subordinata alla condizione che si abbia  $L'_{pico,C} \leq 135$  dB(C) per tutte le attività lavorative.

**Tabella 1**

<b>Livello sonoro equivalente calcolato tenendo conto del DPI (dB(A))</b>	<b>Livello di protezione</b>
Maggiore di 80	insufficiente
da 75 a 80	accettabile
da 70 a 75	buona
da 65 a 70	accettabile
minore di 65	troppo alta

Per giudicare l'efficacia dei dispositivi di protezione auricolare si verifica anzitutto che non si siano determinati peggioramenti nella funzionalità uditiva dei lavoratori. Si deve poi verificare che sia presente ed efficace un sistema di controllo dell'uso e manutenzione dei dispositivi di protezione auricolare che garantisca quanto meno che essi vengano:

- correttamente indossati dai lavoratori;
- regolarmente utilizzati nelle situazioni di rischio;
- correttamente custoditi, con una manutenzione che comporti la tempestiva sostituzione dei protettori usurati e non più idonei

### **3. VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE LA NORMA DI LAVORATORI CHE UTILIZZANO SORGENTI SONORE SITUATE VICINE ALL'ORECCHIO**

Uno dei problemi che le attuali disposizioni legislative affrontano, ma su cui esistono ancora molte perplessità da punto di vista tecnico, è rappresentato da quei lavoratori che sono esposti a segnali sonori, generati non nell'ambiente, ma in prossimità dei loro condotti uditivi: sono in crescita infatti gli addetti che operano utilizzando cuffie e auricolari. Il livello sonoro dipende dal tipo di dispositivo (mono o binauricolare), dall'accoppiamento del dispositivo con l'orecchio, dalla possibilità per l'operatore di modificare il volume della conversazione, ecc. A loro volta, i dispositivi indossati possono emettere normali segnali di comunicazione, quali la voce, la musica, segnali telefonici, ma anche segnali anormali quali click o impulsi, scariche

e disturbi elettrici, oscillazioni o risonanze, spesso di elevata intensità e a carattere imprevedibile, che possono quindi generare elevati livelli di picco all'orecchio dell'operatore.

Si deve quindi ricorrere a metodologie che consentano di misurare l'esposizione reale all'orecchio della persona, a valle dei dispositivi acustici indossati in prossimità dell'orecchio, e successivamente convertirla in un livello corrispondente in campo libero o diffuso al fine di determinare l'esposizione sonora dell'operatore secondo le modalità generali previste dalla legislazione vigente.

Esistono nel panorama tecnico due metodiche: quella che utilizza dei microfoni miniaturizzati inseriti nel condotto uditivo (tecnica MIRE, descritta nella norma UNI EN ISO 11904-1), e quella che fa uso di un manichino equipaggiato con orecchie artificiali dotate di microfono (tecnica del manichino, descritta nella norma UNI EN ISO 11904-2).

Un terzo metodo, più semplice, codificato nella norma ETSI EG 202 518 V1.1.1, (metodo elettroacustico) è allo studio di un gruppo di lavoro dell'UNI, che ha l'obiettivo di predisporre uno specifica rapporto tecnico.

Questo metodo si basa sulla misurazione del segnale elettrico all'ingresso del dispositivo acustico indossato e la conversione in livello sonoro attraverso le funzioni di trasferimento del dispositivo e dell'orecchio umano.

#### **4. VALUTAZIONE DELL'EMISSIONE SONORA DELLE SORGENTI**

La conoscenza delle caratteristiche di emissione sonora delle sorgenti di rumore negli ambienti di lavoro è essenziale per varie ragioni, quali ad esempio:

- verificare se sono rispettati i valori specificati da un fabbricante per una determinata macchina, attrezzatura o impianto;
- valutare i livelli di pressione sonora in un ambiente conoscendone le caratteristiche interne di propagazione acustica;
- definire priorità e metodologie di intervento nel predisporre un piano di risanamento acustico aziendale.

Alcune norme tecniche sono ampiamente conosciute: in particolare ad esempio quelle della serie UNI EN ISO 3740 (in specifico le norme 3744 e 3746 che riguardano la misura del livello di potenza sonora di sorgenti sonore in situ, all'aperto o in ambienti chiusi).

A queste si sono affiancate in anni più recenti le norme della serie UNI EN ISO 11200, destinate a determinare il livello di pressione sonora delle sorgenti.

Molte di queste norme sono in revisione e alcune di esse potrebbero subire importanti modificazioni in futuro.

L'emissione sonora delle macchine può inoltre essere misurata, anziché con la tecnica fonometrica, attraverso il metodo intensimetrico: a scansione, secondo la norma UNI EN ISO 9614-1:2009 e per punti in conformità alla norma UNI EN ISO 9614-2:1998. Una terza norma (UNI EN ISO 9614-3) è relativa ad un metodo di precisione, di più complessa applicazione.

La tecnica intensimetrica consente di misurare la potenza sonora di una macchina anche in situazioni dove la fonometria risulta inapplicabile o molto imprecisa; tutta-

via richiede strumentazione più complessa, e adeguata competenza ed esperienza dei tecnici che la applicano.

Altre norme tecniche in questi anni si sono aggiunte, sempre più numerose, per determinare la potenza sonora di specifiche macchine ed impianti.

Queste norme, che ad oggi sono molte decine, hanno un impianto metodologico che si riconduce generalmente alle norme UNI EN ISO 3744 o UNI EN ISO 3746. La loro importanza è però legata soprattutto alla definizione delle condizioni operative in cui si debbono svolgere le prove e alla utilizzazione dei dati ottenuti dalle misurazioni. Ad esempio la norma UNI EN ISO 692:2009 stabilisce, per quanto attiene le presse, che esse siano provate in determinate condizioni di carico e di velocità e con l'impiego di determinati materiali ed utensili.

## **5. CRITERI PER IL CONTENIMENTO DEL RUMORE**

Diversi sono gli aspetti concernenti la riduzione dell'emissione e dell'immissione sonora negli ambienti di lavoro che sono oggetto di normazione tecnica.

Anzitutto vi sono norme che affrontano la questione delle sorgenti sonore, in termini di principi fisici e indicano i criteri per evitare o contenere la generazione di rumore e vibrazioni: sono in particolare le norme UNI EN ISO 11688 parti 1 e 2, contenenti suggerimenti pratici per la progettazione di macchine ed apparecchiature a bassa emissione di rumore.

Analogamente le norme UNI EN ISO 11690 parti 1, 2 e 3, forniscono raccomandazioni pratiche per la progettazione di ambienti di lavoro al fine di contenerne il rumore immesso dal macchinario.

Altri documenti normativi (sia nazionali sia internazionali) sono dedicati ad aspetti più specialistici, fornendo elementi progettuali relativi a particolari applicazioni: ad esempio la norma UNI EN ISO 15667:2002 contiene linee guida per la riduzione del rumore mediante cabine e cappottature.

Fra queste ultime norme vanno comprese anche quelle che, pur non fornendo indicazioni per la riduzione della rumorosità indicano comunque modalità di calcolo per valutare o il livello di potenza sonora emessa (ad esempio quello originato da definiti fenomeni fisici, come la turbolenza di una valvola regolatrice), o il livello di pressione sonora immesso (ad esempio quello indotto in un ambiente avente determinate caratteristiche fisico – geometriche).

Un specifica menzione merita un altro gruppo di norme destinate a misurare e valutare gli effetti determinati dall'adozione di determinati interventi tecnici di risanamento acustico (es. cabine, silenziatori).

Tutte queste norme sono poi molto importanti nella predisposizione dei piani di risanamento acustico aziendali, previsti dall'attuale legislazione in materia di prevenzione del danno uditivo. A tal riguardo è stata pubblicata alcuni mesi fa la norma UNI 11347 destinata a guidare la stesura dei programmi aziendali di riduzione dell'esposizione a rumore nei luoghi di lavoro.

## **6. NORME CONCERNENTI VARI PROBLEMI DELL'ACUSTICA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO**

La precedente analisi della normativa riguardante il rumore negli ambienti di lavoro non può certo ritenersi esaustiva, perchè vi sono molti altri aspetti, alcuni molto particolari, altri di carattere più generale ma riguardanti applicazioni acustiche non specifiche degli ambienti di lavoro.

Si richiama l'attenzione sui seguenti temi, oggetto di normativa specifica:

- propagazione acustica negli ambienti aperti e tecniche di bonifica acustica correlate (perché sono molti gli ambienti di lavoro all'aperto);
- materiali impiegati in acustica (fonoassorbenti, smorzanti, isolanti, ecc...);
- strumentazione (fonometri, calibratori, audiometri, ecc...) e tecniche metrologiche (inclusa la determinazione della soglia uditiva dei lavoratori);
- metodi statistici per il controllo delle emissioni acustiche di sorgenti di rumore;
- segnali acustici di avviso e di allarme;
- acustica edilizia; sono norme che hanno rilevanza anche nei luoghi di lavoro sia per gli aspetti di fonoisolamento sia per quanto attiene la distribuzione del rumore negli ambienti chiusi. A tal riguardo nel luglio di quest'anno è stata emanata la norma UNI 11367, relativa alla classificazione acustica delle unità immobiliari: per quanto non si applichi agli edifici industriali, essa è importante per varie tipologie di immobili che costituiscono ambienti di lavoro (es. uffici, scuole, ospedali, locali commerciali).

Non vanno poi dimenticate le norme riguardanti l'acustica negli ambienti in cui non è in discussione il danno uditivo dei lavoratori, ma il loro comfort e la possibilità di svolgere adeguatamente attività che comportano attenzione, facilità di ascolto del parlato, riservatezza.

E infine va citato che anche una parte cospicua delle norme sulle vibrazioni sono rilevanti in ambito acustico perché assai spesso sono le vibrazioni a determinare l'emissione sonora.

## **7. E PER FINIRE**

Questa rapida carrellata evidenzia quanto l'esigenza di stabilire regole tecniche condivise sia considerata oggi importante. Occorre però che i tecnici acustici, non solo conoscano le norme, ma partecipino alla loro preparazione, sia in ambito nazionale, sia all'interno degli organismi internazionali, dove la presenza di esperti italiani è molto modesta.



## **DISCUSSIONE DELLE MODIFICHE INTRODOTTE NEL D.Lgs.81/2008 DAL D.Lgs.106/2009 E LORO POSSIBILI EFFETTI SULLA PREVENZIONE DELLE TECNOPATIE DA RUMORE.**

**Bruno Cammarota**

Dipartimento di Medicina Pubblica, Clinica e Preventiva - Seconda Università degli Studi di Napoli

### **1. INTRODUZIONE**

Il D.Lgs. 3 agosto 2009 n° 106 detta “ *disposizioni integrative e correttive del D.Lgs.81/08 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro*”. Esso introduce sostanziali esemplificazioni e alcune relative depenalizzazioni che possono contribuire ad una più concreta applicabilità delle sue previsioni, tuttavia genera riflessioni sulla conservazione del livello di efficacia nella prevenzione ad esempio considerata, delle tecnopatie da rumore.

La gestione della normativa protezionistica nei luoghi di lavoro infatti, può assumere complessità e gravosità che possono renderne più difficile la piena attuazione. Potrà risultare quindi strategica ogni semplificazione procedurale che tuttavia conservi ed espanda il carattere scientifico delle azioni di prevenzione e tutela. Si rappresenta la utilità di approfondire i possibili effetti sul miglioramento della prevenzione e del benessere lavorativo introdotti dal D.Lgs.106/09 in relazione al rumore in ambienti di lavoro, con riferimento alla intera produzione legislativa tematica.

Si ritiene utile rappresentare come in generale, in materia di rischi lavorativi, dalle *misure preventive puntuali* degli anni 50 si sia passati alla impostazione *sistemica rischio-centrica* degli anni 80 non attenta all’ambiente esterno, successivamente alla loro *valutazione globale e integrata* degli anni 90/00 attenta all’ambiente esterno. Un ulteriore possibile sviluppo in tema di *igiene, sicurezza, qualità*, potrà configurarsi nel sistema **EHS (Environment Health and Safety)**, integrabile con il sistema della *rassicurazione della qualità Aziendale*, per obiettivi di *qualità totale*.

Questa tendenza potrà favorire la evoluzione del lavoro e della produzione verso standard più elevati e diffusi di efficienza, efficacia, relativa economicità, con risultato di salute e benessere dei lavoratori oltre che di prevenzione e protezione dai rischi lavorativi chimici, fisici, biologici, psicologici, trasversali e risultati di rinnovata attenzione e tutela dell’ambiente esterno, naturale ed antropico.

## 2. RASSEGNA LEGISLATIVA E CONSIDERAZIONI

In tema di rischi lavorativi la valutazione ed il controllo della esposizione al *rumore* ha assunto ed assume grande rilievo. L'art.24 del DPR 303/56 già prevedeva che: *“nelle lavorazioni che producono scuotimenti, vibrazioni o rumori dannosi ai lavoratori, devono adottarsi i provvedimenti consigliati per diminuirne l'intensità”*. Il D.Lgs.277/91 (Direttiva 86/188/CEE) presentava forti aspetti innovativi sia nella sequenza metodologica delle azioni necessarie al controllo dei rischi che nella periodicità stabilita della sorveglianza sanitaria, dei controlli audiometrici, otoscopici, con precise modalità tecniche da adottare. Veniva introdotta la sequenza: *valutazione del rischio- adozione di misure preventive e protettive- controllo sanitario dei lavoratori – informazione e formazione, addestramento*. Veniva altresì considerata la figura del Medico Competente, il ruolo dei produttori di macchine e attrezzature di lavoro, il ruolo dei progettisti.

Questa impostazione veniva confermata nel D.Lgs. n° 626/94 come integrato nello specifico, dal D.Lgs.195/2006 (Direttiva 2003/10/CE) con l'inserimento di un nuovo titolo 5 bis (*“Prescrizioni minime di sicurezza e salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dal rumore”*) e nel D.Lgs. n° 81/08 attuativi della direttiva 89/391/CEE, impostazione riveduta nel D.Lgs.106/2009 :*“Disposizioni integrative e correttive del Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n° 81, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”* G.U. n° 180 del 5 agosto 2009-S.O. n° 142.

Il D.Lgs.195/06 abroga il D.Lgs.277/91 nel Capo IV, riguardante il rumore. Con la sua entrata in vigore la valutazione del rischio rumore, parte integrante del D.Lgs.626/94, resta un obbligo in capo al datore di lavoro che va assolto secondo e nei modi previsti dall'art.4. Il limite di esposizione è stabilito in 87 dB(A) con valori limite di picco di 140 dB(C) a fronte del limite di esposizione di 90 dB(A), picco 140 dB(C) dettato dal D.Lgs.277/91, con la conseguenza di aggiornare la valutazione del rischio specifico nei documenti di valutazione già redatti. La nuova legge fissa un valore limite di esposizione e due valori di azione:

	Livello di esposizione giornaliera al rumore ( $L_{EX,sh}$ ) in dB(A)	Livello di pressione sonora di picco
<i>valore inferiore di azione</i>	<b>80</b>	<b>112 Pa</b> pari a <b>135 dB(C)</b>
<i>valore superiore di azione</i>	<b>85</b>	<b>140 Pa</b> pari a <b>137 dB(C)</b>
<i>limite di esposizione</i>	<b>87</b>	<b>200 Pa</b> pari a <b>140 dB(C)</b>

Essa conferma l'obbligo del Datore di Lavoro ad eliminare i rischi alla fonte e/o ridurli al livello minimo, in ogni caso, a livelli non superiori ai valori limite di esposizione. Il D.Lgs.195/06, nell'indicare tre livelli di riferimento nella esposizione al rumore (80, 85 e 87 dBA) permette di individuare quattro classi di rischio da esposizione come di seguito:

Valore medio giornaliero (Leq/g) in db (A)	Classe di rischio
Minore di <b>80</b>	<i>Rischio assente</i>
Compreso tra <b>80 e 85</b>	<i>Rischio lieve</i>
Compreso tra <b>85 e 90</b>	<i>Rischio consistente</i>
Maggiore di <b>90</b>	<i>Rischio grave</i>

Se a seguito della valutazione si può fondatamente ritenere che la rumorosità ambientale sia contenuta in livelli inferiori a 80 dB(A), si conferma la non obbligatorietà dei controlli strumentali. Al superamento dei *valori inferiori di azione* scatta l'obbligo come per il D.Lgs.277/91 alla misurazione dei livelli di rumorosità, alla informazione, al controllo sanitario a richiesta, *si aggiunge l'obbligo* della formazione e della fornitura dei DPI. Laddove i livelli di esposizione sono sensibilmente diversi nei giorni della settimana *lavorativa*, il livello equivalente settimanale,  $L_{EX,w}$  può sostituire il livello di esposizione giornaliera  $L_{EX,8h}$ . La valutazione e l'eventuale misurazione deve essere ripetuta *ogni quattro anni*.

Al superamento dei *valori superiori di azione* scatta ad implemento, l'obbligo come per il D.Lgs.277/91 al controllo sanitario, *si aggiunge l'obbligo* all'uso dei DPI uditivi, alla delimitazione e segnalazione delle aree interessate, al programma di bonifica.

Al superamento del *valore limite di esposizione* indicato in  $L_{EX,8h} = 87$  dB(A),  $L_{peak} = 140$  dB(C) il D.Lgs.195/06 prevede l'obbligo di misure immediate. Il D.Lgs.277/91 indicava come valore limite di esposizione il  $L_{EX,8h} = 90$  dB(A),  $L_{peak} = 140$  dB(C), tuttavia con l'obbligo della comunicazione all'Organo di Vigilanza ed ai progettisti/fabbricanti delle macchine. Se si considera che il nuovo Decreto ammette per fini di valutazione del superamento dei valori limite di esposizione, la sottrazione dell'attenuazione prodotta dai DPI indossati dai lavoratori, si comprende come in contrapposizione con tutte le misure avanzate di protezione sin qui introdotte, esso possa concretamente comportare una possibile riduzione del livello di protezione uditiva garantito dal D.Lgs.277/91 in un'area delicatissima di *riconosciuto rischio consistente o grave*.

Questo ragionamento, *limitandosi al rischio uditivo*, si sostiene su due essenziali aspetti: il primo riguarda l'evidenza della trasmissione delle onde di pressione sonora all'organo dell'udito anche *per via ossea sia a mezzo dell'osso temporale che della intera teca cranica*. Il secondo riguarda la effettività della attenuazione sonora normalmente riscontrabile nei DPI commercialmente disponibili (inserti e/o cuffie) che oltre che ad una deviazione standard compresa nei tipi di qualità in 2,5 dB(A), possono comportare scarti di attenuazione tra prove laboratoristiche tecnologiche (*produttore*) e prove in opera (*in ambienti di lavoro*) di circa 10 dBA (*Giuseppe Elia, rif. n° 6*). Ciò risulta dovuto alla formazione inadeguata, alla taglia inadeguata, ai movimenti soprattutto mandibolo-vestibolari, allo spostamento dei DPI per sopraggiunto fastidio, ad insufficienti manutenzioni o ricambi, alla presenza di occhiali, barba, capelli lunghi. Se si considera che ad ogni implemento di 3 dB è associato il *raddoppio della energia sonora considerata* si apprende o si comprende bene la portata di queste considerazioni. Vanno ancora considerati inoltre *gli effetti extrauditivi del rumore* che anche ove non specificamente oggetto di tutela, rientrano nelle considerazioni del Decreto Legislativo 81/08 sia in termini di valutazione effettiva ed integrata di tutti i rischi per la salute e sicurezza sul lavoro



che in particolare per la tutela dei soggetti suscettibili. Non risultano dunque trascurabili i possibili effetti della esposizione lavorativa al rumore sull'apparato cardiovascolare, sistema endocrino e sistema nervoso centrale, con possibile insorgenza di fatica mentale, diminuzione della efficienza e del rendimento lavorativo, interferenze sulla durata e profondità del sonno notturno. Questi aspetti, congiunti all'effetto di *mascheramento della comunicazione verbale* e ridotta percezione dei segnali acustici di sicurezza, possono peraltro determinare un sensibile aumento del *rischio infortunistico*.

Sempre in tema di DPI-u va invero rappresentato come il D.Lgs.195/06 prima ed il D.Lgs.81/08 poi, indichino la necessità di valutare la "efficienza" (*capacità potenziale del mezzo di proteggere la funzione uditiva del lavoratore che lo deve indossare*) e la "efficacia" (*reale protezione della funzione uditiva del soggetto offerta dal mezzo quando indossato*) dei DPI-u (comma 2, art 193 D.Lgs.81/08). Rileva inoltre come "*I mezzi individuali di protezione siano considerati adeguati se correttamente usati mantengono un livello di rischio uguale o inferiore ai livelli inferiori di azione*" (80 dB).

Tra le novità introdotte dal Titolo VIII del D.Lgs.81/08 vi è certamente la comune impostazione riguardante gli *Agenti Fisici* del capo I con disposizioni di carattere generale, a cui seguono i Capi: II, III, IV, V dedicati agli specifici Agenti Fisici considerati, ossia *rumore, vibrazioni, campi elettromagnetici, radiazioni ottiche artificiali*, conclude la sequenza il Capo VI, con le sanzioni previste per la inosservanza delle disposizioni indicate. Questa impostazione appare razionale e pragmatica, aprendo scenari di possibile ricomposizione di competenze troppo frammentate ma soprattutto di attitudine alla *valutazione relativamente omogenea ed integrata dei rischi fisici* in ambienti di lavoro.

Si delinea la competenza dell'*esperto in Agenti Fisici* con chiaro distinguo della competenza in materia di radiazioni ionizzanti dell'*esperto qualificato* come indicato nel comma 3 dell'art.180.

In concreto l'art 181: "*Valutazione dei rischi*" dispone che il Datore di lavoro nell'ambito della valutazione di cui all'art.28, valuti i rischi derivanti dalla esposizione ad agenti fisici in modo da identificare e adottare le opportune misure di prevenzione e protezione con particolare riferimento alle norme di buona tecnica ed alle buone prassi. Nel comma 2 si indica in 4 anni l'intervallo massimo di una nuova valutazione che va effettuata da "*personale qualificato in possesso di specifiche conoscenze in materia*" e la necessità della revisione del documento in presenza di mutamenti rilevanti, quando vi siano indicazioni dall'esito della sorveglianza sanitaria; si indica la possibilità di ricorrere alla valutazione misurazione e calcolo dei livelli di esposizione. Nel comma 3 si indica il possibile ricorso da parte del Datore di lavoro alla *giustificazione*, ossia al soprassedere alla valutazione del rischio in quanto ragionevolmente definibile come trascurabile. In buona sostanza si ritiene che il Decreto, in coerenza con gli indirizzi comunitari, tenda a semplificare la intera gestione della sicurezza *ma attraverso una sua chiara evoluzione in qualità, riferibilità, risultati*, ossia attraverso la integrazione sempre più stretta con il sistema aziendale in costante evoluzione. Sulle figure professionali competenti in ambienti di lavoro si ritiene che valgano evidentemente pari considerazioni, tendenti a garantire l'azione legittima di un congruo numero di soggetti professionali in grado di rispondere alle esigenze delle unità produttive in campo, adeguatamente

qualificati e formati, in grado di attuare buone prassi, linee guida di riferimento, redigere in conformità relazioni e rapporti di misure e controlli, senza tuttavia particolari plusvalenze di titoli culturali, afferenze categoriali e/o frammentazione di competenze in livelli, tutti fattori che potrebbero indurre eccessiva rigidità al mercato ove non strettamente richiesto e non sostenere la necessaria adeguata operatività per le aziende.

Il D.Lgs.81/08 assume i *livelli di azione* ed il *limite di esposizione* del D.Lgs.195/06, prevedendo nell'art. 192 comma 2, l'obbligo del programma aziendale di riduzione della esposizione al rumore in caso di superamento del *livello inferiore di azione* (80 dB(A)) in luogo del *livello superiore di azione* (85 dB(A)). L'indicatore principale rimane il  $L_{EX,w}$  (*livello di esposizione settimanale*) con riferimento in presenza di fluttuazioni, alla settimana comportante il maggior rischio espositivo. Concludendo la rassegna dei principali elementi inseriti nella legislazione protezionistica sul rumore in ambienti di lavoro dal D.Lgs.81/08 e considerando quanto esposto, sussistono perplessità sulla previsione richiamata nell'art. 6 e nell'art.29 da parte del potere legislativo, di produrre entro il 31 dicembre 2010 procedure standardizzate per la valutazione del rumore (tra altri fattori di rischio) per le aziende che occupano fino a 50 dipendenti. Potrebbe infatti configurarsi per la stragrande parte delle aziende italiane una "*semplificazione*" procedurale in materia di valutazione del rischio, del tutto comprensibile in tema di sostegno alle imprese ed agevolazioni ma che potrebbe tradursi in una ulteriore obbiettiva riduzione del livello di tutela dal rischio di *otopatie professionali*.

Sarà dunque auspicabile la messa in campo di ogni utile contributo, a partire dalla conoscenza dei disturbi o danni da rumore in questo settore per realizzare ogni sostegno alle imprese senza tuttavia limitare la necessaria attività di tutela dal rischio.

### 3. LE MODIFICHE INTRODOTTE DAL D.Lgs.106/2009

Il D.Lgs.106/2009 : "*Disposizioni integrative e correttive del Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n° 81, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro*" G.U. n° 180 del 5 agosto 2009-S.O. n° 142, risulta il più attuale riferimento normativo in argomento. Esso, nell'art. 99 modifica l'art. 193 del D.Lgs.81/08 in tema di *Dispositivi individuali di protezione* (DPI), prevedendone la efficienza tecnica documentata in luogo della efficacia degli otoprotettori indossati, a contenere il *livello di rischio di danno uditivo* a valori inferiori o uguali al *livello inferiore di azione*. Il Decreto modifica l'art.192 del D.Lgs.81/08 (*misure di prevenzione e protezione tecniche ed organizzative*), prevedendole al superamento dei valori superiori di azione (85 dBA), in luogo dei valori inferiori di azione (80 dBA) con perplessità di armonizzazione con le previsioni di cui all'art.182 del D.Lgs.81/08 e sui possibili effetti uditivi ed extrauditivi della esposizione.

Le perplessità già illustrate a proposito della valutazione della esposizione a DPI-u indossato (D.Lgs.195/06 e D.Lgs.81/08) si implementano sensibilmente con le modifiche introdotte dal D.Lgs.106/09 che cancella la prevista verifica di efficacia dei DPI-u ed ammette la assenza di iniziative organizzative e procedurali in presenza di conclamati livelli di rischio uditivo (pur se lieve), di 80-85 dBA. Potrà

conseguirne la deduzione, in presenza di livelli di esposizione al rumore di 85 dB(A), di non dover attuare alcuna misura di riduzione della rumorosità e che in presenza di un livello di rumorosità di 97 dB(A) si potranno tutelare i lavoratori esposti distribuendo *otoprotettori* che offrono caratteristiche tecniche di attenuazione di 20 dB(A), senza dover ricorrere ad una valutazione di effettiva efficacia. Se i dati biostatistici dimostrassero l'aumento delle ipoacusie professionali (anche in presenza di criteri di valutazione INAIL più analitici e restrittivi) le perplessità potrebbero avere ulteriori motivazioni.

#### 4. IN CONCLUSIONE

Secondo i dati INAIL le denunce di otopatie da rumore nel nostro Paese, negli anni fra il 2003 e il 2007 rappresentano mediamente il 25% delle denunce complessive con prevalenza di attività lavorative non tabellate e non strettamente industriali. I casi di ipoacusia professionale riconosciuti e indennizzati sono complessivamente 130.000, pari al 50% di tutte le rendite INAIL corrisposte. Dati recenti dalla Regione Piemonte (Rel. SPreSAL 2006) indicano le *ipoacusie da rumore* nel 45% di tutti i *casi di malattie professionali denunciati*. Il D.Lgs.277/91 indirizzava forse utilmente la sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti, periodicità e modalità tecniche (*audiometrie tonali*), in luogo del solo giudizio del *medico competente* (D.Lgs.626/94 e D.Lgs.81/08) che potrebbe risultare utile riproporre. Si ritiene che potrebbe risultare altresì molto utile ai fini di un più adeguato livello di prevenzione-protezione, tornare alla previsione del D.Lgs.81/08 di valutare la adozione di adeguate misure tecniche ed organizzative al superamento dei *valori inferiori di azione* (a partire evidentemente dalla ottimizzazione della manutenzione di macchine ed utensili). Si ritiene essenziale ripristinare la valutazione di *efficacia* dei DPI in luogo della sola valutazione di *efficienza* allo scopo di disporre di una opzione protettiva pur limitata per i noti aspetti discussi ma concretamente affidabile nella sua reale condizione di uso. In relazione al contenimento della gravosità delle procedure di valutazione dei rischi in particolare rivolte alle piccole e medie imprese si rappresenta come il D.Lgs.81/08 sia già forte espressione di questa evoluzione di pensiero e di pratica ed altresì come il D.Lgs.106/09 in linea generale ne riduca gravosità procedurali e profili di penalizzazione a vantaggio di una più *agile* attuazione della normativa. Rimane la importanza di realizzare ogni semplificazione possibile che non comporti detrimento dei livelli di prevenzione e protezione lavorativa con un possibile risparmio di costi destinato inevitabilmente a generare un aumento di costi sanitari e sociali.

Si ritiene quindi che occorra praticare un percorso di risparmio virtuoso che potrebbe ad esempio aprire soprattutto alle PMI modalità di valutazione integrata degli agenti fisici in argomento con il necessario distinguo tematico ma unitarietà di competenza tecnica e riunita in un unico livello come previsto nel D.Lgs.81/08, nell'*esperto in Agenti Fisici di cui al Titolo VIII D.Lgs.81/08*, distinto dall'*esperto qualificato*; aprire a convenzioni agevolate con enti pubblici di consulenza, distinti da quelli di vigilanza. Al riguardo si auspica anche una valorizzazione delle importanti risorse umane e professionali dell'ISPESL pur nella prevista smobilitazione dell'istituto, attraverso il potenziamento di altre istituzioni di area. Si

ritiene quindi con questo contributo, di rappresentare la utilità di ogni semplificazione possibile in tema anche per l'abbattimento di costi e gravosità non necessari ma *in armonia con le finalità della norma, con le buone prassi e normative tecniche e soprattutto con i risultati di salute attesi e verificabili.*

## 5. RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI

- 1) B. Cammarota , L. Albano, F. Cammarota, A. Marinelli ; “Valutazione del clima acustico in area neonatale in un Ospedale di Napoli”; 33° Convegno Nazionale AIA – 10 – 12 maggio 2006 – Ischia.
- 2) B. Cammarota, A. Marinelli, F. Cammarota, L. Albano, P. Marinelli.; “La valutazione della rumorosità ambientale in un complesso industriale di stampaggio tessuti e misure di prevenzione”; 33° Convegno Nazionale AIA – 10 – 12 maggio 2006 – Ischia.
- 3) Cammarota B., Marinelli A., Albano L., Marinelli P.; “Evidenze sperimentali sul clima acustico nelle aule di una scuola materna ed elementare di dimensioni medio-elevate nel comune di Napoli”; Atti 31° Convegno Nazionale AIA – Venezia 2004.
- 4) Cammarota B., Ciaburro S., Marinelli A., Marinelli P.; “I livelli di rumorosità nelle sale operatorie”; Tecnica Ospedaliera - Ottobre 2002, 58-69.
- 5) D.Lgs. 10 aprile 2006, n.195 Attuazione della direttiva 2003/10/CE relativa all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (rumore); G.U. n° 124 del 30 Maggio 2006.
- 6) “D.Lgs. 195 – 2006, Aspetti innovativi”; Giuseppe Elia - Responsabile di studi e ricerche di Modulo Uno S.p.A. Presidente della Commissione Acustica UNI.
- 7) D.Lgs. 9 aprile 2008 n° 81: “Attuazione dell’art.1 della Legge 3 agosto 2007 n° 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”; G.U. S.G. n° 101 del 30/4/2008, S.O. n° 108/L.
- 8) D.Lgs.106/2009 :“Disposizioni integrative e correttive del Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n° 81, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”; G.U. n° 180 del 5 agosto 2009- S.O. n° 142.
- 9) D.Lgs.81/2008,Titolo VIII,Capo I,II,III sulla prevenzione e protezione dai rischi dovuti all’esposizione ad agenti fisici nei luoghi di lavoro. Prime indicazioni applicative. A cura del Coordinamento tecnico interregionale prevenzione nei luoghi di lavoro. Sito [http://www.ausl.mo.it/dsp/spsal/spsal\\_lg\\_coord\\_interregionale.htm](http://www.ausl.mo.it/dsp/spsal/spsal_lg_coord_interregionale.htm)
- 10) Direttiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 6 febbraio 2003 sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all’esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (Rumore – 17ma Direttiva particolare ai sensi dell’art. 16, paragrafo 1, della Direttiva 89/391/CEE, pubblicata nella G.U.U.E. n°L 42 de 15/2/1003.
- 11) Maffei L., Peretti A., Pompoli R.: “Acustica e ambienti scolastici”; AIA-gaa 9, Ed. Saonara- Padova 2004.
- 12) Nataletti P., Pieroni A.:”Livelli di esposizione A rumore di operatori delle scuole materne”; ISPESL, Roma, AIA-GAA, Atti del 31° Convegno Nazionale AIA – Venezia 2004.

- 13) Nicolini O., Nataletti P., Peretti A. “Metodologie e interventi tecnici per la riduzione del rumore negli ambienti di lavoro”; **dBa<sub>incontri</sub>**2003 Modena 16 ottobre 2003.
- 14) Nicolini O., “Prevenzione e protezione da rumore nel D.Lgs. 81/08:Principali novità e prime indicazioni operative ”; **dBa<sub>incontri</sub>**2008. Modena,9 ottobre2008.
- 15) P. Nataletti, E. Marchetti, A. Pieroni, A. Lunghi , ISPESL Dipartimento di Igiene del Lavoro, “Misura e Valutazione degli Agenti Fisici: Rumore e Vibrazioni ” Monte Porzio Catone, Roma, 2004.
- 16) Renato Spagnolo, Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferrars, Torino “Manuale di Acustica Applicata” UTET, 2002, Torino.

## **DALLA UNI 9432 ALLA UNI EN ISO 9612 - NON C'E' PACE PER LA NORMATIVA SULL'ESPOSIZIONE PROFESSIONALE A RUMORE**

**Lenzuni Paolo**

INAIL - Firenze

### **1. INTRODUZIONE**

Dopo una lunga fase di relativa quiescenza, durata dal 1989 al 2000, negli ultimi dieci anni la letteratura tecnica italiana sull'esposizione professionale a rumore sembra entrata in una fase parossistica.

In sequenza sono infatti apparse una prima versione delle Linee Guida ISPESL (2000) [1], la seconda versione della UNI 9432 (2002) [2], la seconda versione delle Linee Guida ISPESL (2005) [3], la prima versione delle FAQ curate dal Coordinamento Tecnico delle Regioni e delle Province Autonome (2007) [4], la terza versione della UNI 9432 (giugno 2008) [5] e la seconda versione delle FAQ (agosto 2008) [6].

Si pensava che il quadro tecnico così faticosamente costruito potesse dare garanzie di stabilità e il sottoscritto si era addirittura avventurato in una previsione dell'aspetto che avrebbe potuto assumere la successiva revisione della norma UNI 9432, datandola ad un orizzonte temporale rischiosamente lontano [7]. Tuttavia appare oramai certo che neanche questa volta potremo rilassarci. La revisione, completata nella primavera del 2009, dello standard ISO 9612 "Determination of exposure to noise – Engineering method" [8], ed il suo contemporaneo passaggio a norma europea EN ISO 9612, ha infatti determinato un obbligatorio recepimento nella normativa italiana di questo documento, sotto forma di UNI EN ISO 9612:2010 [9], che ha determinato due grossi scossoni: 1) una drastica riscrittura della UNI 9432; 2) l'introduzione di una serie di modifiche nelle procedure da seguire per la determinazione dell'esposizione professionale a rumore.

### **2. UNI 9432, LA NORMA CHE NON PUÒ MORIRE**

Come gli esseri umani, anche le norme tecniche nascono vivono e muoiono. Non sempre purtroppo il passaggio dalla vita alla morte avviene con semplicità e la UNI 9432 rappresenta sicuramente un caso di morte negata.

In un contesto del tutto formale, come quello della normazione, l'avvento sulla scena

di un documento che affronta lo stesso tema (esposizione professionale a rumore) ma con la superiore autorevolezza che gli deriva da un comitato di redazione costituito dagli esperti di mezzo mondo avrebbe infatti dovuto preludere ad una scomparsa della UNI 9432, come peraltro esplicitamente richiesto dalla premessa della EN ISO 9612 stessa in quanto in contrasto con la norma europea.

Al contrario, si è scelto di far sopravvivere la UNI 9432 in affiancamento alla nascente UNI EN ISO 9612.

Nella nuova versione, essa giocoforza ricalca in buona parte quest'ultimo documento, citato ben 22 volte, ripetendo la formula "*XXX deve essere conforme ai contenuti del paragrafo Y. della norma UNI EN ISO 9612*", mentre al contempo mantiene parte dei suoi contenuti originali.

L'esito di questa operazione di chirurgia normativa è quantomeno dubbio, come quantomeno dubbie sono diverse affermazioni nelle quali il contenuto originale della ISO 9612 viene travisato e/o aggirato per mantenere l'impostazione della "vecchia" UNI 9432:2008. Insomma, come tutte le creature di sintesi, questa nuova UNI 9432:2010 [10] appare un po' mostruosa, e per quanto mi riguarda non avrebbe mai dovuto nascere.

Ora che esiste, per favore ignoriamola e lasciamo che il tempo faccia quello che l'UNI non ha avuto il coraggio di fare.

### **3. UNI EN ISO 9612, LA NORMA CHE NON RIESCE A NASCERE**

La genesi della UNI EN ISO 9612:2010 è una storia non breve. Partendo da un primo committee draft del luglio 2005, la ISO 9612 ha visto infatti la luce soltanto nel marzo 2009.

In quanto norma europea, essa avrebbe dovuto essere recepita in tutte le normative nazionali entro sei mesi. Tuttavia in Italia il recepimento della EN ISO 9612 non poteva avvenire senza la contemporanea abrogazione della concorrente UNI 9432:2008. Siccome però, come abbiamo brevemente illustrato al punto precedente, si è scelto di far sopravvivere la UNI 9432 in una nuova veste, quest'atto formale ha richiesto non i dieci minuti richiesti dal semplice ritiro di una norma ma piuttosto i dieci mesi necessari alla faticosa ricerca di un nuovo equilibrio. Questo spiega perché la UNI EN ISO 9612 è apparsa ufficialmente solo nel settembre 2010 quando il recepimento doveva essere già avvenuto entro ottobre 2009.

In ogni caso, che piaccia o meno, questa diventerà la norma di riferimento nei prossimi anni (ahi, di nuove previsioni !) per cui è fondamentale individuare con chiarezza le continuità e le discontinuità associate al passaggio dalla UNI 9432:2008 alla UNI EN ISO 9612:2010.

### **4. COSA RIMANE**

La cosa fondamentale è che il processo mediante il quale il livello di esposizione giornaliera viene dedotto dai livelli sonori equivalenti e dai tempi di esposizione resta identico. La UNI EN ISO 9612 contiene infatti una procedura detta

“misurazione basata sui compiti” che di fatto coincide con il metodo comunemente utilizzato per calcolare il livello di esposizione giornaliero o settimanale.

Restano immutate anche le posizioni di misura, sia in presenza sia in assenza del soggetto esposto.

Non cambia neppure il metodo di campionamento di un rumore fluttuante che contempla l'esecuzione di un numero di misure  $N \geq 3$ , seguito da una verifica condotta sulla dispersione delle misure e da un eventuale secondo round di misure.

## 5. COSA CAMBIA

### 5.1 – STRUMENTAZIONE

Sul fronte della strumentazione il cambiamento è epocale, dato che vengono ammessi i fonometri di classe 2, salvo le naturali restrizioni, dettate dai requisiti di taratura della CEI EN 61672-1 [11], ad ambienti senza particolari caratteristiche termiche, e a campi sonori privi di significative componenti oltre 8 kHz.

Vengono altresì ammessi i dosimetri, ai quali si applicano adesso i requisiti indicati nella norma tecnica loro dedicata CEI EN 61252 [12]. Resta una preferenza per i misuratori che soddisfano i requisiti della classe 1 secondo la CEI EN 61672-1, ma niente di più.

La Tabella 1 sintetizza il nuovo quadro sulle incertezze strumentali.

**Tabella 1** – Sintesi delle incertezze strumentali secondo la UNI EN ISO 9612

Type of instrumentation	Standard uncertainty $u_2$ (or $u_{2,m}$ ) dB
Sound level meter as specified in IEC 61672-1:2002, class 1	0,7
Personal sound exposure meter as specified in IEC 61252	1,5
Sound level meter as specified in IEC 61672-1:2002, class 2	1,5

### 5.2 – MISURA

La durata di ciascuna misura non è più definita per i rumori stazionari, mentre per i rumori ciclici e fluttuanti sale da almeno 1 minuto ad almeno 5 minuti.

Vanno comunque eseguite tre misure, anche per i rumori stazionari e ciclici. Pertanto anche ai rumori stazionari e ciclici viene associata un'incertezza da campionamento che invece nella UNI 9432:2008 era posta pari a zero.

Inoltre il livello equivalente non viene più calcolato come media aritmetica bensì come media energetica dei livelli ottenuti nelle singole misure.

Sparisce ogni riferimento al concetto di stabilizzazione del livello equivalente entro  $\pm X$  dB come pre-condizione per terminare la misura.

L'obbligo di procedere ad una sotto-divisione del periodo scatta al superamento di



una differenza massima fra i livelli equivalenti misurati di 3 dB, e non più di 5 dB. Scompare la possibilità, prevista nella UNI 9432:2008, di ottenere un livello equivalente non attraverso la media di più misure, ma come risultato di un'unica misura del rumore presente nelle condizioni ritenute a massimo rischio ricorrente, ovvero quelle acusticamente più gravose. Tuttavia una misura "secca" di tali caratteristiche non prefigura un reale conflitto con la UNI EN ISO 9612, ma piuttosto stabilisce una via alternativa che invece di mirare alla conoscenza del dato ha come obiettivo una stima precauzionale del livello sonoro che possa essere utilizzata per mettere in atto le opportune misure di tutela. Di fatto fornisce una stima per eccesso del risultato che va a maggior tutela del lavoratore. Pertanto mi sento di affermare che chiunque voglia utilizzare la procedura della misura singola nelle condizioni a massimo rischio ricorrente, lo può fare tranquillamente recuperandola, in deroga alla mia raccomandazione tranchant del punto 2 "ignoriamola!"), dalla UNI 9432:2010. Lo stesso vale per la stima del livello settimanale attraverso la giornata acusticamente più gravosa.

### 5.3 – TEMPI DI ESPOSIZIONE

Qui le novità, più che sostanziali sono concettuali. Sparisce infatti l'aspetto dogmatico del tempo di esposizione da accettare acriticamente in quanto "dichiarato" dal datore di lavoro. Ciascun tempo di esposizione deve al contrario essere ottenuto dal valutatore o con metodi soggettivi (interviste, osservazioni) o con metodi oggettivi (misure).

Inoltre l'incertezza sui tempi di esposizione non viene posta a zero per definizione ma determinata sulla base dei valori dedotti o misurati.

### 5.4 – GRUPPI ACUSTICAMENTE OMOGENEI

Uno dei punti che presentano le novità più forti, sia sul piano concettuale che sul piano pratico è quello dei gruppi omogenei.

**Tabella 2** – Strategia di campionamento dei gruppi acusticamente omogenei secondo la UNI EN ISO 9612

Number of workers in the homogenous exposure group $n_G$	Minimum cumulative duration of measurement to be distributed over the homogenous exposure group
$n_G \leq 5$	5 h
$5 < n_G \leq 15$	$5 \text{ h} + (n_G - 5) \times 0,5 \text{ h}$
$15 < n_G \leq 40$	$10 \text{ h} + (n_G - 15) \times 0,25 \text{ h}$
$n_G > 40$	17 h or split the group

La UNI 9432 utilizza come descrittore del livello di gruppo il livello sonoro associato al 95° percentile della distribuzione all'interno del gruppo omogeneo, in modo da consentire una tutela quasi totale di tutti i componenti del gruppo stesso. Al contrario la UNI EN ISO 9612 utilizza la media (energetica) dei diversi livelli misurati. Come già sottolineato altrove [13], la media è un descrittore matematicamente adeguato alla rappresentazione del fenomeno ma non alla protezione dei soggetti, e quindi qualche mal di pancia su questo specifico punto rimane. Inoltre la durata complessiva delle misure da eseguire diventa funzione della consistenza numerica del gruppo (vedi Tabella 2).

Viene infine introdotto un criterio di verifica della effettiva “omogeneità” del gruppo, che di fatto esclude gruppi con modesta consistenza e grande dispersione dei livelli.

### 5.5 – INCERTEZZA

Il calcolo dell'incertezza viene rivoluzionato, con il passaggio ad un formalismo assai più implicito che probabilmente renderà meno comprensibile il peso dei singoli contributi.

Nella sostanza, accanto alla già accennata introduzione dell'incertezza sui tempi di esposizione, dell'incertezza da campionamento anche per i rumori stazionari e ciclici, e alla modifica dell'entità dell'incertezza strumentale, viene anche cambiato il modo in cui quest'ultima viene trattata. Assumendo infatti che l'incertezza strumentale si manifesti in associazione ad aspetti mutevoli quali l'angolo di incidenza e la composizione spettrale dell'evento, essa non viene scorporata dall'algoritmo di propagazione dell'incertezza, ma inglobata al pari dell'incertezza da posizionamento. Ciò determina una sostanziale riduzione di questo contributo.

Viene completamente cancellata l'incertezza sul picco, che aveva fatto capolino per la prima volta proprio nella UNI 9432:2008 (Appendice C.3).

La norma UNI EN ISO 9612:2010 dovrebbe comunque essere commercializzata corredata di un foglio excel (la ISO 9612 lo è) che semplificherà non poco l'esecuzione di tutti i calcoli previsti nella norma.

Infine, fra le vittime della UNI EN ISO 9612 va annoverato anche il (timidissimo) tentativo di integrare l'incertezza all'interno del criterio di verifica del rispetto o del superamento delle soglie di legge (UNI 9432:2008, Appendice F), la cui sostanza può essere discussa quanto si vuole ma il cui senso è chiarissimo: tradurre in fatti il principio enunciato prima nella direttiva 2003/CE/10 [14] e poi nella legge italiana di recepimento (“*Nell'applicare quanto previsto nel presente articolo – valutazione del rischio – il datore di lavoro tiene conto dell'incertezza delle misure determinate secondo la prassi metrologica*”, D.Lgs 81/2008 art. 190 comma 4) [15]. Poiché la ISO 9612 non è stata concepita come supporto all'applicazione della direttiva 2003/CE/10, manca totalmente il presupposto affinché essa contenga un criterio di rispetto dei limiti. Il fatto che la questione del rispetto dei limiti scompaia dalla norma non significa tuttavia che essa sia stata risolta, ma piuttosto che per l'ennesima volta essa è stata spazzata sotto il tappeto. Maliziosamente si potrebbe notare che anche i redattori della ISO 9612 sono ben consci del problema, avendo inserito un metodo di calcolo dell'incertezza estesa che, attraverso l'adozione di un

intervallo di confidenza monolaterale di fatto presuppone che il risultato debba essere utilizzato per un confronto con dei limiti. Altrimenti, se l'uso dell'incertezza estesa fosse stato quello di confrontare il risultato con altre analoghe determinazioni, l'intervallo di confidenza avrebbe dovuto essere bilaterale.

Si tratta quindi di un nuovo caso (metaforico) di cannabis fumata ma non inalata, sulla falsariga dell'acrobazia verbale coniata dall'ex presidente statunitense Bill Clinton (*"I put it to my lips, but I did not inhale"*).

### **5.6 – LA QUESTIONE DEI DPI**

Per lo stesso identico motivo per il quale la UNI EN ISO 9612 non contiene un criterio di verifica del rispetto (o del mancato rispetto) dei limiti, essa non fa alcuna menzione del ruolo dei DPI. L'approccio è coerente con la sua natura di norma tecnica internazionale, che non può tener conto dell'esigenza di calcolare la riduzione del livello di esposizione giornaliera dovuta ai DPI, introdotta in una direttiva CE che interessa soltanto una parte (ancorchè rilevante) della comunità acustica mondiale.

Poiché tuttavia l'Italia fa parte dell'Unione Europea, noi non possiamo esimerci dal considerare questo problema.

La soluzione, che è poi quella adottata in tutti gli altri paesi europei che hanno già recepito la EN ISO 9612, è di affiancare a questo documento la norma UNI EN 458 [16] che illustra con grande dettaglio come muoversi.

D'altra parte le indicazioni contenute nella UNI 9432:2008 in tema DPI provenivano in gran parte proprio da quest'ultimo documento e quindi nella sostanza cambierà poco. Se poi si riesce a fare lo sforzo di rendere quantitativa, mediante il recupero dei fattori beta presenti nella UNI 9432:2010 (Appendice D), l'indicazione contenuta nel punto 5.3.2 della UNI EN 458 riguardo alla sovrastima dell'attenuazione associata all'uso dei valori nominali dichiarati dal fabbricante, potremmo giungere addirittura ad un punto di arrivo del tutto coincidente con quello di partenza.

## **6. SINTESI**

Il virus ipercinetico che ha aggredito la letteratura tecnica sull'esposizione professionale a rumore non accenna a mollare la presa.

A valle del travagliato recepimento della UNI EN ISO 9612 vedranno infatti la luce nuove edizioni sia delle FAQ del Coordinamento tecnico delle regioni, sia delle linee guida, ex ISPEL adesso presumibilmente INAIL, dato che quest'ultimo istituto è subentrato al soppresso ISPEL in tutte le sue funzioni.

A questo punto però il peggio dovrebbe essere passato, evitando al sottoscritto altre brutte figure, e consentendo a noi tutti di impiegare le nostre energie non più ad inseguire la normativa ma ad applicarla nel modo più ragionevole e quindi proficuo

**7. BIBLIOGRAFIA**

- [1] Coordinamento Tecnico per la Sicurezza delle Regioni e delle Province Autonome & ISPESL, Linee Guida per la Valutazione del Rischio Rumore, 2000
- [2] UNI 9432:2002, Determinazione del livello di esposizione personale al rumore nei luoghi di lavoro
- [3] ISPESL, Linee Guida per la Valutazione del Rischio Rumore, 2005
- [4] Coordinamento Tecnico per la Sicurezza delle Regioni e delle Province Autonome & ISPESL, Decreti Legislativi 187/2005 e 195/2006 sulla prevenzione e protezione dai rischi dovuti all'esposizione a vibrazioni ed a rumore nei luoghi di lavoro - Prime indicazioni applicative, 2007
- [5] UNI 9432:2008, Determinazione del livello di esposizione personale al rumore nei luoghi di lavoro
- [6] Coordinamento Tecnico per la Sicurezza delle Regioni e delle Province Autonome & ISPESL, Decreto Legislativo 81/2008, Titolo VIII Capo I, II e III sulla prevenzione e protezione dai rischi dovuti all'esposizione ad agenti fisici nei luoghi di lavoro - Prime indicazioni applicative, 2008
- [7] Lenzuni P. UNI 9432:2017 – Orizzonti della valutazione dell'esposizione professionale a rumore, Atti del 35° Convegno AIA, Milano, 2008
- [8] ISO 9612:2009 Acoustics – Determination of occupational noise exposure – Engineering method
- [9] UNI EN ISO 9612:2010 Acustica – Determinazione dell'esposizione professionale a rumore – Metodo ingegneristico
- [10] UNI 9432:2010, Determinazione del livello di esposizione personale al rumore nei luoghi di lavoro
- [11] CEI EN 61672-1 Elettroacustica – Misuratori del livello sonoro. Parte 1: Specifiche
- [12] CEI EN 61252 Elettroacustica – Specifiche dei misuratori individuali del livello di esposizione sonora
- [13] Lenzuni P. L'incertezza sui descrittori di esposizione professionale a rumore – dieci anni di normativa tecnica italiana, Atti del 35° Convegno AIA, Milano, 2008
- [14] Direttiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 6 febbraio 2003, sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative alla esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (rumore) - diciassettesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della Direttiva 89/391/CEE, G.U.C.E. 15 febbraio 2003
- [15] Decreto Legislativo n. 81 del 9.4.2008, Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e sicurezza nei luoghi di lavoro, suppl. n.108/L della Gazzetta Ufficiale n. 101 del 30 aprile 2008
- [16] UNI EN 458:2005, Protettori dell'udito – Raccomandazioni per la selezione, l'uso, la cura e la manutenzione - Documento guida

## **8. RINGRAZIAMENTI**

Vorrei ringraziare i lettori scusandomi nei loro confronti per aver riversato in questo testo molti dei contenuti da me già presentati nel convegno *Rumore nei luoghi di lavoro e negli ambienti circostanti* tenutosi a Calenzano nel Febbraio 2010. La mia unica giustificazione è la convinzione che dBa raggiunga una platea di utenti assai più vasta e che quindi, eccezionalmente, sia lecito ripetersi.

## **ESPERIENZE DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO RUMORE NEI CANTIERI EDILI. COMPARAZIONE TRA I LIVELLI ESPOSITIVI DETERMINATI DAL DATORE DI LAVORO ED I CORRISPONDENTI LIVELLI OTTENUTI DAI RILIEVI STRUMENTALI**

**Silvia Goldoni<sup>(1)</sup>, Luigi Roccatto<sup>(1)</sup>, Roberto D'Andrea<sup>(2)</sup>, Stefano Bettati<sup>(3)</sup>**

- (1) Azienda USL di Modena – Dipartimento Sanità Pubblica – SPSAL Area Nord – U.O. Carpi
- (2) Laureando in “Tecniche della prevenzione nell’ambiente e nei luoghi di lavoro” - Facoltà di Medicina e Chirurgia – Università degli Studi di Parma
- (3) Dipartimento di Biochimica e Biologia Molecolare - Università degli Studi di Parma

### **1. PREMESSA**

Il settore delle costruzioni è caratterizzato, durante l’evoluzione del cantiere, dalla presenza di rischi estremamente variabili per natura ed entità; tali rischi possono essere amplificati da altri fattori, quali la compresenza di lavorazioni distinte, la presenza di imprese afferenti a settori diversi tra loro e di personale straniero in misura significativa.

Queste peculiarità dei fattori di rischio sono riscontrabili anche nell’ambito della valutazione dei rischi di natura fisica nei cantieri, ed hanno l’effetto di rendere più complesse le azioni di prevenzione e riduzione del rischio.

Nel presente lavoro sono stati affrontati gli aspetti critici del processo di valutazione dell’esposizione al rumore, ed in particolare la corretta esecuzione delle rilevazioni strumentali in cantiere nonché la giusta definizione dei tempi di esposizione. È stata quindi effettuata l’analisi comparativa tra i livelli di esposizione settimanale valutati dai datori di lavoro ed i livelli ottenuti dai valori misurati.

L’esame dei dati e delle informazioni raccolte ha messo in evidenza due elementi rilevanti ed entrambi critici: da un lato una tendenza alla “sottostima” dei livelli di esposizione al rumore da parte dei datori di lavoro, dall’altro la presenza di documenti di valutazione del rischio rumore in linea generale carenti, soprattutto dal punto di vista della descrizione delle condizioni del cantiere (contesto ambientale, macchine ed attrezzature, organizzazione del lavoro), la cui presenza consentirebbe di contestualizzare il livello espositivo attribuito ai lavoratori.

### **2. ESPERIENZE DI MISURE DI RUMORE IN EDILIZIA**

Tra le misure di tutela che il datore di lavoro è tenuto ad attuare ai fini della protezione dei lavoratori contro i rischi da esposizione a rumore, elemento fondamentale è rappresentato dalla valutazione del rischio per identificare i lavoratori, le situazioni, le attrezzature ed i luoghi di lavoro a rischio;

successivamente devono quindi essere individuate le misure di prevenzione e protezione dei lavoratori da attuare.

Occorre sottolineare che la valutazione del rischio rumore è una fase molto delicata del processo di prevenzione ed è, pertanto, da affidare a persone esperte e competenti: gli errori commessi nella valutazione del rischio, infatti, oltre a comportare sanzioni, se rilevati dall'organo di vigilanza, potrebbero avere ricadute sulle misure di tutela dei lavoratori attuate. In caso di sottostima della reale esposizione il lavoratore si troverebbe non sufficientemente protetto; al contrario, in caso di sovrastima, il datore di lavoro si troverebbe ad attuare misure eccessive ed inutili rispetto a quelle previste dalla normativa.

Nell'ambito del presente lavoro, sono stati presi in considerazione cinque cantieri edili siti in provincia di Modena; le fasi operative affrontate sono di seguito sintetizzate:

- rilievi strumentali e raccolta dati (in cantiere):
  - a) acquisizione dei dati descrittivi del cantiere;
  - b) acquisizione di informazioni relative ai tempi di esposizione;
  - c) acquisizione del documento di valutazione del rischio rumore (o del POS);
  - d) rilievi strumentali;
- elaborazione ed analisi dei dati e delle informazioni acquisite:
  - a) calcolo del  $Lex,w$ ;
  - b) comparazione tra i  $Lex,w$  calcolati ed i corrispondenti valutati dal datore di lavoro.

## 2.1 – STRUMENTAZIONE E METODO

Per le misure è stato utilizzato un fonometro Bruel & Kjaer 2230, opportunamente tarato e sul quale è stata eseguita la prevista calibratura.

Prima di eseguire le misure in cantiere, sono state individuate le lavorazioni in atto al momento dell'accesso ed i lavoratori esposti; questi ultimi sono stati intervistati al fine di determinare la settimana peggiorativa di esposizione al rumore nell'arco dell'ultimo anno di lavoro.

Sulla base delle informazioni raccolte dai lavoratori, sono state quindi individuate le attrezzature/lavorazioni su cui eseguire i rilievi strumentali, nonché i relativi tempi di esposizione, al fine del calcolo del livello di esposizione settimanale ( $Lex,w$ ).

A tal fine, successivamente è stato utilizzato un foglio di calcolo per determinare il livello di esposizione settimanale di ogni lavoratore.

## 2.2 – I CANTIERI E LE LAVORAZIONI OGGETTO DELL'INDAGINE

Sono stati presi in considerazione cinque cantieri edili, situati nelle città di Carpi e di Modena, di cui si riporta nella **Tabella 1** una sintetica descrizione:

Per ogni cantiere, di seguito si riportano nel dettaglio le misure eseguite ed i livelli di esposizione calcolati.

**Tabella 1:** cantieri edili

N°	Attività	N° lavoratori	Lavorazioni in corso
1	Costruzione palazzina	2	Pavimentazione e intonaci
2	Costr. locale interrato	3	Demolizioni e scavi
3	Costruzione asilo	2	Muratura
4	Costruzione palazzina	3	Montaggio tubi gas e sistemazione materiali
5	Costruzione palazzina	2	Carpenteria e muratura

## 2.3 – LE MISURE

### 2.3.1 – Cantiere 1

Al momento del sopralluogo le attività svolte all'interno del cantiere di costruzione di una palazzina erano:

1. realizzazione di pavimentazione a caricatura;
2. realizzazione di intonaci interni.

La pavimentazione a caricatura consiste nella stesura di polvere di cemento sulla superficie da pavimentare, nel posizionamento manuale delle piastrelle ed infine nella battitura meccanica delle piastrelle.

Le attrezzature utilizzate dal lavoratore addetto alla pavimentazione erano:

- flessibile o smerigliatrice angolare per 15 minuti al giorno per tagliare e/o modificare, secondo le esigenze, le piastrelle;
- battipiastrelle o battitrice, per 45 minuti al giorno per battere le piastrelle sulla superficie, dopo essere state posizionate manualmente dal lavoratore.

L'attività di realizzazione di intonaci interni comportava l'utilizzo della macchina "intonacatrice" per 240 minuti al giorno; la macchina, una volta azionata, mescolava rapidamente l'impasto caricato manualmente, successivamente il flusso di aria compressa spingeva lo stesso impasto attraverso la tubazione sulla superficie da intonacare. Ad impasto secco, il lavoratore effettuava la levigazione manuale della parete attraverso un'altra attrezzatura chiamata "grattino", per la durata di 180 minuti al giorno.

Nella **Tabella 2** sono riportati i valori misurati, i valori calcolati di esposizione settimanale, i valori di esposizione al rumore attribuiti nell'ambito del documento di valutazione del rischio.

Per quanto riguarda il pavimentatore, la fascia di rischio coincide sia per le misure da noi attuate, sia per i dati riportati nel POS, ovvero viene collocato nella fascia di rischio superiore a 87dB(A). Diverso è il caso dell'intonacatore che, secondo il  $Lex,w$  calcolato, viene collocato nella fascia di rischio superiore a 87dB(A), mentre il  $Lex,w$  riportato sul POS colloca il lavoratore in una fascia di rischio compresa tra 80 e 85dB(A).



**Tabella 2:** valori

PAVIMENTATORE				
Sorgente	LA,eq (dB(A))	Te week (minuti)	Lex,w calcolato (dB(A))	Lex,w da POS (dB(A))
Flessibile	101,4	75	95,0	96,2
Battitrice	104,6	225		
Rumore di cantiere	66,0	2100		
INTONACATORE				
Sorgente	LA,eq (dB(A))	Te week (minuti)	Lex,w calcolato (dB(A))	Lex,w da POS (dB(A))
Intonacatrice	93,0	1200	90,0	81,4
Grattino	73,5	900		
Rumore di cantiere	66,0	300		

### 2.3.2 – Cantiere 2

Al momento del sopralluogo le attività svolte all'interno del cantiere di costruzione di un locale interrato erano:

1. realizzazione di scavi mediante escavatore con martello demolitore;
2. realizzazione di scavi mediante escavatore con pala, per la successiva sistemazione dei materiali di scarto della precedente demolizione.

I lavoratori presenti erano 3, di cui 2 operatori addetti alle macchine scavatrici, mentre il terzo si occupava dell'organizzazione dei lavori (assistente di cantiere). L'uso dell'escavatore con martello demolitore è risultato di 30 ore nell'arco della settimana, mentre nel caso dell'escavatore con pala l'uso è risultato di 35 ore settimanali.

Nella **Tabella 3** sono riportati i valori misurati, i valori calcolati di esposizione settimanale, i valori di esposizione al rumore attribuiti nell'ambito del documento di valutazione del rischio.

Per i due escavatoristi, i dati del POS indicano Lex,w inferiori a 80dB(A); i Lex,w calcolati sperimentalmente evidenziano una differenza nel caso dell'escavatore con martello demolitore che viene collocato invece nella fascia tra 80 e 85dB(A).

Il livello di esposizione a rumore dell'assistente di cantiere viene collocato sia dal POS che dal Lex,w calcolato nella fascia di rischio tra 80 e 85dB(A).

Esiste una rilevante differenza tra l'esposizione del lavoratore addetto all'uso della pala rispetto a quello addetto all'uso del martello demolitore. Considerato che entrambi i mezzi sono dotati di cabina e che le misure sono state effettuate a cabina chiusa, è evidente che l'attenuazione prodotta da una cabina è significativamente migliore rispetto all'altra.

**Tabella 3:** valori

ESCAVATORISTA CON MARTELLO DEMOLITORE				
Sorgente	LA,eq (dB(A))	Te week (minuti)	Lex,w calcolato (dB(A))	Lex,w da POS (dB(A))
Escavatore con martello	82,3	1920	83,0	< 80,0
Rumore di cantiere	85,0	480		

ASSISTENTE DI CANTIERE				
Sorgente	LA,eq	Te week (minuti)	Lex,w calcolato (dB(A))	Lex,w da POS (dB(A))
Rumore di cantiere	85,0	2400	85,0	81,2
ESCAVATORISTA CON PALA				
Sorgente	LA,eq (dB(A))	Te week (minuti)	Lex,w calcolato (dB(A))	Lex,w da POS (dB(A))
Escavatore con pala	69,3	2100	76,7	< 80,0
Rumore di cantiere	85,0	300		

**2.3.3 – Cantiere 3**

Al momento del sopralluogo le attività svolte all'interno del cantiere di costruzione di un asilo erano:

1. realizzazione di muratura e di piccole demolizioni finalizzate al montaggio degli infissi e degli impianti
2. sistemazione dei materiali esterni mediante l'uso di muletto.

Il lavoratore addetto alla realizzazione della muratura ed alle piccole demolizioni utilizzava il martello demolitore per 30 minuti al giorno, mazzetta e scalpello per 5 minuti al giorno.

Per quanto riguarda il lavoratore addetto alla movimentazione materiali con muletto, questo utilizzava il muletto per 40 minuti al giorno, mentre per 60 minuti al giorno si occupava della demolizione di muri per mezzo di un martello demolitore. Per il restante tempo risultava esposto al rumore di cantiere.

Nella **Tabella 4** sono riportati i valori misurati, i valori calcolati di esposizione settimanale, i valori di esposizione al rumore attribuiti nell'ambito del documento di valutazione del rischio.

**Tabella 4:** valori

MURATORE				
Sorgente	LA,eq (dB(A))	Te week (minuti)	Lex,w calcolato (dB(A))	Lex,w da POS (dB(A))
Martello demolitore	98,6	150	87,0	84,7
Mazzetta e scalpello	94,6	25		
Rumore di cantiere	73,3	2225		
ADDETTO ALLA MOVIMENTAZIONE MATERIALI				
Sorgente	LA,eq (dB(A))	Te week (minuti)	Lex,w calcolato (dB(A))	Lex,w da POS (dB(A))
Muletto (Merlo)	79,7	200	89,7	84,1
Martello demolitore	98,6	300		
Rumore di cantiere	73,3	1900		

Secondo il Lex,w calcolato, i due lavoratori rientrano nella fascia di rischio superiore agli 87 dB(A); viceversa i dati ottenuti dal POS collocano i due lavoratori nella fascia di rischio tra 80 e 85 dB(A).

Si osserva che, per quanto riguarda l'addetto alla movimentazione materiali, sono state eseguite le misure sia a cabina aperta che a cabina chiusa. Nel primo caso si è ottenuto un Leq,A di 80,6 dB(A), nel secondo caso di 79,7 dB(A); questo dato evidenzia come, in questo caso, la cabina non offra sostanzialmente nessun tipo di attenuazione del rumore per l'operatore.

#### 2.3.4 – Cantiere 4

Al momento del sopralluogo le attività svolte all'interno del cantiere di costruzione di una palazzina erano:

1. montaggio tubazioni dell'impianto del gas;
2. movimentazione/sistemazione dei materiali da cantiere.

I lavoratori presenti erano 3, di cui un idraulico addetto alla realizzazione dell'impianto del gas, un gruista addetto alla movimentazione/sistemazione dei materiali in cantiere, mentre il terzo si occupava dell'organizzazione dei lavori (assistente di cantiere). Il gruista e l'assistente di cantiere, oltre alle proprie mansioni, svolgevano anche semplici lavorazioni in ausilio agli altri operai.

Le attrezzature utilizzate dall'idraulico erano:

- flessibile, per il taglio dei tubi in rame o in ferro, utilizzato per 120 minuti al giorno;

- saldatrice, per saldare tra loro i tubi, utilizzata per 120 minuti al giorno,;
- trapano, per eseguire fori, utilizzato per 30 minuti al giorno,.

Come precisato sopra, il gruista, oltre a movimentare i materiali mediante la gru di cantiere, in ausilio agli altri operai svolgeva semplici lavorazioni, in particolare utilizzando il trapano per 180 minuti al giorno.

Analogamente anche l'assistente di cantiere svolgeva semplici lavorazioni, utilizzando flessibile, mazzetta e scalpello, per 60 minuti al giorno.

Nella **Tabella 5** sono riportati i valori misurati, i valori calcolati di esposizione settimanale, i valori di esposizione al rumore attribuiti nell'ambito del documento di valutazione del rischio.

**Tabella 5:** valori

IDRAULICO				
Sorgente	LA,eq (dB(A))	Te week (minuti)	Lex,w calcolato (dB(A))	Lex,w da POS (dB(A))
Flessibile	97,4	600	91,6	76,6
Saldatrice	70,3	600		
Trapano	90,0	150		
Rumore di cantiere	72,8	1050		
GRUISTA				
Sorgente	LA,eq (dB(A))	Te week (minuti)	Lex,w calcolato (dB(A))	Lex,w da POS (dB(A))
Rumore di cantiere	72,8	1500	86,0	73,6
Trapano	90,0	900		
ASSISTENTE DI CANTIERE				
Sorgente	LA,eq (dB(A))	Te week (minuti)	Lex,w calcolato (dB(A))	Lex,w da POS (dB(A))
Rumore di cantiere	72,8	1800	92,2	86,6
Flessibile	99,4	300		
Mazzetta e scalpello	96,4	300		

Per tutti i lavoratori la fascia di rischio risulta essere quella superiore ai 87dB(A); mentre nel caso dell'assistente di cantiere coincide con quella indicata dal POS, nel caso dell'idraulico e del gruista la fascia di rischio indicata era quella inferiore a 80dB(A), con una evidente sottostima del rischio.

### 2.3.5 – Cantiere 5

Al momento del sopralluogo le attività svolte all'interno del cantiere di costruzione di una palazzina erano:

1. lavorazioni varie di carpenteria;
2. realizzazione dei muri interni della palazzina.

Le attrezzature di lavoro utilizzate dal carpentiere erano:

- sega elettrica, utilizzata per 30 minuti al giorno;
- martello demolitore, utilizzato per 10 minuti al giorno;
- trapano, utilizzato per 30 minuti al giorno;
- flessibile, utilizzato per 10 minuti al giorno.

Le attrezzature di lavoro utilizzate dal muratore consistevano in:

- clipper da mattoni, utilizzata per 30 minuti al giorno, per tagliare o modificare i mattoni;
- flessibile, utilizzato per 120 minuti al giorno.

**Tabella 6:** valori

CARPENTIERE				
Sorgente	LA,eq (dB(A))	Te week (minuti)	Lex,w calcolato (dB(A))	Lex,w da POS (dB(A))
Sega elettrica	94,6	150	89,1	88,0
Martello demolitore	95,0	50		
Trapano	93,5	150		
Flessibile	103,0	50		
Rumore di cantiere	73,3	2000		
MURATORE				
Sorgente	LA,eq (dB(A))	Te week (minuti)	Lex,w calcolato (dB(A))	Lex,w da POS (dB(A))
Clipper	106,2	150	98,8	85,1
Flessibile	103,0	600		
Rumore di cantiere	73,3	1650		

Nella **Tabella 6** sono riportati i valori misurati, i valori calcolati di esposizione settimanale, i valori di esposizione al rumore attribuiti nell'ambito del documento di valutazione del rischio.

Per il cantiere in esame, secondo i dati ottenuti sperimentalmente, i lavoratori risultano esposti ad un  $L_{ex,w}$  superiore ad 87 dB(A). Relativamente all'esposizione del muratore, si evidenzia una significativa differenza del  $L_{ex,w}$  calcolato sperimentalmente rispetto a quello individuato dal POS, mentre risultano decisamente allineati tra loro i due valori relativi alla mansione del carpentiere.

**3. COMPARAZIONE TRA I LIVELLI ESPOSITIVI MISURATI ED I CORRISPONDENTI DETERMINATI DAL DATORE DI LAVORO NELL'AMBITO DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO**

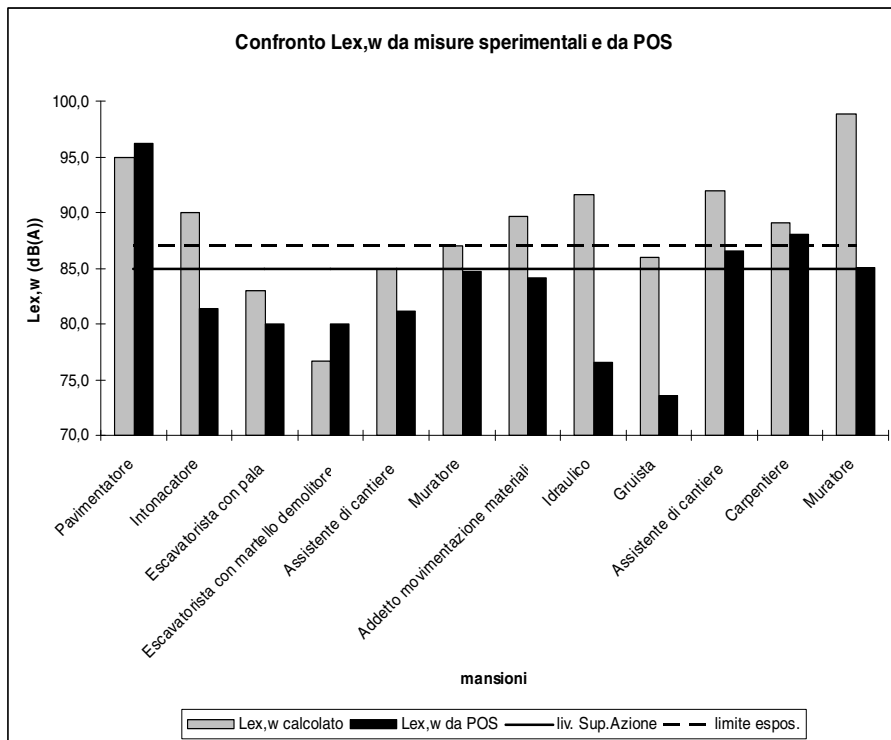
**Tabella 7:** livelli di esposizione settimanale

Cantiere	Lavorazioni/mansione	$L_{ex,w}$ calcolato	$L_{ex,w}$ da POS	Confronto
1	Pavimentatore	95,0 dB(A)	96,2 dB(A)	Stessa classe di rischio
	Intonacatore	90,0 dB(A)	81,4 dB(A)	Sottostima del rischio
2	Escavatorista con pala	83,0 dB(A)	< 80 dB(A)	Sottostima del rischio
	Escavatorista con martello demolitore	76,7 dB(A)	< 80 dB(A)	Stessa classe di rischio
	Assistente di cantiere	85,0 dB(A)	81,2 dB(A)	Stessa classe di rischio
3	Muratore	87,0 dB(A)	84,7 dB(A)	Sottostima del rischio
	Addetto movim. materiali	89,7 dB(A)	84,1 dB(A)	Sottostima del rischio
4	Idraulico	91,6 dB(A)	76,6 dB(A)	Sottostima del rischio
	Gruista	86,0 dB(A)	73,6 dB(A)	Sottostima del rischio
	Assistente di cantiere	92,2 dB(A)	86,6 dB(A)	Sottostima del rischio
5	Carpentiere	89,1 dB(A)	88,0 dB(A)	Stessa classe di rischio
	Muratore	98,8 dB(A)	85,1 dB(A)	Sottostima del rischio

Nella **Tabella 7** sono riassunti i livelli di esposizione settimanale, con riferimento alla settimana peggiorativa, dei lavoratori presenti in ognuno dei cantieri visitati.

Tali valori sono posti a confronto con i corrispettivi valori di esposizione settimanale individuati dai datori di lavoro nell'ambito della valutazione del rischio (POS del cantiere).

Su 12 valori di  $Lex,w$ , 8 sono i casi in cui il datore di lavoro ha sottostimato l'esposizione dei lavoratori, mentre nei restanti casi la classe di rischio individuata sulla base dei rilievi strumentali coincide con quella attribuita dal POS. In nessun caso il datore di lavoro ha sovrastimato l'esposizione dei lavoratori.



Come anticipato in premessa, la difficoltà di effettuare la valutazione del rischio rumore in un cantiere edile, data la variabilità e l'evoluzione dello stesso, è del tutto evidente.

Un altro aspetto critico è rappresentato dalla determinazione di tempi di esposizione alle lavorazioni/attrezzature rumorose, relativamente alla situazione di peggiore esposizione del lavoratore; uno degli errori più comuni è infatti quello di considerare come tempo di esposizione quello derivante da una singola esposizione "diluita" sull'arco dell'anno o, comunque, su tempi molto lunghi. La determinazione del  $Lex,8h$  o del  $Lex,week$ , dai quali discende la determinazione delle misure di prevenzione e protezione in relazione al superamento o meno dei livelli di azione, non può essere basato su esposizioni "medie" o ponderate nel tempo.

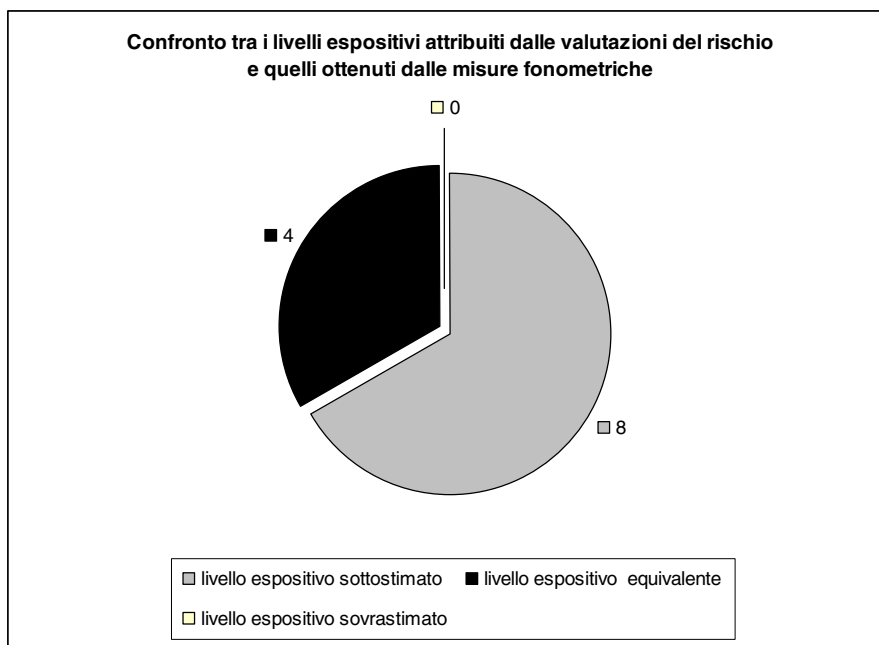
Rispetto all'esperienza presentata in questo lavoro, si sottolinea inoltre che i documenti di valutazione del rumore relativi ai cantieri oggetto di indagine, sono risultati per lo più privi di riferimenti atti a descrivere le "condizioni" del cantiere al momento della valutazione del rischio; pertanto i dati ottenuti al momento della valutazione del rischio da parte del datore di lavoro e quelli ottenuti dall'indagine fonometrica, potrebbero non essere confrontabili in quanto frutto di contesti molto diversi.

A tal proposito durante l'indagine si è rilevato che i documenti di valutazione del rischio rumore non risultano descrivere le specifiche attività dei cantieri, come dovrebbe essere, al contrario abitualmente il datore di lavoro si avvale di un unico documento per cantieri anche molto diversi tra loro per lavorazioni svolte, attrezzature presenti e contesto ambientale.

#### 4. CONSIDERAZIONI FINALI

I risultati di queste valutazioni confermano che l'esposizione a rumore dei lavoratori del settore costruzioni/edilizia rappresenta un rischio importante e caratterizzato da un'estrema variabilità, ed evidenziano come tale variabilità possa portare alla determinazione di livelli di esposizione che si discostano, anche in modo significativo, da quelli reali.

In particolare l'analisi evidenzia una tendenza alla sottostima dei livelli di esposizione (8 casi su 12), esponendo i lavoratori a misure di tutela inadeguate al livello di rischio.





I datori di lavoro ed i tecnici, cui viene affidato il compito di effettuare un'indagine sulla esposizione al rumore, devono indirizzare la valutazione sulle condizioni di peggiore esposizione a rumore, tenendo conto del contesto ambientale che caratterizza i cantieri oggetto di valutazione, delle condizioni di manutenzione delle attrezzature, della compresenza di altre lavorazioni e dei "reali" tempi di esposizione.

## **5. BIBLIOGRAFIA**

- Decreto Legislativo 9 aprile 2008 , n. 81 "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro." e s.m.i.
- UNI 9432: 2008 "Esposizione al rumore nell'ambiente di lavoro"
- "L'Esposizione a rumore in edilizia - Indirizzi per la Prevenzione del Rischio" a cura di Azienda Provinciale per i Servizi Sanitari - Provincia Autonoma di Trento - Unità Operativa Igiene e Medicina del Lavoro - Nucleo di Medicina del Lavoro - maggio 1999
- **dB<sub>A</sub><sub>incontri</sub>2003** "Metodologie e interventi tecnici per la riduzione del rumore negli ambienti di lavoro", atti a cura di O.Nicolini, P.Nataletti, A. Peretti, 2003
- **dB<sub>A</sub> 2006** - "Rischi fisici negli ambienti di lavoro – Volume 1: Rumore e vibrazioni", atti a cura di O.Nicolini, P.Nataletti, A. Peretti, 2006

## **DEFINIZIONE DI UN MODELLO PER LA DETERMINAZIONE DEL VALORE DI ESPOSIZIONE AL RUMORE NEL SETTORE EDILE E SUA VALIDAZIONE SUL CAMPO.**

### **PRIMI RISCONTRI**

**Fabrizia De Ruvo<sup>(1)</sup>, Nino Della Vecchia<sup>(2)</sup>, Paolo Lenzuni<sup>(3)</sup>, Omar Nicolini<sup>(2)</sup>**

(1): Laureanda Università di Bologna, Dipartimento di Fisica

(2): Azienda USL Modena- Dipartimento di Sanità Pubblica – Servizio Prevenzione Sicurezza Ambienti di Lavoro

(3): INAIL, Firenze

### **1-PREMESSA**

Il panorama normativo italiano riguardante l'esposizione professionale agli agenti fisici ha subito negli ultimi anni notevoli innovazioni per il recepimento di quattro nuove direttive europee sulle vibrazioni (Direttiva 2002/44/CE), sul rumore (Direttiva 2003/10/CE), sui campi elettromagnetici (Direttiva 2004/40/CE) e sulle radiazioni ottiche artificiali (Direttiva 2006/25/CE). Inoltre, queste quattro direttive sono tutte confluite nel più complessivo aggiornamento della legislazione intervenuto con l'emanazione del DLgs.81/2008, recentemente integrato e corretto dal DLgs.106/2009, comprendente, tra l'altro, il Titolo I e il Capo I del Titolo VIII con disposizioni di generale applicazione ed efficacia sanzionatoria anche sugli agenti fisici.

In generale ciascuna di queste direttive richiede alle aziende di provvedere all'eliminazione o alla riduzione dei rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori mediante una sequenza di azioni che vengono comunemente ricondotte a quattro fasi fondamentali:

- valutare il rischio, identificando fonti ed esposti e provvedendo a definire un organico piano di interventi con misure tecniche, organizzative e di protezione individuale;
- attuare le misure pianificate;
- garantire il controllo della salute dei lavoratori mediante un medico competente per verificare a livello individuale e collettivo l'efficacia degli interventi attuati;
- attivare azioni specifiche di informazione, formazione e addestramento dei lavoratori per promuoverne corretti comportamenti di autotutela.

Con particolare riferimento agli agenti fisici e pur con differenze tra un agente di rischio e l'altro, le modalità di valutazione, quando questa non si esaurisce in una semplice "giustificazione" dove non servono particolari approfondimenti, prevedono la possibilità di determinare i livelli di esposizione a partire dai dati forniti dai produttori, dai dati disponibili in letteratura, ovvero mediante misurazioni.

Questi valori, spesso mediante opportuni calcoli, possono essere confrontati con i valori di riferimento previsti per ciascun agente fisico al fine di determinare i livelli di tutela da garantire ai diversi lavoratori.

E' tuttavia esperienza comune che i dati reperiti presso i produttori o in letteratura raramente sono esaustivi delle situazioni di rischio verificabili nelle diverse aziende ed anche quando sono presenti, per le modalità con le quali sono ottenuti, raramente descrivono con sufficiente approssimazione i livelli di esposizione dei lavoratori sul campo. Questa situazione ha portato ad un generale incremento nel ricorso alle misurazioni strumentali che se da un lato garantiscono la migliore descrizione dei quadri di rischio dei lavoratori dell'azienda, dall'altro rappresentano un onere economico rilevante per il sistema produttivo che non si concretizza con altrettanto rilevanti ricadute preventive.

Partendo probabilmente da queste considerazioni il DLgs.81/2008 (e precisamente all'art.29, commi 5 e 6) ha introdotto la previsione che alle aziende fino a 50 occupati sarà consentito effettuare la valutazione di alcune tipologie di rischi, compresi quelli da agenti fisici, mediante procedure standardizzate che dovrebbero essere approvate dalla Commissione consultiva permanente per la salute e sicurezza sul lavoro prevista all'art.6 dello stesso provvedimento entro il 31/12/2012.

Le aziende si trovano dunque a far fronte a nuovi ed importanti obblighi di valutazione e gestione del rischio mentre gli strumenti che lo stesso decreto prospetta non sono ancora al momento disponibili e neppure è pensabile che esse vengano formulate all'ultimo minuto, senza una adeguata previsione tecnica.

Il presente lavoro, che è parte di un progetto nazionale finanziato dal Ministero della Salute-CCM volto allo sviluppo e all'adeguamento di banche dati per supportare la valutazione del rischio da agenti fisici negli ambienti di lavoro, si è prefisso di identificare una modalità di determinazione dei livelli di esposizione a rumore, gestibile dai Responsabili dei Servizi di Prevenzione e Protezione (R-SPP) sulla base di un numero ridotto di variabili.

In pratica l'obiettivo che ci si è posti è stato quello di definire un algoritmo che consenta la previsione dei  $L_{EX}$  dei lavoratori a partire dalle banche dati disponibili, o che saranno in futuro rese disponibili, validandolo sul campo per confronto con i  $L_{EX}$  ricostruiti sulla base di misurazioni e interviste e cercando di superare quegli errori che sinora hanno reso poco affidabili questa modalità di previsione dei livelli espositivi a rumore.

Come primo settore si è deciso di prendere a riferimento il settore delle costruzioni soprattutto per l'esistenza di importanti lavori (banche dati, pubblicazioni, approfondimenti) messi a disposizione in particolare da diversi CPT (Comitati Paritetici Territoriali) e specialmente dal CPT di Torino.

Una volta testato positivamente nel settore edile, si valuterà la possibilità di estendere la metodologia previsionale anche agli altri settori produttivi.

## **2-LIVELLI DI ESPOSIZIONE A RUMORE IN EDILIZIA**

Il settore delle costruzioni (i cosiddetti cantieri temporanei o mobili) ha caratteristiche che lo contraddistinguono dagli altri settori lavorativi anche per ciò che concerne la prevenzione dei rischi da lavoro. Ad esempio, tali rischi sono estremamente variabili per natura ed entità durante l'evoluzione del cantiere o sono resi più complessi per il susseguirsi di diverse lavorazioni, per l'esposizione dei

luoghi di lavoro agli agenti atmosferici e per la compresenza di diverse imprese ciascuna con una propria impostazione nella politica di tutela della salute e sicurezza.

Queste caratteristiche, che in generale rendono più difficile l'azione di prevenzione, si riscontrano anche per quanto riguarda il rischio rumore e la sua valutazione.

L'osservazione dei documenti di valutazione del rischio rumore in edilizia permette di affermare che, in particolare, la definizione dei livelli di esposizione al rumore (spesso erroneamente definita "valutazione del rischio") è avvenuta troppo frequentemente in modo arbitrario, troppo spesso ampiamente sottostimando gli effettivi valori di esposizione.

In contrasto con le risultanze di tanti documenti di valutazione, è noto invece che il problema dell'esposizione a rumore in edilizia, benché in maniera piuttosto variabile, è consistente e che l'incidenza delle malattie professionali in rapporto al numero di occupati è tra le maggiori in assoluto.

Per la definizione dei livelli di esposizione a rumore dei lavoratori, in edilizia come negli altri settori produttivi, la legislazione attuale mette a disposizione due uniche modalità operative:

- il calcolo dei  $L_{EX}$  a partire dai dati misurati sulle attrezzature aziendali e dai tempi di esposizione riferiti alla settimana ricorrente a massimo rischio;
- l'assegnazione di un livello di esposizione nella classe di massimo rischio (oltre 85 dB(A) di  $L_{EX}$  o 137 dB(C) di  $L_{picco,C}$ ).

La prima modalità di definizione dei livelli di esposizione è certamente la più precisa possibile, andando ad integrare per ciascuna azienda i livelli di rischio delle proprie attrezzature con i tempi di esposizione del proprio modo di lavorare.

La seconda modalità invece è una semplificazione, per questo necessariamente cautelativa, che punta ad incentrare la valutazione sulle azioni per il contenimento del rumore.

Nonostante la chiarezza con cui la legislazione limita le modalità di determinazione dei livelli di esposizione a rumore ai due suddetti sono ancora molte le voci che sostengono modalità di altro tipo, in particolare mediante il ricorso a valori disponibili in banche dati e proprio con specifico riferimento al settore delle costruzioni, tanto che anche tra gli operatori degli organi di vigilanza è diffusa una sorta di accettazione di questa modalità di "valutazione" (in realtà: il sottoinsieme della valutazione del rischio che determina il livello di esposizione professionale al rischio rumore).

Uno dei principali motivi addotti a sostegno della determinazione dei livelli di esposizione a rumore da banche dati è l'estrema differenziazione dei livelli di rumore ( $L_{Aeq}$ ) da cantiere a cantiere, da lavorazione a lavorazione, da momento a momento, talmente variabili da rendere sostanzialmente impossibile la determinazione di  $L_{EX}$  (medi) ragionevolmente attendibili.

Questo convincimento è principalmente frutto di due visioni, spesso volutamente, distorte.

La prima visione erronea riguarda l'obiettivo della valutazione che non è quello di determinare un livello di esposizione media su periodi lunghi (la legislazione richiede periodi di osservazione giornalieri o, al massimo settimanali), ma quello di stabilire valori prudenziali di riferimento (situazione ricorrente a massimo rischio)

sulla base dei quali attivare le misure di prevenzione e protezione collettive e personali volte a prevenire l'insorgenza di ipoacusie professionali.

Una corretta valutazione del rischio non deve quindi necessariamente soffermarsi sulle numerosissime condizioni espositive, ma solo su quelle che conducono ai  $L_{EX}$  più elevati e su questi stabilire:

- l'obbligo o meno a redigere il Piano aziendale di riduzione dell'esposizione a rumore;
- il mettere a disposizione i DPI-uditivi e/o l'obbligo a richiederne l'uso;
- l'esigenza di attivare l'informazione e la formazione sul rischio;
- l'opportunità o l'esigenza di attivare la sorveglianza sanitaria.

La seconda visione erronea interpreta una lettura speculativa e puramente burocratica della valutazione del rischio, fatta di numeri e fogli che nulla debbono poi comportare in termini di impegno al controllo tecnico od organizzativo del rischio. Ecco allora che l'analisi delle modalità operative ai fini dell'identificazione delle condizioni di rischio sulle quali effettuare le misurazioni vengono viste come una inutile (e onerosa) attività e non già come l'unico modo per comprendere davvero ciò che comporta rischi per la salute con l'obiettivo di rimuoverne le cause. In definitiva, pare di capire, non si ricerca tanto di evitare le misurazioni acustiche quanto di evitare di identificare ciò che si può fare per controllare l'esposizione, invocando il ricorso generalizzato ai dispositivi di protezione individuale come unica modalità di intervento possibile.

A parere di chi scrive il giudizio complessivo sulle "valutazioni del rischio" mediante il ricorso a banche dati per quanto sinora riscontrato sul campo è assolutamente negativo perché ha portato a sottostime del rischio ancor più evidenti rispetto alle valutazioni con misure (con valori di  $L_{EX}$  spesso inferiori agli 80 dB(A)) paradossalmente sempre accompagnati da sorveglianza sanitaria e obbligo generalizzato all'uso dei DPI uditivi) ed ha annullato quasi completamente l'attuazione di soluzioni per il controllo tecnico od organizzativo del rischio. La metodologia può però essere utilizzata a patto di ricercare sistemi in grado di bilanciare l'approssimazione del metodo con una lettura prudenzialmente cautelativa della realtà e tale da orientare i comportamenti delle aziende alle azioni per il contenimento del rumore.

### 3-LE BASI DEL MODELLO

Come già anticipato, il progetto si è prefisso, come obiettivo principale, di mettere a punto un modello previsionale per la determinazione dei valori di esposizione al rumore degli addetti del settore edile. Il modello è stato sviluppato in modo tale da consentirne un semplice utilizzo da parte del Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione (R-SPP) nel contesto della redazione del Documento di valutazione del Rischio. Questa metodologia di previsione dei livelli espositivi, se recepita dalla Commissione consultiva permanente per la salute e sicurezza sul lavoro ex art.6 del DLgs.81/2008, rappresenterebbe un'utile alternativa alla esecuzione di misurazioni acustiche sul campo.

La validazione di questo modello è stata affidata al confronto tra valori previsti e valori ottenuti sperimentalmente a partire da analisi delle condizioni espositive (interviste ai lavoratori esposti con la collaborazione degli R-SPP o dei Capi cantiere) e da misurazioni acustiche.

Il modello in questione consiste di un semplice algoritmo che lega il livello di esposizione settimanale previsto ad un numero limitato di quantità ritenute acusticamente rilevanti in un cantiere. L'esame congiunto di precedenti analisi relative ad ambienti lavorativi (si vedano in particolare [1], [2], [3], [4]) e dei risultati della nostra campagna di misurazioni svolta nel mese di marzo – giugno 2010 nell'area modenese, ha condotto ad identificare sei quantità di possibile significatività, ovvero

1. il tempo d'uso delle attrezzature rumorose eventualmente presenti  $T_R$ ;
2. il tempo d'uso delle attrezzature molto rumorose eventualmente presenti  $T_M$ ;
3. lo stato di manutenzione di tali attrezzature  $M$ ;
4. la qualità delle bonifiche acustiche eseguite nell'ambiente di lavoro  $Q$ .
5. la percentuale dell'esposizione in ambienti o con apparecchiature interessati da bonifiche acustiche  $B$ ;
6. il riverbero presente nell'ambiente di lavoro  $A$ .

Tali quantità sono state valutate su scale qualitative, tipicamente mediante categorie quali nullo, scarso, medio, forte, ecc. Tali categorie sono state successivamente trasferite senza alcuna perdita di generalità su una scala ordinale lineare 0, 1, 2, 3.... La **Tabella 1** riassume il quadro indicando anche i criteri seguiti per la valutazione delle singole quantità.

#### 4 – DATI RACCOLTI

Per ciascun lavoratore indagato si sono inizialmente sottoposti al giudizio del R-SPP (o del Capo cantiere) i fattori correttivi del modello ottenendone quindi una loro valutazione indipendente da quella successivamente ricostruita sulla base dell'intervista condotta al lavoratore esposto (vedi paragrafo successivo).

La definizione più precisa del  $L_{EX}$  dei singoli esposti ha previsto innanzitutto un'intervista rivolta ai diversi addetti oggetto di indagine e finalizzata all'identificazione delle condizioni espositive ricorrenti a massimo rischio dando quindi per scontata una esposizione estremamente variabile (condizione questa ampiamente confermato sul campo).

Dal punto di vista operativo l'intervista del lavoratore (con l'aiuto del R-SPP o del Capo cantiere), certamente la fase più impegnativa svolta sul campo, ha puntato ad evidenziare con un'indagine retrospettiva dell'ultimo anno lavorativo (dopo aver verificato che l'esposizione pregressa fosse anche quella che ragionevolmente ci si poteva attendere in futuro), i tempi impegnati nelle attività più rumorose presenti nella settimana ricorrente a massimo rischio, definita (in caso di estrema

diversificazione delle condizioni espositive) come la terza settimana peggiore dell'anno<sup>1</sup>..

**Tabella 1:** Definizione e quantificazione delle quantità in input nel modello previsionale

Quantità in esame	Simbolo	Categorie	Valore numerico
Tempi d'uso di attrezzature rumorose ( <i>intendendo la somma dei tempi d'uso anche di più attrezzature</i> )	T <sub>R</sub>	non uso (< 0,5 h/w)	0
		uso sporadico (fra 0,5 e 2 h/w)	1
		uso frequente (fra 2 e 8 h/w)	2
		uso intensivo (> 8 h/w)	3
Tempi d'uso di attrezzature MOLTO rumorose ( <i>intendendo la somma dei tempi d'uso anche di più attrezzature</i> )	T <sub>M</sub>	non uso (< 0,5 h/w)	0
		uso sporadico (fra 0,5 e 2 h/w)	1
		uso frequente (fra 2 e 8 h/w)	2
		uso intensivo (> 8 h/w)	3
Condizioni di manutenzione delle attrezzature di lavoro rumorose ( <i>a giudizio del valutatore</i> )	M	macchine nuove	0
		buona manutenzione	1
		manutenzione carente	2
		manutenzione assente	3
Percentuale di tempo in cui il lavoratore è protetto da bonifiche acustiche ( <i>considerando le bonifiche successive all'acquisto delle attrezzature di lavoro o i trattamenti ambientali; non i DPI uditivi</i> ) secondo la UNI/TR 11347:2010 (10 categorie)	B	100%*	-4
		> 75%*	-3
		> 50%*	-2
		> 25%*	-1
		Nessuna bonifica*	0
Riverbero ambientale ( <i>in riferimento alla posizione più frequentemente occupata dal lavoratore</i> )	A	Nessuno (ambiente aperto)	0
		Moderato	1
		Forte (galleria o spazi ristretti)	2
Qualità delle bonifiche acustiche	Q	Media (tra 5 e 10 dBA**)	1
		Buona (oltre 10 dBA**)	2
* = riferito al tempo di esposizione con L <sub>Aeq</sub> > 85 dBA			
** = di attenuazione sul L <sub>Aeq</sub> dell'attrezzatura o della condizione espositiva, se L <sub>Aeq</sub> > 85 dBA			

Una volta selezionata la settimana in questione, si sono poi identificate le attrezzature o i macchinari utilizzati stimando i tempi di esposizione al rumore prodotto da ciascuna di tali sorgenti. Nell'impostazione dell'indagine si è deciso di limitare l'analisi alle 5 attività o condizioni espositive più rumorose e di considerare per ciascuna di queste le sole 3 sorgenti più rumorose presenti.

<sup>1</sup> Da un punto di vista statistico riferirsi alla settimana ricorrente a massimo rischio può essere visto come l'indicare quel livello di esposizione che tutela il lavoratore nel 95% delle situazioni lavorative ipotizzabili (livello di confidenza pari al 95%). In termini ancor più diretti, considerando 44-48 settimane lavorative/anno, tale condizione può essere identificata nella terza settimana peggiore dal punto di vista dell'esposizione a rumore.

Successivamente, si sono effettuate le misurazioni acustiche per ogni sorgente considerata secondo le indicazioni della UNI 9432:2008 al fine di calcolare il livello di esposizione settimanale al rumore ( $L_{EX,w}$ ) per ogni singolo addetto intervistato. Nei casi in cui non è stato possibile eseguire rilevazioni delle attrezzature sul campo o in cantieri in zona i dati di rumorosità sono stati acquisiti dalle informazioni dei produttori o dai dati disponibili in letteratura (in particolare dalla banca-dati del CTP di Torino).

La Scheda di rilevazione dati è riportata in **Tabella 2**.

Gli esiti dell'intervista al lavoratore esposto sono anche stati utilizzati dagli autori per una valutazione ritenuta la più corretta possibile (previsione di riferimento).

Infine, si sono raccolti i  $L_{EX}$  attribuiti ai singoli lavoratori esposti dal Documento di Valutazione del Rischio Rumore o, in alcuni casi, dal Piano Operativo di Sicurezza (POS).

In definitiva il progetto ha raccolto i seguenti dati:

- valutazione delle sei quantità necessarie al modello previsionale a cura del R-SPP o del Capo cantiere (previsione tipo);
- $L_{EX}$  dei singoli esposti ricostruiti sulla base dell'intervista e delle misurazioni (determinazione di riferimento);
- valutazione delle sei quantità necessarie al modello previsionale a cura degli autori, ottenuta sulla base dell'intervista dei singoli esposti (previsione di riferimento).
- $L_{EX}$  attribuiti ai singoli esposti ricostruiti sulla base della valutazione del rischio aziendale (determinazione disponibile);

## **5 – L'ALGORITMO OTTENUTO**

### **5.1 – IDENTIFICAZIONE DELLE VARIABILI "ESPLORABILI"**

Dei 42 lavoratori indagati, in nessun caso si sono riscontrate attrezzature di lavoro, ambienti o situazioni espositive caratterizzate da bonifiche acustiche ( $B = 0$ ) così come definite dalla UNI/TR 11347:2010. E' ovvio che in questa situazione è impos-



<b>Cantiere:</b>	<b>Natura dell'opera:</b>
------------------	---------------------------

<b>Cognome e Nome:</b>	<b>Mansione:</b>
------------------------	------------------

<b>Orario di lavoro della settimana ricorrente a massimo rischio:</b>	<b>h/w</b>
---	------------

<b>Attività / Condizioni espositive</b>	<b>% tempo<sup>2</sup></b>	<b>Sorgenti di rumore<sup>3</sup></b>	<b>% tempo<sup>4</sup></b>	<b>L<sub>Aeq</sub></b>
<b>1</b>		a.		
		b.		
		c.		
<b>2</b>		a.		
		b.		
		c.		
<b>3</b>		a.		
		b.		
		c.		
<b>4</b>		a.		
		b.		
		c.		
<b>5</b>		a.		
		b.		
		c.		

<sup>2</sup> in riferimento all'orario di lavoro della settimana ricorrente a massimo rischio

<sup>3</sup> considerando solo le sorgenti con  $L_{Aeq} > 80$  dB(A) o con emissione dichiarata dal costruttore  $> 75$  dB(A)

<sup>4</sup> in riferimento all'orario di lavoro della settimana ricorrente a massimo rischio

sibile quantificare gli effetti acustici legati alla presenza di bonifiche. Non potendosi riscontrare, nella nostra indagine, nessuna sensibilità a questo aspetto si è quindi deciso che dal modello di partenza a sei variabili andavano eliminate le variabili B e Q, e si è dunque passati ad un modello a quattro variabili.

## 5.2 – OTTIMIZZAZIONE DELL'ALGORITMO

L'algoritmo previsionale è stato ottenuto a valle di un'analisi di regressione multilineare detta anche regressione lineare multipla. La relazione generica fra il livello di esposizione e le quattro variabili superstiti è stata pertanto espressa nella forma:

$$L_{EX} = L_0 + k_1 X_1 + k_2 X_2 + k_3 X_3 \quad (1)$$

L'ottimizzazione dell'algoritmo è avvenuta in due fasi

- 1) selezionando, in ordine di rilevanza, tutte e sole le variabili che forniscono un contributo significativo;
- 2) ottimizzando i coefficienti  $k_i$  relativi alle variabili identificate come significative al punto precedente.

### 5.2.1 – Identificazione delle variabili significative

La selezione sequenziale delle variabili in base alla loro significatività è stata eseguita mediante una tecnica statistica nota come “procedura di selezione additiva” nella quale si parte da un modello base di massima semplicità (in questo caso  $L_{EX} = L_0$ ) e si procede aggiungendo le variabili una ad una, stabilendone di volta in volta la significatività e la priorità, con riguardo ad uno a più descrittori statistici.

Quest'analisi ha consentito di giungere ai seguenti risultati:

- $X_1$ , la variabile più significativa, risulta essere la quantità  $T_M$ , ovvero il tempo di esposizione ad attrezzature molto rumorose;
- $X_2$ , la seconda variabile più significativa, risulta essere la quantità A, ovvero il riverbero ambientale;
- $X_3$ , la terza variabile più significativa, risulta essere la quantità  $T_R$ , ovvero il tempo di esposizione ad attrezzature rumorose;
- la quantità M, ovvero la manutenzione delle attrezzature, risulta essere non significativa.

da cui la forma funzionale del modello finale:

$$L_{EX} = L_0 + k_1 T_R + k_2 T_M + k_3 A \quad (2)$$

### 5.2.2 – Calcolo dei parametri $L_0$ , $k_1$ , $k_2$ e $k_3$

I parametri “liberi” dell'equazione (2) sono stati ottenuti mediante una semplice operazione di best fit dei dati sperimentali. Il risultato ottenuto è  $L_0 = 76,2$ ,  $k_1 = 1,64$ ,  $k_2 = 4,85$  e  $k_3 = 2$ , per cui

$$L_{EX} = 76,2 + 1,64 T_R + 4,85 T_M + 2 A \quad (3)$$

rappresenta il modello previsionale ottimizzato in base alle risultanze sperimentali della presente indagine.

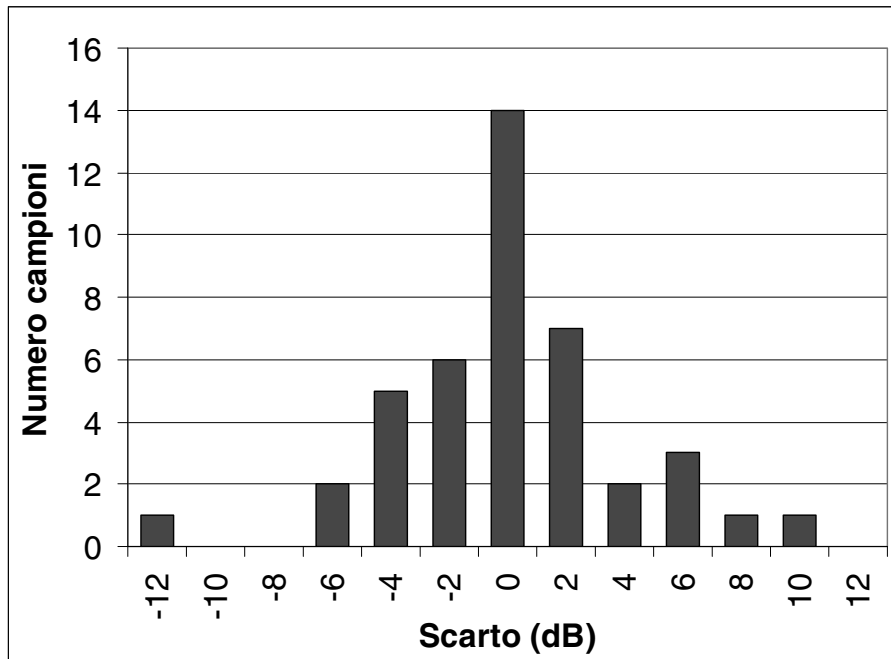
Il risultato dell'equazione (3) rappresenta il livello di esposizione settimanale riferito ad un orario di 40 h/w. Per orari diversi esso deve essere corretto con il fattore additivo

$$10 \log (T_e / T_0)$$

dove  $T_e$  = orario effettivo e  $T_0 = 40\text{h/w}$

### 5.3 – PRECISIONE DEL MODELLO

**Grafico 1:** confronto tra livelli misurati e livelli stimati dal modello previsionale.



La precisione dell'algorithmo previsionale è stata quantificata mediante due indicatori:

- il primo è il coefficiente di correlazione complessivo  $R^2 = 0,722$ , un valore sufficiente a ritenere che le variabili attualmente inserite abbiano un ruolo sicuramente significativo, ma certo abbastanza basso da indicare chiaramente che il rumore in un cantiere rappresenta un sistema assai più complesso rispetto allo schema semplicistico con il quale è stato approssimato in questo studio. Va notato come il coefficiente di correlazione parziale della sola quantità  $T_M$  (ovvero l'esposizione ad apparecchiature molto rumorose) pari a 0,586 sia

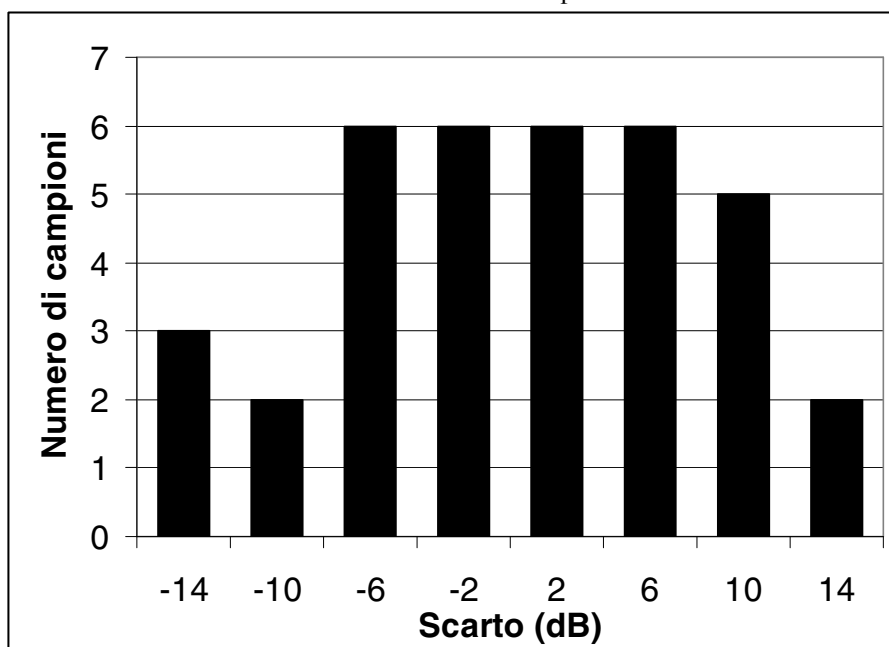
molto più alto di quelli relativi alle altre due quantità del modello. Pertanto, com'era da attendersi, gran parte della capacità previsionale del modello è legata ad una buona stima dell'esposizione alle attrezzature molto rumorose;

- il secondo è la distanza tipica fra dati previsti dal modello e dati sperimentali. Il **Grafico 1** mostra l'istogramma di tali scarti, nel quale si osserva che in 27 casi su 42 (due terzi) lo scarto è inferiore a 3 dB. Scarti superiori a 5 dB si manifestano soltanto in 6 casi su 42 (14%).

## 6 – CONFRONTO CON I $L_{EX}$ ATTRIBUITI NELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Un'ulteriore elemento che si presta a qualche commento emerge dal confronto fra i valori di  $L_{EX}$  misurati sperimentalmente e quelli dichiarati dall'Azienda, cioè estrapolati dal Documento di Valutazione del Rischio Rumore (DVR) o dal Piano Operativo di Sicurezza (POS).

**Grafico 2:** confronto tra livelli misurati e livelli estrapolati dal DVR



Il confronto può essere eseguito soltanto per 36 dei 42 valori sperimentali misurati, a causa del fatto che non tutte le documentazioni di cantiere riportano dati numerici ben definiti (ad esempio alcuni livelli venivano valutati come inferiori ad 80 dB(A) oppure compresi tra 80÷85 quindi un'informazione inutile ai fini di questa ricerca). La distribuzione molto larga e piatta che si osserva nel **Grafico 2** indica che esiste una probabilità sostanzialmente uguale di trovare un qualsiasi scarto fra -8 e +12 dB

(gli scarti positivi indicano che il dato sperimentale supera quello del DVR, e viceversa gli scarti negativi). Soltanto in 24 casi su 36 lo scarto è in valore assoluto inferiore a 8 dB.

Infine è interessante notare che la media degli scarti è circa 0 il che implica che l'enorme dispersione del grafico 2 non è prodotta da volontà di orientare i risultati, quanto dall'assenza sul campo di modalità condivise e uniformi per effettuare l'indagine sui tempi di esposizione (più che a imprecisioni connesse alle misurazioni).

## 7 – CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Come evidenziato al punto 5.2.2 l'algoritmo ottenuto matematicamente è il (3), ma quella equazione descrive una retta che si posiziona esattamente al centro dei punti sperimentali in modo che nel 50% dei casi la previsione è meno cautelativa della determinazione sperimentale dei livelli di esposizione a rumore.

Una scelta più prudentiale (quella decisa in sede di impostazione della ricerca) orienta invece ad identificare una funzione che per bilanciare l'approssimazione del metodo tuteli il 95% dei punti sperimentali.

Con questa specifica l'algoritmo diviene:

$$L_{EX} = 81,5 + 1,64 T_R + 4,85 T_M + 2 A \quad (4)$$

Sul  $L_{EX}$  così ottenuto l'unica ulteriore correzione riguarda l'orario di lavoro come discusso nel paragrafo 3.

In pratica l'equazione (4) rappresenta la prima vera conclusione di una ricerca che per la debolezza numerica del campione, delle tipologie di cantieri indagati e probabilmente anche per la mancanza di istruzioni adeguate ai R-SPP (o ai Capi cantiere) ha dovuto rinunciare a descrivere il contributo della manutenzione (variabile M) e delle bonifiche acustiche (variabile intesa tanto in termini di qualità – Q–, quanto di tempo durante il quale si verifica la riduzione della rumorosità dovuta alla bonifica stessa –B–). Per inciso, questo o ogni altro modello per la previsione dei livelli espositivi dei lavoratori non potrà mai supplire all'esigenza di effettuare specifiche misurazioni che possono invece essere condotte secondo quanto indicato dalla UNI/TR 11347/2010.

Una riflessione complessiva sulla ricerca fa quindi emergere che per poter essere utilizzato il modello ha bisogno di affinarsi quanto a criteri con i quali assegnare le categorie alle variabili individuate ed inoltre è evidente che bisogna fare chiarezza sulle modalità operative con le quali individuare i tempi di esposizione riferiti alla settimana ricorrente a massimo rischio perché sul campo si riscontrano le letture più varie, con risultati sui LEX assegnati dai DVR o dai POS a dir poco drammatici (vedi **Grafico 2**). Si consideri inoltre che la situazione riscontrata non pare in relazione ad una volontà di orientare i risultati (l'indagine è stata effettuata in collaborazione con le aziende e non in regime di vigilanza), quanto proprio per l'assenza sul campo di modalità condivise e uniformi per effettuare l'indagine sui tempi di esposizione (più che a imprecisioni connesse alle misurazioni).

La determinazione dei livelli espositivi delle situazioni ricorrenti a massimo rischio richiede spesso faticose “interviste” ai lavoratori, ma in pratica è questa la fase indispensabile al personale qualificato che si voglia appropriare delle modalità espositive dei singoli per poi misurare tutte e sole le situazioni acustiche necessarie. In effetti dopo aver identificato le condizioni espositive della settimana ricorrente a massimo rischio le misurazioni sono numericamente molto contenute. Nella nostra pur ridotta indagine il numero medio delle misurazioni è stato di poco più di 3 (per l'esattezza: 3,1) ed il valore maggiore di 9. Da questi valori inoltre potrebbe essere inoltre quasi sempre detratta la misura di rumorosità di fondo del cantiere che solo raramente è in grado di modificare il  $L_{EX}$  dei lavoratori.

Questi primi risultati verranno ora valutati dal “gruppo di regia” del progetto nazionale finanziato dal Ministero della Salute-CCM volto allo sviluppo e all'adeguamento di banche dati per supportare la valutazione del rischio da agenti fisici negli ambienti di lavoro per valutarne la validità e l'opportunità di proseguire nella sperimentazione.

## **RINGRAZIAMENTI**

Lavoro eseguito con il contributo del Prof. Francesco Mainardi, Dipartimento di Fisica di Bologna e delle aziende CDC-Coop.di Costruzioni, Coop. Ediltirazzieri-CET, CMA-Coop.Modenese Autotrasportatori, CMB-Coop.Muratori e Braccianti di Carpi, MOTEM 2005, Itinera, Termoidraulica Corradini di Corradini Sergio, Erredue, Edilzanfi, Asso Fer, Euro 2002 di D'Errico Giuseppe, ITI Impianti, TR costruzioni, ICM, Luppi Costruzioni Edili di Luppi Paolo, Costruzioni Generali Due, Impresa di Costruzioni Scianti, Impresa Edile Costanzo, MCIE di Bragaglia Mauro, SMI Italia, Granchi, Durocem Italia ed Autotrasporti e Pompaggio che gentilmente ci hanno permesso l'accesso a loro cantieri.

## **BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE**

- 1) AA.VV. in Atti del Convegno “**dBA'94** – *Rumore e Vibrazioni: valutazione prevenzione e bonifica in ambiente di lavoro*” Ed. Regione Emilia-Romagna e Azienda USL di Modena, Modena - 1994
- 2) AA.VV. in Atti del Convegno “**dBA'98** – *Dal Rumore ai Rischi Fisici*” Ed. Regione Emilia-Romagna, ISPESL e Azienda USL di Modena, Modena - 1998
- 3) AA.VV.; “*Valutazione del rischio derivante dall'esposizione a rumore durante il lavoro nelle attività edili*”; collana “*Conoscere per prevenire n.8*”; Ed. Comitato Paritetico Territoriale di Torino e provincia, Torino – 2000
- 4) AA.VV.; “*Valutazione dell'inquinamento acustico prodotto dai cantieri edili*”; collana “*Conoscere per prevenire n.11*”; Ed. Comitato Paritetico Territoriale di Torino e provincia, Torino – 2009
- 5) AA.VV.; “*Linee guida per la valutazione del rischio rumore negli ambienti di lavoro*”, documento redatto nel 2000 da Regioni (Coordinamento tecnico

interregionale prevenzione nei luoghi di lavoro) e da Ispesl e disponibile su internet all'indirizzo:

[http://www.ausl.mo.it/dsp/spsal/spsal\\_lg\\_coord\\_interregionale.htm](http://www.ausl.mo.it/dsp/spsal/spsal_lg_coord_interregionale.htm) oppure  
[http://www.ispesl.it/linee\\_guida/fattore\\_di\\_rischio/rumore.asp](http://www.ispesl.it/linee_guida/fattore_di_rischio/rumore.asp)

- 6) AA.VV.; “*Decreto Legislativo 81/2008, Titolo VIII, Capo I, II, III, IV e V sulla prevenzione e protezione dai rischi dovuti all’esposizione ad agenti fisici nei luoghi di lavoro. Indicazioni operative*”; documento approvato l’11/03/2010 dal Coordinamento tecnico interregionale prevenzione nei luoghi di lavoro e disponibili su internet all’indirizzo:  
[http://www.ausl.mo.it/dsp/spsal/spsal\\_lg\\_coord\\_interregionale.htm](http://www.ausl.mo.it/dsp/spsal/spsal_lg_coord_interregionale.htm) oppure  
<http://www.ispesl.it/documentazione/fattore.asp>
- 7) Kleinbaum D. G., Kupper L. L., Muller K. E., Nizam A., “*Applied regression Analysis and Other Multivariate Methods*”, Duxbury Press, 1998
- 8) Murray Spiegel R., “*Teoria e problemi Statistica*”, Collana Schaum, Seconda Edizione, Etas Edizioni Libri, Milano, 1992.
- 9) O.Nicolini, P.Nataletti, I.Pinto, P.Rossi; “*Agenti fisici sul lavoro: lo sviluppo di banche dati per la valutazione del rischio*”; Il Sole 24Ore; Supplemento Ambiente e Sicurezza n. 8 del 27 aprile 2010.
- 10) UNI 9432:2008 “*Acustica - Determinazione del livello di esposizione personale al rumore nell'ambiente di lavoro*”, Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano giugno 2008
- 11) UNI/TR 11347:2010 “*Programmi aziendali di riduzione dell’esposizione a rumore nei luoghi di lavoro*”, Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano gennaio 2010
- 12) “*Decreto legislativo 9 aprile 2008 n.81 – Attuazione dell’articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n.123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro*” pubblicato sulla G.U.R.I. Serie Generale N. 101 del 30/04/2008, Supplemento Ordinario n.108/L

## **MACCHINA FRANTUMATRICE SEMOVENTE FRANTOIO-VAGLIO. VALUTAZIONE DI IMPATTO ACUSTICO E RISCHIO NEI LUOGHI DI LAVORO**

**Massimo Rovere<sup>(1)</sup>, Lorenzo Soligo<sup>(2)</sup>, Davide Sossai<sup>(3)</sup>**

(1) Studio di Acustica Ing. Massimo Rovere - Mansuè (TV)

(2) Libero professionista - Padova

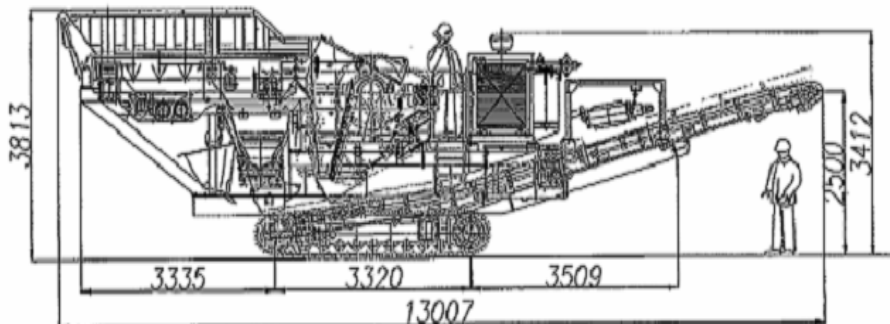
(3) Libero professionista - Mansuè (TV)

### **1. PREMESSA**

La V.I.A. riguarda la valutazione di impatto acustico di una macchina rumorosa semovente frantoio-vaglio (vedi **Figura 1**) il cui compito é sminuzzare e ridurre in piccole dimensioni (3-4 cm/minuto) i residui (mattoni, blocchi, pezzi di calcestruzzo etc.) dei cantieri edili.

La ditta proprietaria situata nella provincia di Belluno é una impresa edile specializzata nel movimento terra e nel recupero del materiale di risulta dei cantieri edili che ha la necessità di trasportare la macchina ove avvengono tali tipi di lavorazioni. La valutazione é stata eseguita nel piazzale del committente perché anche in quella area di lavoro, opportunamente predisposta, viene a volte posizionata la macchina.

L'indagine ha riguardato la verifica dei limiti assoluti di immissione-emissione ai ricettori secondo D.P.C.M. 14/11/1997 essendo il territorio comunale acusticamente zonizzato.



**Figura 1:** macchina frantoio- vaglio



## 2. CONDIZIONI CLIMATICHE ED OPERATIVE

- Data misurazioni acustiche: 10/4/2010;
- Luogo e ricettori: ricettore pubblico spogliatoio campo sportivo a 176 m dalla macchina sorgente + ricettori confinanti con la ditta proprietaria della sorgente. Immissione riferita allo spogliatoio, emissione riferita ai ricettori confinanti e posizionati nella zona industriale;
- Definizione delle aree secondo il comune: Zona F + zona di attività produttiva D1/I;
- Sorgenti oggetto di verifica: Impianto frantoio-vaglio di frantumazione che lavora con l'ausilio continuo di altre due macchine. Quindi le tre macchine sono:
  - Gruppo semovente di frantumazione OM ARGO potenza 86Kw
  - Escavatore Caterpillar 320 bln 100Kw
  - Pala meccanica Caterpillar it14g 72Kw
- Tempo di funzionamento della sorgente: periodo diurno 8-12 e 13-17
- Temperatura: 22 gradi, Umidità: 65%, cielo sereno, no pioggia, vento < 5m/s
- Tempo di riferimento: diurno 6,00/22,00
- Tempo di osservazione: dalle 6,00 alle 14,00
- Tempi di misura: 1h10' e 30'
- Strumento usato: 01 dB Solo blue
- Tecnica di misura secondo Decreto 16/3/1998
- Presenti alla indagine delle misurazioni acustiche durante il tempo di osservazione: Ing. Massimo Rovere, Ing. Lorenzo Soligo, Ing. Davide Sossai e i proprietari della macchina sorgente.

## 3. DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI DELLA RELAZIONE

L'obiettivo è la verifica dei livelli assoluti di immissione ed emissione che andranno confrontati con i limiti della zonizzazione acustica comunale.

L'indagine si riferisce ad un ricettore che è rappresentato da uno spogliatoio del campo di calcio e ai ricettori confinanti con la sorgente ed appartenenti alla zona industriale ove si trova anche il committente. Quest'ultimo aspetto è importante e si riferisce alla verifica della emissione della sorgente. Sarà verificata la zona di influenza della sorgente che non è rappresentata necessariamente solo dai ricettori indagati ma anche da possibili zone ove vi sia la probabilità di riflessioni multiple.

Non è stato possibile misurare il limite differenziale per l'impossibilità di entrare all'interno del ricettore rappresentato dagli spogliatoi del campo da calcio.

## 4. PRESENTAZIONE DEL PROGETTO

La sorgente Argo è una struttura semovente per la frantumazione dei materiali di risulta dei cantieri composta da un frantoio-vaglio. L'impianto è asservito in continuo da altre due macchine sorgenti cioè da un escavatore per il riempimento della tramoggia e da una pala meccanica che trasporta continuamente in mucchio il materiale di uscita dai nastri trasportatori (vedi **Figure 2a e 2b**).



**Figura 2a:** le tre macchine contemporaneamente al lavoro



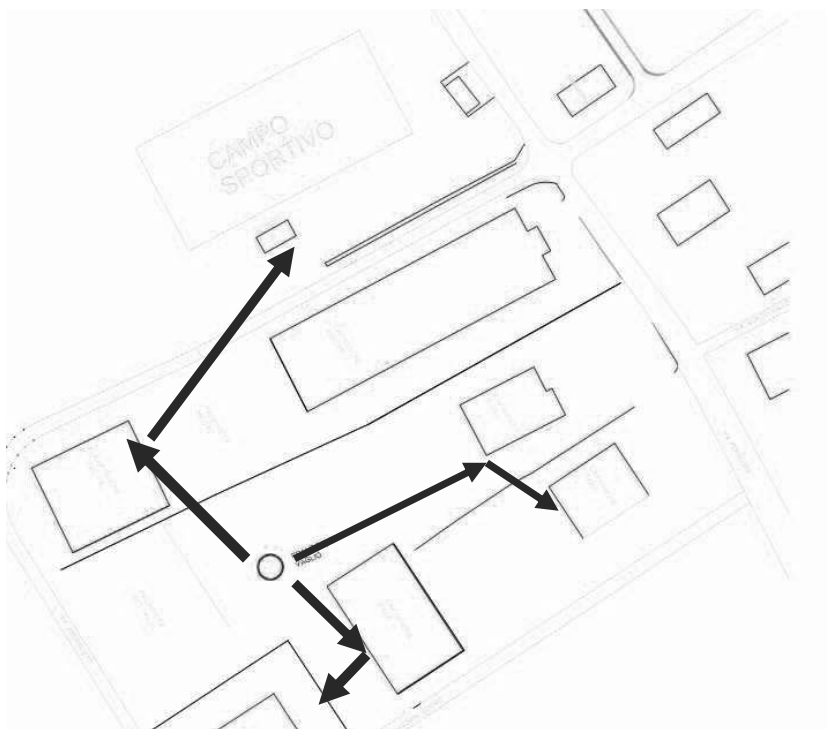
**Figura 2b:** escavatore + frantoio - vaglio

Il tipo di lavorazione avviene in campo libero.

L'indagine è stata eseguita in condizioni di funzionamento a carico senza che mai mancasse materiale in entrata all'interno della tramoggia di carico.

L'area di influenza in cui l'impianto può determinare una variazione dei livelli di rumore ambientale è rappresentata dalla zona ove è ubicato il ricettore-spogliatoio più i capannoni confinanti alla proprietà della sorgente anche a causa delle possibili

riflessioni che possono generarsi con la presenza di più fabbricati nell'intorno della zona di propagazione della sorgente. Vedi **Figure 3a e 3b**.



**Figura 3a:** Sorgente indicata con il cerchio e zone di influenza dei ricettori



**Figura 3b:** ricevitore spogliatoio

Il territorio limitrofo alla sorgente é pianeggiante e senza ostacoli, a carattere produttivo, con un lato di confine agricolo come definito dal PRG comunale.

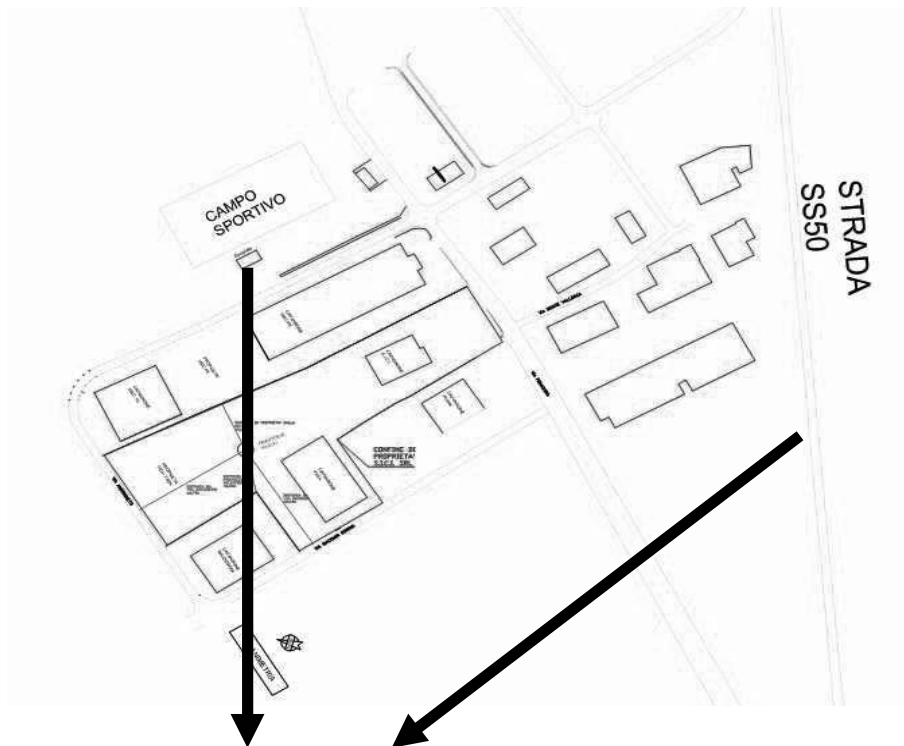
Il ricettore spogliatoio si trova a 176 m dalla sorgente.

Nella zona limitrofa agricola tipo E non sono previste dal PRG edificazioni future. La infrastruttura stradale di **Figura 3** non concorrerà al livello di immissione al ricettore spogliatoio mentre concorrerà la strada statale.

Non sono previste aree interessate a traffico veicolare indotto dalla sorgente.

Il ricettore spogliatoio si trova all'interno della fascia di pertinenza della strada indicata in **Figura 3**, ma invece all'esterno della fascia di pertinenza della strada statale (250 m di fascia) che dista 500 m dal ricettore spogliatoio e a più di 400 dai ricettori confinanti con la proprietà della sorgente.

In **Figura 4** sono mostrati sorgente e strada statale.



**Figura 4:** sorgente e strada statale

## 5. CLASSIFICAZIONE ACUSTICA COMUNALE

Il comune ove é ubicata la sorgente ed i ricettori é zonizzato dal 2005.

La zona della sorgente e delle proprietà confinanti ad essa e rappresentate dalle altre ditte a carattere produttivo sono classificate in classe VI.

Il ricettore spogliatoio si trova in una fascia di transizione che confina con la zona industriale di classe VI e con la zona agricola di classe III. I limiti assoluti di immissione ed emissione sono definiti dal DPCM14/11/1997.

Vedi anche schema di richiesta del comune di appartenenza riportato a seguito.

LIMITE DI LEGGE DIURNO DELLE DUE CLASSI IN CONTATTO (DGR 21.9.93)	LIMITE DI LEGGE NOTTURNO DELLE DUE CLASSI IN CONTATTO (DGR 21.9.93)	LIMITE DIURNO DEFINITO NELLA FASCIA DI TRANSIZIONE	LIMITE NOTTURNO DEFINITO NELLA FASCIA DI TRANSIZIONE
70 - 60 dBA	70 - 50 dBA	65 dBA	60 dBA

## 6. CARATTERIZZAZIONE ACUSTICA DELLA SORGENTE

Sono state eseguite delle misurazioni fonometriche sia ai ricettori che ad una distanza congrua dalla sorgente per la sua discretizzazione. Vedi **Figure 5a e 5b**.



**Figura 5a:** Punti di misura in prossimità della sorgente

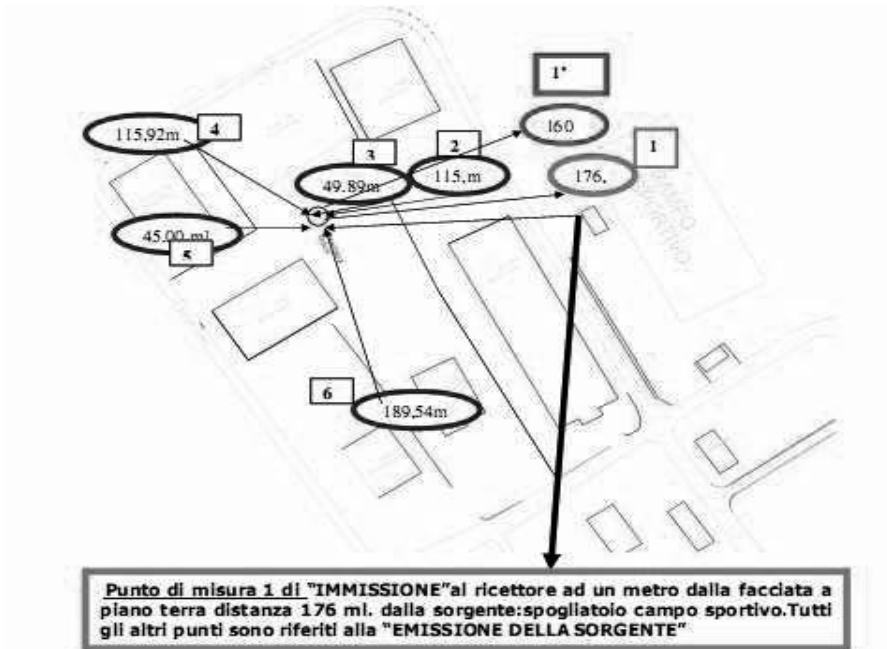


Figura 5b: Punti di misura ai ricettori

7. MISURAZIONI FONOMETRICHE CON E SENZA SORGENTE

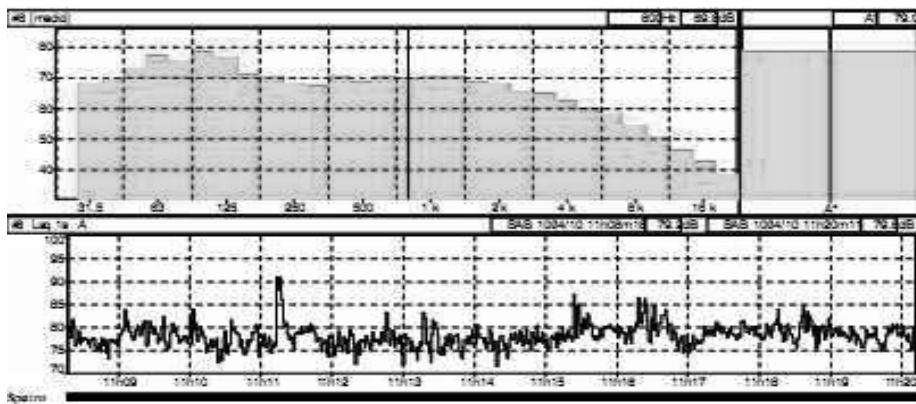
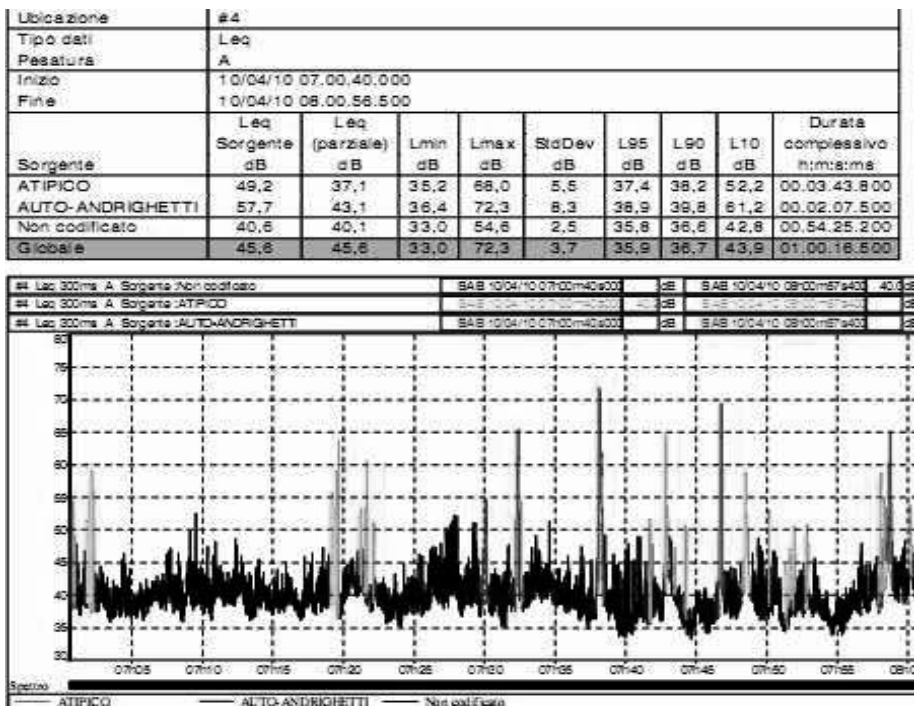


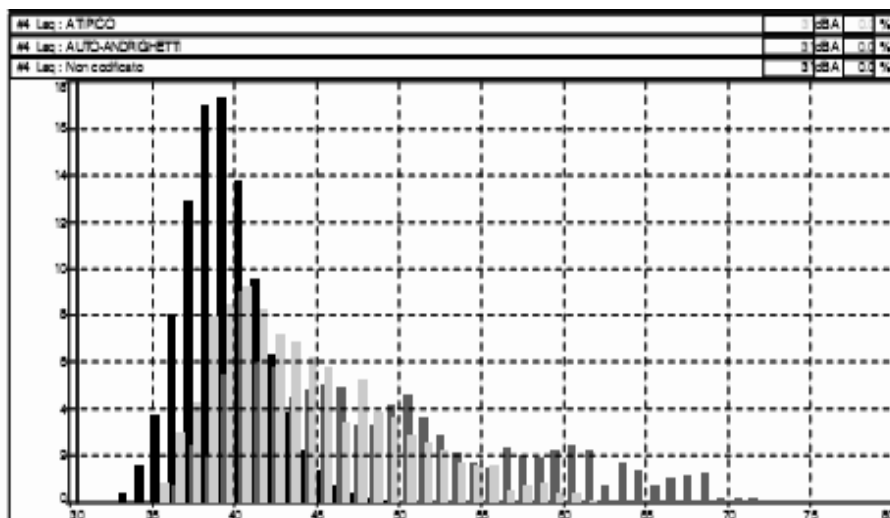
Figura 6: Spettro in frequenza e storia temporale a 18 metri dalla sorgente

Le misurazioni acustiche di immissione presso il ricevitore spogliatoio eseguite in facciata sono state eseguite in assenza della sorgente e con sorgente funzionante. Dalla storia temporale (vedi Figura 6) sono stati individuati i rumori atipici e sono stati scorporati i passaggi veicolari della strada limitrofa perché essa non contribuisce all'immissione al ricevitore trovandosi quest'ultimo all'interno della fascia di pertinenza della infrastruttura stradale.

Vedi **Figura 7a** figura sotto riportata e **Figura 7b** “distributiva”.



**Figura 7a:** time history

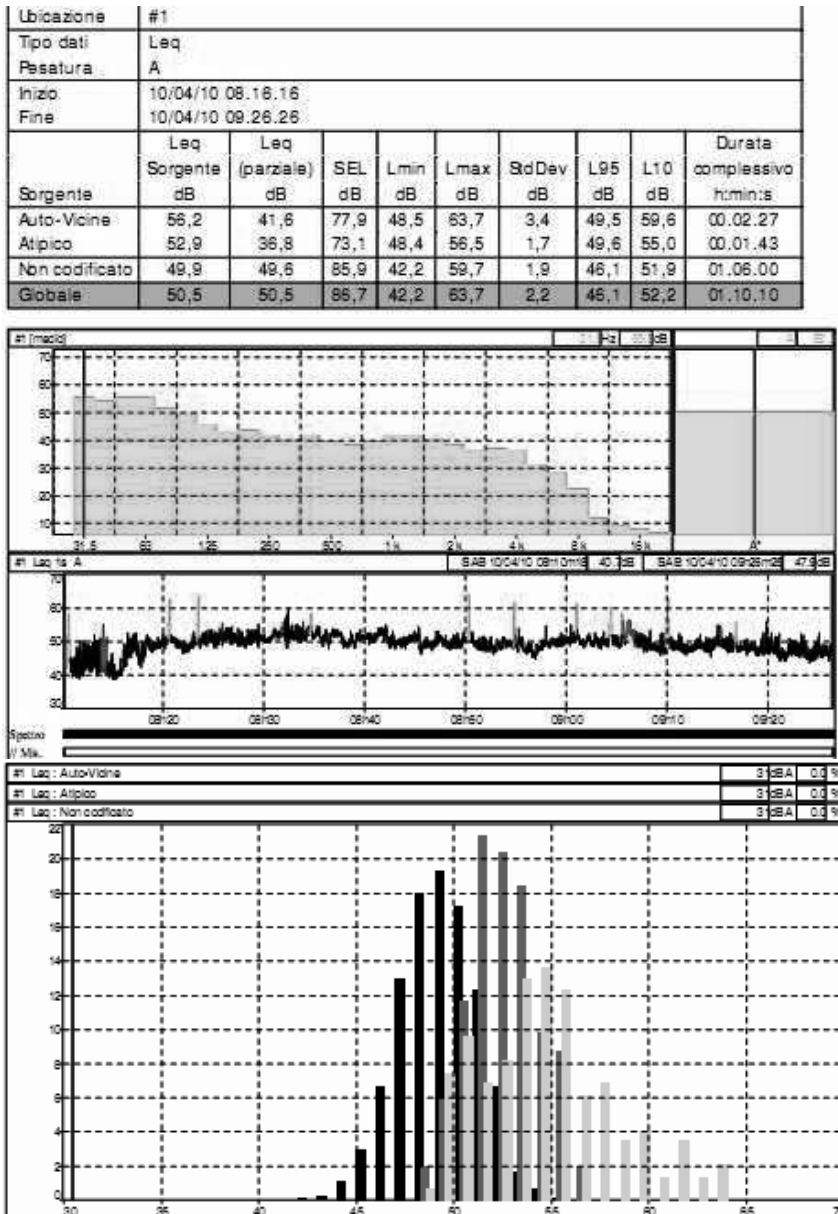


**Figura 7b:** distributiva, senza sorgente, dei vari contributi: residuo, atipico, veicoli.

Le misurazioni fonometriche al ricettore (1m dalla facciata) con sorgente funzionante hanno avuto una durata di 70'.

Sulla storia temporale si é operata una post elaborazione con lo scorporo dei veicoli e con esclusione degli eventi atipici.

Si vedano la **Figura 8** e le successive.

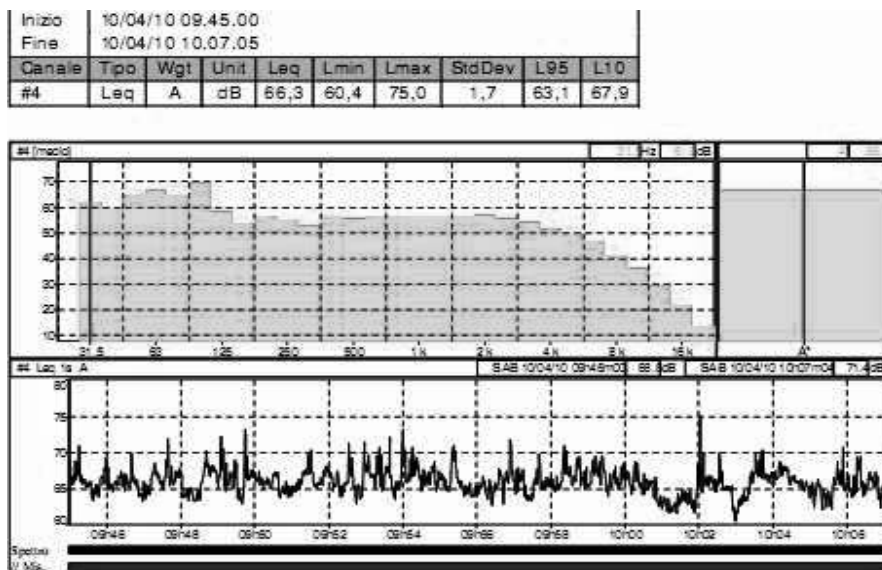


**Figura 8:** Distributiva con sorgente in funzione. Sorgente, veicoli, atipico.



Sono state eseguite anche misurazioni acustiche per la verifica della emissione presso tutti i ricettori confinanti alla proprietà della sorgente indagata. La scelta della posizione é stata compiuta dopo un sondaggio nei pressi dei confinanti con individuazione delle zone più sfavorevoli posizionate all'interno delle aree di proprietà dei confinanti e frequentate da persone durante l'attività lavorativa.

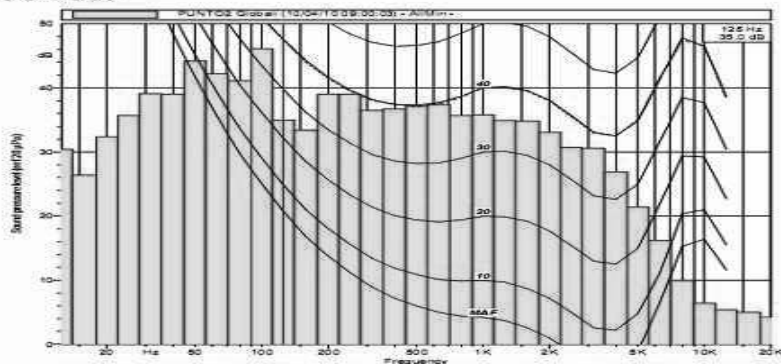
Vedi **Figura 9**.



**Figura 9:** Spettro e storia temporale di una delle sei misurazioni di verifica di emissione

## 8. VERIFICA DELLE COMPONENTI TONALI

ISO-2003



**Figura 10**

Dalla post elaborazione (vedi **Figura 10**) non risulta vi sia la presenza di componenti tonali. E' stata anche verificata la non presenza delle componenti impulsive.

## **9. ACUSTICA DEGLI AMBIENTI DI LAVORO. MISURAZIONI ACUSTICHE SECONDO UNI 9432/2008**

La valutazione dei rischi è un processo di conoscenza con l'obiettivo della riduzione e il controllo dei rischi attraverso una consona serie di interventi, tra i quali l'adozione di misure tecniche, organizzative e procedurali, la costante formazione e informazione degli addetti.

Per quanto riguarda il versante specifico del rumore il D.Lgs. 81/2008, Titolo VIII, stabilisce le modalità esecutive ed i requisiti della valutazione del rischio e del rapporto di valutazione indicando che l'obiettivo della valutazione è identificare le azioni che permettano la riduzione del rischio per una corretta gestione e controllo del rischio rumore.

La norma UNI 9432/2008 rispetto alla precedente rinnova il quadro normativo in particolare distinguendo bene le tipologie della sorgente (costante, fluttuante, ciclica, impulsiva) ed approfondendolo il concetto di incertezza riferita allo strumento, al campionamento, alla posizione strumentale, etc, per giungere quindi all'incertezza riferita al Livello Equivalente.

Nel settore edile diventa importante la posizione della strumentazione (molto spesso critica perché non agevole) e il tempo di misurazione in funzione del tipo di sorgente.

Il rumore prodotto dalle macchine frantoio-vaglio ed escavatore era costante.

La pala meccanica era l'unica che rappresentava una ciclicità delle operazioni.

Quindi per l'escavatore che alimentava la tramoggia di carico del vaglio-frantoio si è considerata una tipologia di sorgente costante mentre per la pala meccanica la tipologia ciclica.

Le macchine escavatore e pala meccanica sono dotate di una cabina entro la quale opera il lavoratore. La cabina è insonorizzata all'interno con uno strato di lana minerale antiallergica chiusa da una lamiera forata fonoassorbente.

Data la tipologia di sorgente, per quanto riguarda l'escavatore le misurazioni sono state condotte per un tempo di 20 minuti mentre si è scelto un tempo di misurazione di 8 ore per la pala meccanica.

I risultati sono stati valutati su base giornaliera e i valori di esposizione al rumore dei due lavoratori risultano inferiori al limite inferiore di azione di 80 dB(A).

Anche il limite Peak (C) pari a 135 e' stato rispettato. In **Figura 11** è riportata la post elaborazione derivante dalle misurazioni acustiche all'interno delle rispettive cabine appartenenti alla macchina escavatrice e alla macchina pala meccanica

ID	Categoria-marca-modello/posizione di misura			$U_L$	$U_a$	$P_{PEAK}$	$L_{EQ(A)TP}$	$L_{EQ(C)TP}$	D.P.I. (PNR)	$L_{EQ(A)TI}$ (PNR)	$T_e$ (min)	
1	ESCAVATORE		/	1,0	0,0	102,6	75,0	77,0	0,0	75,0	420	
									0,0			
(*)	Fisiologico	/	/	1,0	0,0	<135	65,0	65,0	0,0	65,0	60	
									0,0	0,0		
(*)	Fisiologico	/	/	1,0	0,0	<135	65,0	65,0	0,0	65,0		
(*) Valore stimato											Tempo totale di esposizione (min)	480

Tempo di riferimento ( $T_0$ ) = 480

$L_{EX, 8h}$  = 74,5

$U_{a(L_{EX, 8h})}$  = 0,99

Incertezza complessiva  $U_{(L_{EX, 8h})}$  = 1,11

VALUTAZIONE SU BASE GIORNALIERA		
$L_{EX, 8h}$	74,5 ± 1,11	→ $L_{EX MAX} = 75,6$
Massimo dei $P_{PEAK}$ misurati = 102,6		
<b>NON ESPOSTO</b>		

ID	Categoria-marca-modello/posizione di misura			$U_L$	$U_a$	$P_{PEAK}$	$L_{EQ(A)TP}$	$L_{EQ(C)TP}$	D.P.I. (PNR)	$L_{EQ(A)TI}$ (PNR)	$T_e$ (min)	
1	PALA MECCANICA		/	1,0	0,0	89,6	70,0	74,0	0,0	70,0	420	
									0,0			
(*)	Fisiologico	/	/	1,0	0,0	<135	65,0	65,0	0,0	65,0	60	
(*) Valore stimato											Tempo totale di esposizione (min)	480

Tempo di riferimento ( $T_0$ ) = 480

$L_{EX, 8h}$  = 69,6

$U_{a(L_{EX, 8h})}$  = 0,96

Incertezza complessiva  $U_{(L_{EX, 8h})}$  = 1,08

VALUTAZIONE SU BASE GIORNALIERA		
$L_{EX, 8h}$	69,6 ± 1,08	→ $L_{EX MAX} = 70,7$
Massimo dei $P_{PEAK}$ misurati = 89,6		
<b>NON ESPOSTO</b>		

**Figura 11:** Post elaborazione dei dati delle misurazioni nell'ambiente di lavoro

## 10. CONCLUSIONI

Per quanto riguarda gli aspetti legati alla acustica ambientale i limiti assoluti di emissione della sorgente nei confronti dei proprietari confinanti con la ditta a cui appartiene la sorgente sono rispettati secondo il limite assoluto di 65 decibel (A) della classe VI assegnata alla zona industriale.

I limiti di immissione al ricettore corrispondente alla zona dello spogliatoio del campo di calcio sono rispettati secondo la classe appartenente alla fascia di transizione posta tra la zona produttiva D1/I e la zona agricola E.

Prima del confronto dei livelli misurati con i limiti assoluti si è operata la normalizzazione riferita al periodo di riferimento diurno di 16 ore rispetto alle ore reali di funzionamento della sorgente.

Per quanto riguarda gli aspetti riguardanti la sicurezza nei luoghi di lavoro e in particolare il rischio rumore si è eseguita la valutazione del rumore su base giornaliera riferita ai due lavoratori della pala meccanica e dell'escavatore.

I due lavoratori risultano esposti a meno di 80 dB(A), cioè ad un valore minore del vale inferiore di azione.

**11. BIBLIOGRAFIA**

1. Legge 447 del 26/10/1995
2. D.P.C.M. 14/11/1997: Determinazione dei valori limiti delle sorgenti.
3. Decreto 16/3/1998: Tecniche di rilevamento e misurazione dell'inquinamento acustico
4. DPR 142 del 30/3/2004: disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico stradale
5. Delibera DDG N°3 del 29/01/2008
6. ISO 9613-2/2006: attenuazione sonora nella propagazione all'aperto
7. UNI 11143/2005: metodo per la stima dell'impatto e del clima acustico per tipologia di sorgenti
8. UNI 10855/1999: misura e valutazione del contributo di singole sorgenti
9. UNI 9884/1997: caratterizzazione acustica del territorio mediante la descrizione del rumore ambientale
10. UNI 9432:2008
11. D.Lgs. 81/2008 e s.m.i.



## VALUTAZIONE DEL RISCHIO RUMORE NEL SETTORE DEGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE

Filippo Riso<sup>(1)</sup>, Simona Abbate<sup>(1)</sup>, Gaetano Barresi<sup>(1)</sup>, Stefania Perillo<sup>(2)</sup>,  
Saverio Catanzariti<sup>(1)</sup>, Francesco Principato<sup>(1)</sup>, Renato Brecciaroli<sup>(1)</sup>

(1): Università degli Studi di Messina - Scuola di Specializzazione in Medicina del Lavoro

(2): MUSA - Messina

### 1. INTRODUZIONE

Gli impianti di depurazione acque reflue sono state oggetto di pochi studi riguardanti la sicurezza e la salute dei lavoratori.

L'ISPESL (2000), nelle pubblicazioni riguardanti i profili di rischio, per comparto produttivo, individua nel rumore prodotto dai macchinari degli impianti di depurazione uno dei rischi preminenti per la salute dei lavoratori.

Al contrario l'INAIL (2009) afferma che le misure di rumore effettuate in impianti di depurazione "hanno dimostrato un livello di rumorosità generalmente superiore in maniera non significativa a quello degli ambienti circostanti e simile a quello di un traffico veicolare leggero".

Scopo della presente nota è indagare il rischio rumore prodotto da impianti di depurazione acque reflue.

Sono stati studiati due impianti di depurazione di una medesima ditta situati in due comuni della Regione Sicilia. Per le valutazioni del rumore è stato utilizzato un fonometro della ditta CESVA modello SC 20 di classe 1. Lo strumento è stato calibrato annualmente presso la ditta produttrice e tarato contestualmente alle misure.

### 2. DESCRIZIONE DEL CICLO PRODUTTIVO

L'Impianto tratta i reflui civili provenienti dal comprensorio Ionico Sud.

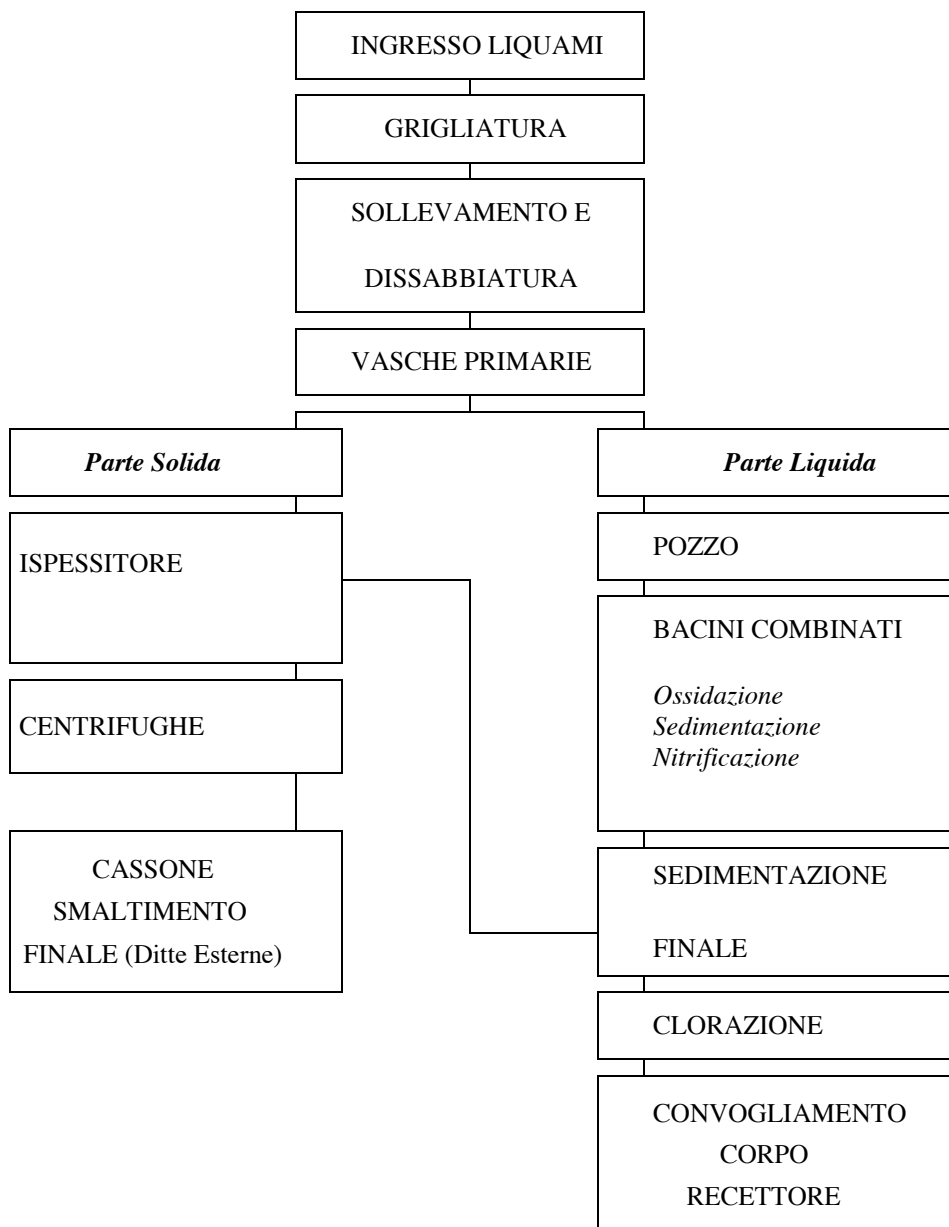
I reflui (vedi **Figura 1**) affluiscono nelle vasche di ingresso liquame e subiscono il primo trattamento di grigliatura grossolana.

La parte grossolana, tramite un nastro trasportatore, viene introdotta in un cassone per essere successivamente smaltita.

Nella fase successiva si ha il trasferimento dei reflui nelle vasche di dissabbiatura, a processo terminato i reflui entreranno nelle due vasche primarie.

Si otterrà così una parte solida e una parte liquida.

La parte solida viene inviata alle due vasche degli ispessitori e quindi alle centrifughe. I fanghi, così trattati, vengono raccolti nel cassone per lo smaltimento.



**Figura 1:** Schema del processo di depurazione

La parte liquida, invece, viene convogliata dalle vasche primarie ad un pozzo a da qui viene ripartita ai bacini combinati, all'interno dei quali si effettuano i processi di ossidazione, sedimentazione e nitrificazione.

La sedimentazione finale è il processo successivo.

L'ultima fase, prima dello scarico in mare, è la clorazione delle acque chiarificate, questo avviene attraverso autoclavi automatiche.

### 3. RISULTATI

La **Tabella 1** distinta per i due siti, mostra i livelli di rumore delle principali postazioni occupate dai lavoratori.

<b>Tabella 1:</b> Principali postazioni del ciclo produttivo		<b>sito 1</b>	<b>sito 2</b>
<b>N°</b>	<b>Posizione di misura</b>	<b>Leq dB(A)</b>	<b>Leq dB(A)</b>
1	Dissabbiatura	69,5	68,1
2	Quadro comando per disidratazione meccanica fango	86,1	92,4
3	Flottazione	70,0	70,3
4	Sollevamento/griglia	77,2	72,8
5	Piazzale davanti uffici	54,2	54,8

La **Tabella 2** mostra i  $L_{EX,8h}$  e i  $L_{picco}$  degli operatori dei due impianti e della possibile esposizione concomitante a sostanze ototossiche e a vibrazioni (HAV e WBV).

**Tabella 2:** descrittori del rischio nei 2 impianti

<b>Mansione</b>	<b><math>L_{EX,8h}</math></b>	<b><math>L_{picco}</math></b>	<b>Vibrazioni</b>	<b>Ototossici</b>	<b>Rumori impulsivi</b>
<b>Polifunzionale ditta 1</b>	<b>73</b>	<b>&lt; 135</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>
<b>Polifunzionale ditta 2</b>	<b>78,6</b>	<b>&lt; 135</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>

### 4. CONCLUSIONI

Dall'analisi dei valori riscontrati nella verifica dei livelli di rumore e sulla scorta della relativa valutazione, effettuata secondo la normativa vigente, si può affermare che nessun lavoratore è al di sopra dei valori inferiori d'azione (pari a 80 dB(A) di  $L_{EX}$  e 135 dB(C) di  $L_{picco}$ ). Inoltre i nostri dati si correlano con i valori di rumorosità rilevati in diversi impianti di depurazione dall'INAIL (2009).

L'osservazione di un differente livello di  $L_{EX}$  tra i lavoratori delle due ditte a nostro parere è determinata dal fatto che la seconda ditta è posizionata vicino ad un nodo autostradale con aumento del livello di rumorosità ambientale.

Anche questa osservazione si correla con quanto riportato dall'INAIL, quando afferma che i livelli di rumorosità sono significativamente non superiori a quelli degli ambienti circostanti e possono anzi risentire dei livelli di rumorosità ambientale.



In conclusione pertanto, si può affermare che i lavoratori sono esposti ad un basso rischio da rumore.

## **5. BIBLIOGRAFIA**

- INAIL “ La sicurezza per gli operatori degli impianti di depurazione delle acque reflue civili” – Edizione 2009.
- ISPESL “ Profili di rischio nel comparto: impianti di depurazione” – Anno 2000.

## **VALUTAZIONE DEL RISCHIO RUMORE: CARATTERIZZAZIONE DEI LUOGHI ADIBITI A DISCOTECA ALL'APERTO**

**Francesco Giacobbe<sup>(1)</sup>, Mauro Platania<sup>(2)</sup>, Giuseppe Cannistraro<sup>(2)</sup>**

<sup>(1)</sup> INAIL di Messina

<sup>(2)</sup> Università di Messina - Facoltà di Ingegneria

### **ABSTRACT**

Diversi sono i fattori che incidono in modo significativo nella complessa caratterizzazione della valutazione del rischio per i lavoratori che prestano il loro servizio nelle discoteche.

Il settore è già regolamentato da specifiche disposizioni legislative relative alla licenza di locali di pubblico spettacolo (D.P.C.M. 16 aprile 1999 n. 215) che impongono tra l'altro la limitazione delle prestazioni potenziali degli impianti di diffusione.

Il presente studio vuole esaminare gli aspetti di tutela dei lavoratori<sup>1</sup> previsti dal capo II del titolo VIII del D.Lgs. 81/08, attraverso una mirata campagna di misure sperimentali presso lidi estivi adibiti a discoteche. Si è cercato di evidenziare quali sono, dei diversi caratteristici fattori tipici del settore in esame, quelli che incidono in modo determinante nella quantificazione dei valori limite di esposizione e dei valori di azione, in relazione al livello di esposizione giornaliera al rumore e alla pressione acustica di picco.

Per una esaustiva valutazione del rischio, risulta importate tra l'altro l'esame della tipologia di musica, dei tempi di esposizione, della localizzazione delle casse acustiche ed il layout del locale. La preventiva e mirata progettazione dei locali, così come richiesta dagli articoli 22 e 192 del suddetto decreto legislativo, comporta una buona un'attenuazione dei livelli di esposizione.

Si registra, da parte del personale, un limitato uso degli otoprotettori.

---

<sup>1</sup> La musica, per interagire con il comportamento umano, deva avere un livello sonoro adeguato: ritmi sonori ad alto livello (95-110 decibel A), anche in sinergia con impulsi luminosi, stimolano il movimento ed il ballo. I livelli di pressione molto alti delle discoteche possono essere pericolosi, ma se l'esposizione non è troppo lunga, sono normalmente sopportabili dalle persone normudenti senza danni irreversibili.

## 1. REQUISITI NORMATIVI

Tra i luoghi di lavoro che presentano i livelli di rumore più elevati rientrano sicuramente i locali di intrattenimento musicale ed in particolare le discoteche. È fondamentale premettere queste sono di fatto luoghi dove è fondamentale la presenza di valori di pressione acustica elevati.

Nel presente lavoro vengono effettuate considerazioni in merito ai lidi estivi adibiti anche a discoteca.

Vista la particolarità del luogo di lavoro la tematica del rumore prevede 3 distinti importanti momenti: il rumore interno (D.Lgs.81/08), il rumore esterno (D.P.C.M. 1 marzo 1991) e licenza come locale di pubblico spettacolo (DPCM 215/99).

Il D.P.C.M. 1 marzo 1991 prevede che i Comuni debbano dotarsi di una zonizzazione acustica, strumento che definisce i livelli massimi di pressione sonora di ogni zona dell'intero territorio comunale.

L'espletamento di compiti da parte della Amministrazione comunale nel campo dell'inquinamento acustico, deriva dalle attribuzioni proprie del Sindaco in quanto autorità sanitaria e dalle competenze attribuite ai Comuni dalla legge quadro sul rumore L. 447/95.

Nel 2001 il Consiglio Comunale di Messina ha approvato il piano di "Zonizzazione Acustica del Territorio Comunale".

Per i locali di pubblico spettacolo il regolamento che dispone le specifiche relative al rumore è il D.P.C.M. 16 aprile 1999, n. 215 ed in particolare dispone i seguenti limiti:

- Livello Massimo di Pressione Sonora in curva "A" nel decreto scritto come  $L_{ASmax}$  pari a 102 dBA;
- Livello Continuo equivalente di Pressione Sonora ponderato "A" nel decreto scritto come  $L_{Acq}$  pari a 95 dBA;

Inoltre il regolamento comunale al punto VI.7 prevede le seguenti prescrizioni per il rilascio dell'autorizzazione in deroga per le manifestazioni all'aperto in luogo pubblico od aperto al pubblico, feste popolari, luna park ed assimilabili:

- Perimetro esterno: massimo valore  $Leq(A)$  70 dBA;
- Edifici residenziali esposti: massimo valore  $Leq(A)$  60 dBA;
- Interno abitazioni circostanti a finestre chiuse: massimo valore  $Leq(A)$  40 dBA.

Il D.Lgs 81/2008 fissa i seguenti limiti di esposizione e i valori d'azione in relazione al livello di esposizione giornaliera ( $L_{EX,8h}$ ) e settimanale ( $L_{EX,w}$ ) al rumore e alla pressione acustica di picco:

- valori limite di esposizione  $L_{EX,8h}=87$  dB(A) e  $p_{peak}=200$  Pa (140 dB(C) riferito a 20uPa);
- valori superiori di azione  $L_{EX,8h}=85$  dB(A) e  $p_{peak}=140$  Pa (137 dB(C) riferito a 20uPa);
- valori inferiori di azione  $L_{EX,8h}=80$  dB(A) e  $p_{peak}=112$  Pa (135 dB(C) riferito a 20uPa);
- valori limite di esposizione  $L_{EX,w}=87$  dB(A).

## 2. LIDI ESTIVI ADIBITI A DISCOTECHE ALL'APERTO

La “location” dei lidi estivi è la riviera (parola che proviene dal latino ripa-ria ed indica la riva di fiume o di un lago. La ripa era il tratto di costa marina sicuro per l'approdo) messinese. Tale riviera col suo sviluppo costiero forma approssimativamente una mezzaluna orientata secondo la direttrice sud-ovest nord-est, che culmina nel porto di Messina dal celeberrimo profilo a falce.

Lungo la riviera<sup>1</sup> si sviluppa la strada provinciale SP 48b (via Consolare Valeria) con doppio senso di marcia che permette il collegamento nord-sud. A ridosso del tratto stradale sono presenti insediamenti urbani (**Figura 1**).



**Figura 1** - Vista panoramica di lidi estivi posti lungo la riviera

### 2.1 ADEMPIMENTI DEI GESTORI

Il gestore del locale deve verificare i livelli di pressione sonora generati dagli impianti elettroacustici in dotazione avvalendosi di un tecnico competente in acustica (ai sensi della L. 447/95). Questa ultima figura deve redigere una relazione ai sensi dell'art. 4 o 5 del DPCM 215/99 in funzione se l'impianto è idoneo o potenzialmente idoneo a superare i limiti consentiti. Tale relazione deve essere corredata anche della seguente documentazione:

- copia dell'iscrizione nell'apposito albo regionale del tecnico competente in acustica che ha effettuato le misurazioni;
- copia del certificato di taratura della strumentazione fonometrica utilizzata per le misurazioni;

Le verifiche fonometriche devono essere ripetute dopo ogni modifica o riparazione dell'impianto elettroacustico.

---

<sup>1</sup> Il piano di Zonizzazione Acustica prevede per la riviera messinese la classe III aree di tipo misto (aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione con presenza di attività commerciali ed con assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici).

Il gestore, dopo aver effettuato la relazione, redige apposita dichiarazione sostitutiva (ai sensi degli artt. 4 e 20 della Legge 15/68 e successive variazioni) da conservare presso il locale.

Gli impianti elettroacustici di diffusione o amplificazione impiegati dovranno, comunque, essere opportunamente collocati e schermati in modo da contenere, per quanto possibile, l'esposizione al rumore degli ambienti abitativi limitrofi.

Il gestore deve effettuare indagine fonometrica relativamente ai ricettori più prossimi ai sensi del D.P.C.M. 01/03/91 nelle condizioni più cautelative (es. massima potenza, orario diurno/notturno, vento sfavorevole, ulteriori locali nelle adiacenze, ecc.).

### **3. VALUTAZIONE DEL RISCHIO RUMORE**

Per attività molto variabili che comportano una elevata fluttuazione dei livelli di esposizione personale e qualora tali livelli, espressi come  $L_{EX,8h}$  o  $L_{EX,w}$ , non siano ragionevolmente rappresentativi della reale esposizione giornaliera o settimanale, è corretto che il  $L_{EX}$  sia ricostruito in riferimento alla situazione ricorrente a massimo rischio.

Il Rapporto di Valutazione relativo a queste situazioni è bene che espliciti sia la variabilità dei  $L_{EX}$  nelle situazioni-tipo individuabili, sia i periodi di tempo in cui tali  $L_{EX}$  si presentano (ad esempio su % dei giorni nel periodo considerato, su base annuale, ecc.).

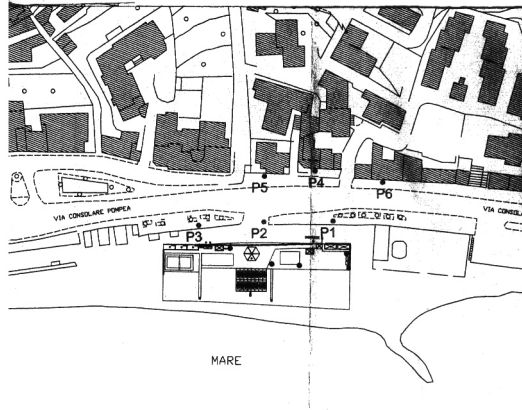
La strumentazione impiegata per i rilievi (fonometro integratore, microfono, calibratore) deve essere conforme alle specifiche EN 60651/1994 e EN 60804/1994 e tarata da meno di due anni da un centro appartenente al SIT.

Nei brani musicali da discoteca circa 80% dell'energia è concentrata sulle basse frequenze tra i 40 e i 20 Hz.

### **4. MISURAZIONI**

Sono di seguito riportati i dati di sintesi delle misure di esposizione del personale delle discoteche oggetto del campione (livelli equivalenti medi  $L_{Aeq}$  in dB(A), livelli di picco ponderati  $L_{Cpeak}$  in dB(C), livelli di esposizione giornalieri medi  $L_{EX,8h}$  in dB(A) e tempi di permanenza medi  $T_e$  pari a 360 min (6 ore) rilevati a seguito di apposite soste presso le tipiche postazioni lavorative (consolle DJ, banco bar, pista da ballo).

Planimetria Generale



Pianta del lido

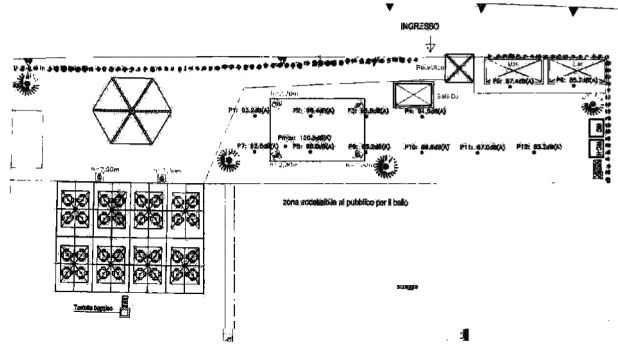


Figura 2: Documentazione tecnica di un lido estivo adibito anche a discoteca

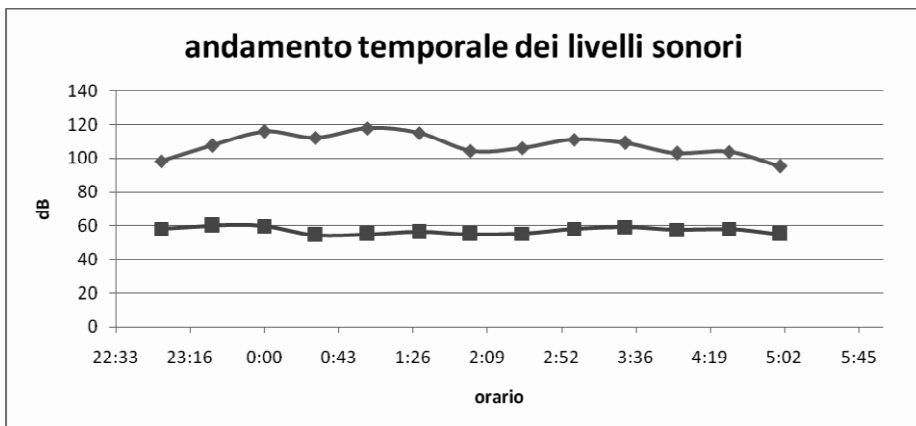
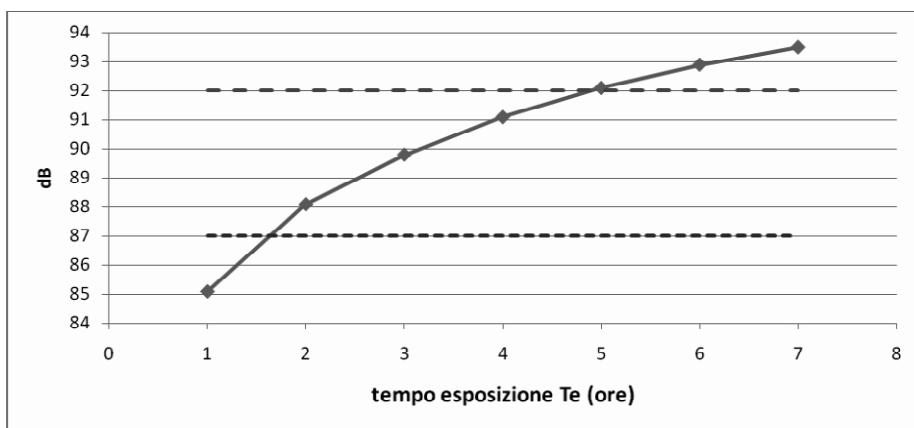


Figura 3: Andamento nel tempo dei livelli sonori registrati nella pista da ballo (rombi) e nelle adiacenze esterne alla discoteca (quadrato)

**Tabella 1** – Esito misurazioni nelle diverse aree della discoteca

zona	livelli	LIDO 1	LIDO 2	LIDO 3	LIDO 4
Consolle DJ	$L_{Aeq}$ in dB(A)	94,7	91,5	92,4	89,5
	$L_{EX.8h}$ in dB(A)	93,5	90,3	91,2	88,3
	$L_{Cpeak}$ in dB(C)	118,7	115,8	109,8	104,2
Banco bar	$L_{Aeq}$ in dB(A)	84,8	87,4	88,2	86,9
	$L_{EX.8h}$ in dB(A)	83,6	86,2	87,0	85,7
	$L_{Cpeak}$ in dB(C)	101,3	102,9	99,1	102,4
Pista da ballo	$L_{Aeq}$ in dB(A)	104,5	108,4	109,1	103,2
	$L_{EX.8h}$ in dB(A)	103,3	107,2	107,9	102,0
	$L_{Cpeak}$ in dB(C)	121,7	119,6	123,6	113,1

**Figura 4** – Andamento nel parametro  $L_{EX.8h}$  al crescere del tempo di esposizione  $T_e$  (caso con  $L_{Aeq} = 94,1$  dB) Confronto con i limiti previsti dal D.Lgs.81/08 e DPCM 215/99

I risultati di questo studio evidenziano, pur non trattandosi di uno studio statisticamente significativo in quanto condotto su un campione limitato, un importante superamento degli indici di esposizione a rumore per i lavoratori.

## **5. MISURE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE**

Si ritiene importante limitare l'esposizione del personale alle condizioni più critiche, ovvero nella zona "pista". Qualora sia necessario permanere per almeno 4 ore (es. cubista) è necessario indossare tappi auricolari di protezione. La zona bar è bene posizionarla in una zona distante dai diffusori acustici in modo da evitare livelli di pressione acustica significativi. L'area DJ, pur rimanendo in stretto contatto con la pista da ballo deve essere circonscritta da una cabina insonorizzata.

## **6. CONCLUSIONI**

Sono state effettuate misurazioni dei livelli di rumore presenti nelle diverse zone dei lidi estivi adibiti anche a discoteca (es. consolle DJ, pista da ballo, bar). I valori emersi evidenziano condizioni abbastanza critiche indicando la necessità di ridurre i livelli di pressione acustica e limitare i tempi di esposizione. Pur se limitata l'esposizione ad alcune giornate la settimana si ritiene utile sollecitare l'uso di DPI.

Il personale addetto alla regia (DJ) è maggiormente sollecitato in quanto utilizza anche apparati localizzati di riproduzione (cuffie).

## **7. BIBLIOGRAFIA**

1. Zonizzazione Acustica del Territorio Comunale del Comune di Messina - Approvato dal Consiglio Comunale di Messina nella seduta del 22.03.2001
2. Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome. Decreto Legislativo 81/2008 Titolo VIII, Capo I, II, III, IV e V sulla prevenzione e protezione dai rischi dovuti all'esposizione ad agenti fisici nei luoghi di lavoro. Indicazioni operative. Documento n° 1-2009 rev.02
3. D.P.C.M. 16 aprile 1999 n. 215, "Regolamento recante norme per la determinazione dei requisiti acustici delle sorgenti sonore nei luoghi di intrattenimento danzante e di pubblico spettacolo e nei pubblici esercizi"
4. D.M. 16 Marzo 1998 Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico
5. LEGGE 26 ottobre 1995, n. 447, Legge quadro sull'inquinamento acustico
6. D.P.C.M 1 Marzo 1991, Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno
7. Decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81 "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro"
8. D.P.C.M 14 Novembre 1997, Determinazione dei valori limiti delle sorgenti sonore
9. G. Lucrano, F. Senes "Rumore e inquinamento acustico", Gruppo Editoriale Esselibri Simone, ISBN 978 88 513 0272 6, 2005
10. P. Nataletti, R. Sisto, A. Pieroni, F. Sanjust, D. Annesi "Studio pilota



- dell'esposizione a rumore dei frequentatori e dei lavoratori delle discoteche di Roma", atti 35° Convegno Nazionale AIA, 2008
11. V. Strippoli "Tutela dal rumore", Maggioli Editore, ISBN: 8838747040, 2008
  12. G. Romeo, "Locali di pubblico spettacolo", Maggioli Editore, ISBN: 883873447X, 2006
  13. F. Giacobbe, G. Platania, G. Tortorici, M.A. Russo "Lidi estivi: valutazione dell'impatto acustico ambientale", atti I° Convegno Nazionale "governance del rumore ambientale", 2009
  14. AA.VV.; "Rumore e vibrazioni in ambiente di lavoro. Manuale di prevenzione"; Ed. IEN-Istituto

## **STUDIO PILOTA SULLA VALUTAZIONE DEI DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALE DELL'UDITO NEL SETTORE DELLA MUSICA**

**Diego Annesi, Pietro Nataletti, Cerini Luigi, Filippo Sanjust**

INAIL, Centro Ricerche Monte Porzio Catone (RM)

### **1. INTRODUZIONE**

L'esposizione a rumore dei musicisti non è stata finora indagata accuratamente in Italia e all'estero. A livello europeo, solo nel gennaio 2007 si è svolta a Dortmund (Germania) la prima Conferenza sui rischi da esposizione a rumore dei musicisti professionisti delle orchestre liriche e sinfoniche [1]. Gli studi presentati mostrano che tutti i musicisti (violinisti, violoncellisti, contrabbassisti, trombettisti, percussionisti,...) sono esposti a livelli equivalenti sonori  $L_{Aeq}$  sistematicamente superiori ad 80 dB(A) e in alcuni casi (ad es.: clarinetto, tromba, trombone) i livelli sonori superano i 90 dB(A).

In Italia, nonostante il D.Lgs. 81/2008 includa tutti gli ambienti di lavoro nel campo di applicazione, si assiste a una forte evasione da parte dei datori di lavoro dagli obblighi previsti dal Capo II del Titolo VIII, in materia di valutazione del rischio rumore e adempimenti conseguenti (informazione, formazione, sorveglianza sanitaria, ...), nel settore della musica.

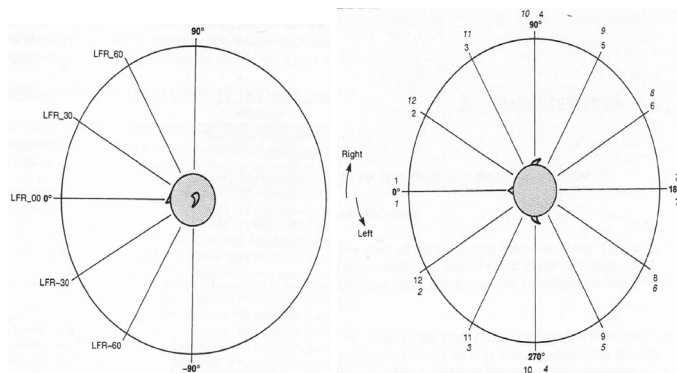
Gli unici studi sistematici riportati in Letteratura, riguardanti la valutazione dell'esposizione al rischio rumore dei professori d'orchestra e degli artisti del coro del Teatro Regio di Torino e dell'orchestra Haydn di Bolzano [2, 3], indicano livelli di esposizione in linea con quelli riportati nella Conferenza di Dortmund.

Attualmente l'attenzione si è spostata sulle misure tecniche di prevenzione e protezione disponibili sul mercato. Il presente studio riporta le prime analisi sperimentali di verifica della reale attuazione di alcuni Dispositivi di Protezione individuale dell'udito specifici per il settore della musica, utilizzabili nella fase di studio e di prova dai professori d'orchestra come misura di contenimento del rischio senza apprezzabili alterazioni della percezione del suono in quanto dovrebbero offrire, secondo le specifiche tecniche fornite dai costruttori, un'attenuazione costante a tutte le frequenze.

I risultati di questi studi e sperimentazioni saranno di ausilio per la definizione delle linee guida per l'applicazione del Capo II del Titolo VIII previste dall'art. 198 del D.Lgs. 81/2008, che dovranno essere emanate dalla Conferenza Stato-regioni su proposta della Commissione consultiva permanente.

## 2. MATERIALI E METODI

Tutte le misure sono state eseguite presso la camera anecoica del Centro Ricerche ISPESL di Monte Porzio Catone (RM). In questo ambiente di prova è stato generato, tramite il sine noise generator Brüel & Kjaer type 1049, un segnale rosa (Pink Noise) che è stato riprodotto attraverso la sorgente direzionale Brüel & Kjaer type 4224 e un subwoofer. La sorgente direzionale è stata posta alla distanza di 2 m dal simulatore dell'orecchio e del torso Brüel & Kjaer tipo 4128 in modo che gli angoli di azimut ed elevazione dell'asse congiungente il centro della testa del manichino e il centro di emissione della sorgente fossero pari a zero. (**Figura 1**).



**Figura 1:** Angolo di elevazione (sx) e angolo di azimut (dx)

L'acquisizione è stata effettuata tramite il fonometro integratore Soundbook, registratore e analizzatore Real Time a 4 canali. Per ciascuna misura sono stati acquisiti il livello equivalente ponderato "A" e lo spettro RMS in terzi d'ottava nelle seguenti posizioni (**Figura 2**):

- 1) Interno orecchio destro manichino (Ch1)
- 2) Interno orecchio sinistro manichino (Ch2)
- 3) Esterno orecchio destro manichino allineato alla distanza di 15 cm da questo (Ch3)
- 4) Esterno orecchio sinistro manichino allineato alla distanza di 15 cm da questo (Ch4)

È stato scelto un tempo di misura di 60".

I Dispositivi oggetto di studio sono i modelli Elacin ER9, ER15 e ER25 della Groeneveld Elcea BV olandese, commercializzati dalla ditta ESSEVI di Bergamo. Per determinare l'attenuazione del singolo filtro sono state eseguite due misure, una con il filtro inserito, attraverso un elemento di raccordo posto nell'ingresso del canale uditivo del manichino, e la successiva senza il filtro inserito (**Figura 3**).

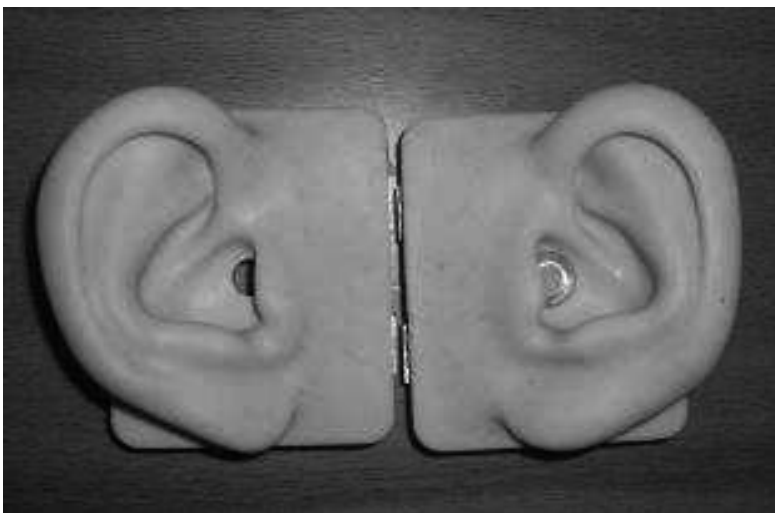
Attraverso le postazioni di misura esterne si è verificata la stabilità del campo sonoro generato tra le due misure successive.



**Figura 2:** posizionamento del manichino e delle postazioni di misura esterne nei confronti della sorgente direzionale

L'attenuazione del singolo filtro è stata ottenuta come differenza algebrica tra i livelli RMS in terzi d'ottava misurati senza filtro e i corrispondenti livelli misurati con il filtro inserito.

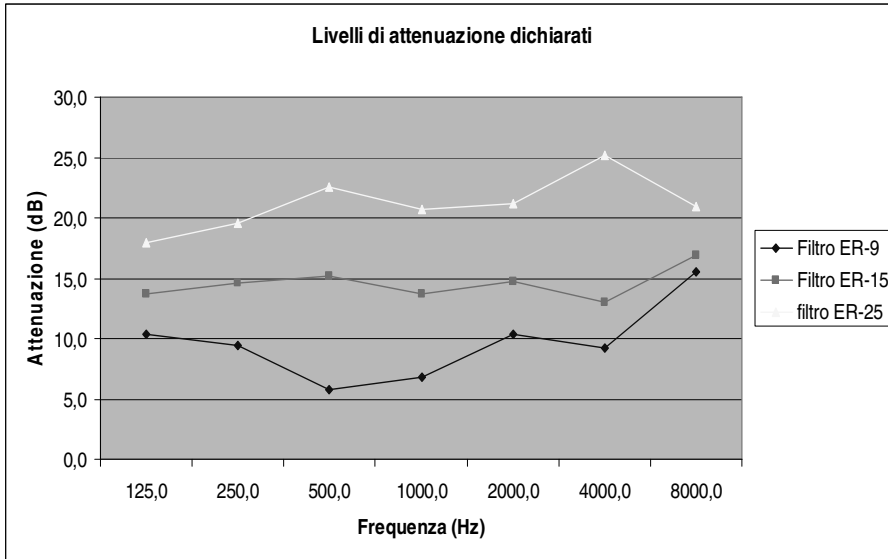
Le misure di attenuazione effettuate non tengono conto dell'eventuale contributo dell'adattatore su cui vengono montati i filtri (vedi **Figura 5**), normalmente realizzati su misura dalla ditta sulla base della conformazione del padiglione e del condotto uditivo del musicista.



**Figura 3:** Orecchio del manichino senza filtro (sx) e con il filtro inserito (dx).

## 2.1 DESCRIZIONE DEI D.P.I.

I Dispositivi di Protezione individuale ER9, ER15 e ER25 sono studiati appositamente per il settore della musica e, a detta del costruttore, garantiscono una attenuazione costante a tutte le frequenze di interesse (**Figura 4**). Questa condizione si rende necessaria per non alterare la sensazione uditiva del musicista.

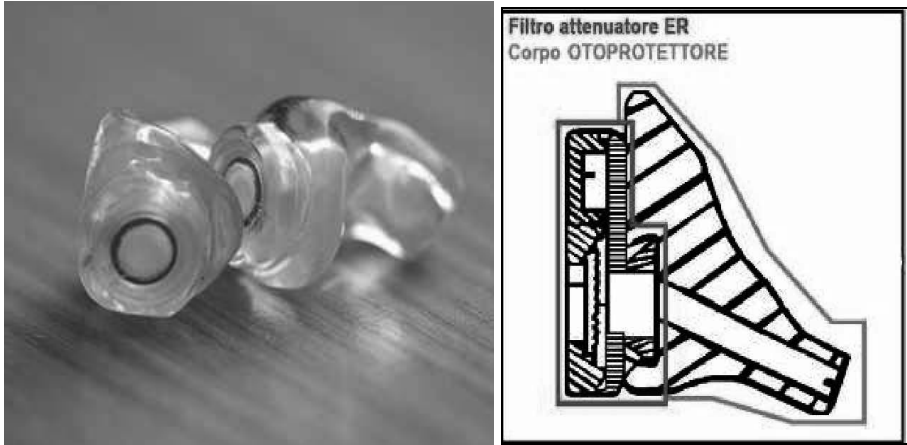


**Figura 4:** Livelli di attenuazione dichiarati dal Produttore di DPI. Le sigle ER9, ER15 e ER25 definiscono il modello del dispositivo di protezione individuale.

I Dispositivi ER9, ER15 e ER25 garantiscono tre diversi livelli di attenuazione in relazione ai tre diversi filtri in dotazione. Essi hanno un valore di SNR certificato dal costruttore in base allo standard di prodotto EN 352-2 pari, rispettivamente, a 10 dB, 16 dB e 23 dB.

I Dispositivi sono caratterizzati da due parti distinte:

1. il corpo dell'otoprotettore (parte esterna della **Figura 5**), che rappresenta la parte che si inserisce nell'orecchio e garantisce stabilità e confort. È realizzato in silicone trasparente e fatto su misura in relazione all'orecchio del musicista, adattandosi perfettamente alle pareti del condotto uditivo.
2. L'attenuatore o filtro (parte interna nello schema riportato in **Figura 5**), che è la parte fondamentale del dispositivo, in quanto è il vero responsabile dell'attenuazione dei livelli di pressione sonora nelle singole bande di frequenza.



**Figura 5.** DPI oggetto di studio composto dal filtro e dal corpo in cui è alloggiato.

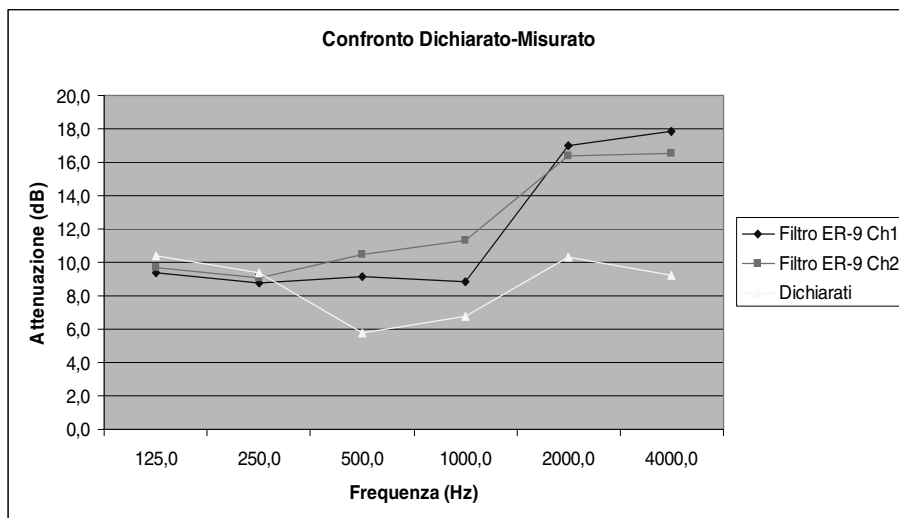
### 3. RISULTATI

#### 3.1 RISULTATI FILTRI ER9

In **Tabella 1** e in **Figura 6** sono riportati i dati misurati e dichiarati dell'attenuazione fornita dal filtro ER9, per bande d'ottava tra 125 Hz e 4000 Hz, dai quali si può evincere che i dati misurati mostrano un andamento non costante in frequenza dell'attenuazione, con uno scostamento rispetto al dato dichiarato che arriva a oltre 6 dB alle frequenze 2000-4000 Hz.

**Tabella 1:** confronto tra i livelli misurati e quelli dichiarati filtro ER9

			125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
	Canali	Posizionamento						
Livelli con Filtro ER9 (dB)	CH1	Orecchio DX	74,2	73,5	79,3	80,9	86,3	85,7
	CH2	Orecchio SX	73,5	73,2	78,0	79,0	87,1	87,6
Livelli senza Filtro ER9 (dB)	CH1	Orecchio DX	83,6	82,3	88,5	89,7	103,2	103,5
	CH2	Orecchio SX	83,2	82,3	88,4	90,3	103,5	104,2
Attenuazione misurata (dB)	CH1	Orecchio DX	9,4	8,8	9,1	8,8	17,0	17,9
	CH2	Orecchio SX	<b>9,7</b>	<b>9,1</b>	<b>10,4</b>	<b>11,3</b>	<b>16,4</b>	<b>16,6</b>
Attenuazione dichiarata dal costruttore (dB)			<b>10,4</b>	<b>9,4</b>	<b>5,8</b>	<b>6,8</b>	<b>10,3</b>	<b>9,2</b>



**Figura 6:** Confronto tra i dati misurati e dichiarati per il filtro ER9.

### 3.2 RISULTATI FILTRI ER15

In **Tabella 2** e in **Figura 7** sono riportati i dati misurati e dichiarati dell'attenuazione fornita dal filtro ER15, dai quali si può evincere che i dati misurati approssimano meglio un andamento costante in frequenza dell'attenuazione, pur mostrando ancora uno scostamento rispetto al dato dichiarato di circa 6 dB a 1000 Hz.

**Tabella 2:** confronto tra i livelli misurati e quelli dichiarati filtro ER15

			125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
	Canali	Posizionamento						
Livelli con Filtro ER15 (dB)	CH1	Orecchio DX	70,1	69,7	76,2	70,4	86,4	89,0
	CH2	Orecchio SX	70,8	70,1	74,3	73,8	85,8	89,1
Livelli senza Filtro ER15 (dB)	CH1	Orecchio DX	83,9	82,5	88,6	90,0	103,8	104,1
	CH2	Orecchio SX	83,4	82,2	88,2	89,8	103,2	103,7
Attenuazione misurata (dB)	CH1	Orecchio DX	13,8	12,8	12,4	19,6	17,4	15,1
	CH2	Orecchio SX	<b>12,6</b>	<b>12,1</b>	<b>13,8</b>	<b>16,0</b>	<b>17,3</b>	<b>14,6</b>
Attenuazione dichiarata dal costruttore (dB)			<b>13,7</b>	<b>14,6</b>	<b>15,2</b>	<b>13,7</b>	<b>14,7</b>	<b>13</b>

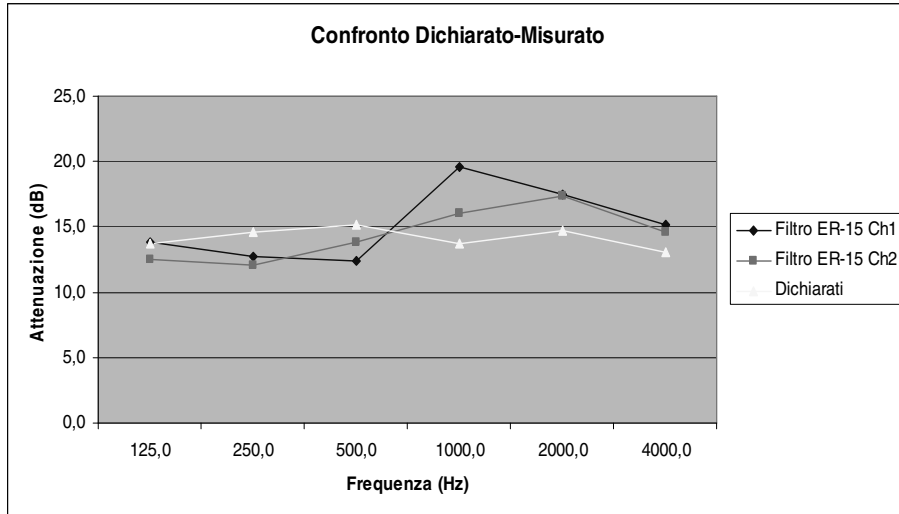


Figura 7. Confronto tra i dati misurati e dichiarati per il filtro ER15.

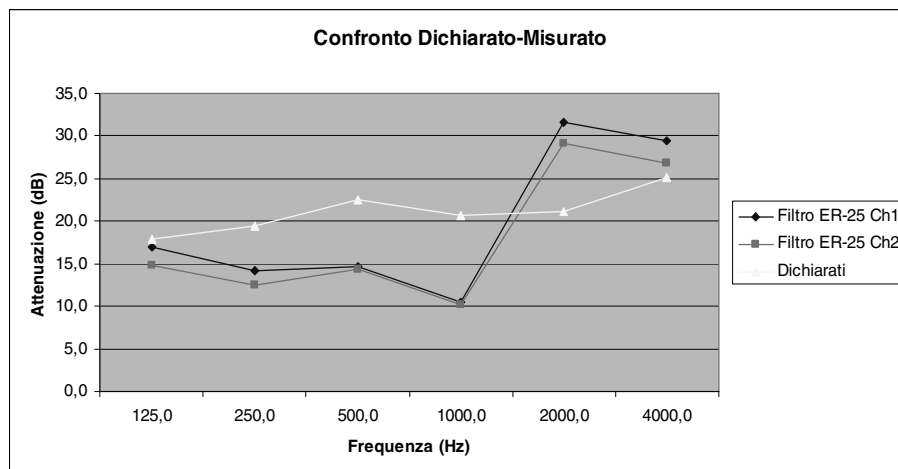
### 3.3 RISULTATI FILTRI ER25

In **Tabella 3** e in **Figura 8** sono riportati i dati misurati e dichiarati dell'attenuazione fornita dal filtro ER25, dai quali si può evincere che i dati misurati mostrano un andamento marcatamente non costante in frequenza dell'attenuazione, con uno scostamento rispetto al dato dichiarato che arriva a oltre 10 dB alle frequenze 1000-2000 Hz.

Tabella N. 3 di confronto tra i livelli misurati e quelli dichiarati filtro ER25

			125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
	Canali	Posizionamento						
Livelli con Filtro ER25 (dB)	CH1	Orecchio DX	66,9	68,1	73,9	79,3	71,8	74,3
	CH2	Orecchio SX	68,5	69,7	74,0	79,8	74,2	77,2
Livelli senza Filtro ER25 (dB)	CH1	Orecchio DX	83,8	82,3	88,5	89,8	103,4	103,8
	CH2	Orecchio SX	83,3	82,2	88,4	90,0	103,4	104,1
Attenuazione misurata (dB)	CH1	Orecchio DX	16,9	14,2	14,6	10,5	31,7	29,5
	CH2	Orecchio SX	<b>14,8</b>	<b>12,4</b>	<b>14,3</b>	<b>10,2</b>	<b>29,2</b>	<b>26,9</b>
Attenuazione dichiarata dal costruttore (dB)			<b>17,9</b>	<b>19,5</b>	<b>22,5</b>	<b>20,7</b>	<b>21,1</b>	<b>25,2</b>





**Figura 8.** Confronto tra i dati misurati e dichiarati per il filtro ER25.

#### 4. CONCLUSIONI

Le prime misure effettuate presso il Centro Ricerche ISPESL finalizzate a verificare la reale attenuazione di alcuni Dispositivi di Protezione individuale dell'udito della Groeneveld Elcea BV olandese, specifici per il settore della musica, hanno portato a risultati parzialmente in linea con le attenuazioni dichiarate dal costruttore. Solo per il filtro ER15 sono stati ottenuti risultati abbastanza congruenti, con un andamento dell'attenuazione in frequenza ragionevolmente costante che spiegherebbe il maggiore gradimento da parte degli utilizzatori, riferito dalla ditta che commercializza i dispositivi in Italia.

Le misure proseguiranno con i test in laboratorio di una versione completa dei dispositivi, comprensiva del corpo dell'adattatore dei filtri ER9, ER 15 e ER25, modellato *ad hoc* sull'orecchio artificiale del manichino.

Saranno inoltre individuati e testati altri dispositivi di prevenzione e protezione (quali schermi fonoassorbenti e/o fonoisolanti, sordine, DPI di altre marche,...) per verificarne sia l'efficienza e l'efficacia acustica ai fini della riduzione del rischio, sia l'accettabilità da parte dei musicisti, viste le particolari esigenze funzionali e prestazionali connesse al lavoro svolto [4].

I risultati di questi studi e sperimentazioni saranno utilizzati nell'ambito delle linee guida per il settore della musica previste dall'art.198 del D.Lgs.81/2008, che dovranno essere emanate dalla Conferenza Stato-regioni su proposta della Commissione consultiva permanente.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Atti della Conferenza "Music - Safe and Sound", Federal Institute for Occupational Safety and Health (BAuA), Dortmund 2007

- [2] P. Nataletti, R. Sisto, A. Pieroni, F. Sanjust e D. Annesi, “*Studio pilota dell’esposizione professionale a rumore e della funzionalità uditiva dei musicisti di una orchestra lirica nazionale*”, Atti del Congresso Nazionale SIMLII, Roma 12-15 dicembre 2007
- [3] A. Peretti, A. farnetani, P. Zani, “*Orchestra Haydn di Bolzano: esposizione al rumore dei musicisti, caratterizzazione acustica della sala, interventi di riduzione del rischio*”, Atti del 36° Convegno Nazionale AIA, Torino 10-12 giugno 2009
- [4] Maria.H. Mendes, T.C. Morata, J.M. Marques, “*Acceptance of hearing protection aids in members of an instrumental and voice music band*”, Rev Bras Otorrinolaringol 2007;73(6):785-92.



## **EFFETTI DELLE VIBRAZIONI SULL'EVOLUZIONE DELLE IPOACUSIE DA RUMORE PROFESSIONALE**

**Annamaria De Luca<sup>(1)</sup>, Adriana Abbate<sup>(1)</sup>, Maria Manuela Ceruso<sup>(1)</sup>,  
Graziella D'Arrigo<sup>(1)</sup>, Carmelo Calabrese<sup>(2)</sup>, Concetto Giorgianni<sup>(1)</sup>**

- (1) Università degli Studi di Messina - Scuola di Specializzazione in Medicina del Lavoro  
(2) Dipartimento Foreste Demaniali di Messina

### **1. INTRODUZIONE**

Il Decreto legislativo 81/2008 in riferimento alla valutazione del rischio da rumore ha posto in evidenza la necessità di studiare le interazioni con altri fattori fisici in particolare con le vibrazioni.

Alcuni studi hanno evidenziato che le vibrazioni producono una severa perdita uditiva neurosensoriale guinea pig (2007)

Vecchi studi (1990 Phaneuf), (Tavolini e Cordeiro) avevano messo in evidenza l'insorgenza di ipoacusie percettive causate da esposizioni a whole body vibration. Gli effetti prodotti sulla salute da esposizioni combinate da whole body vibration e il rumore sono stati valutati principalmente in studi sperimentali che hanno dimostrato l'aumento del TTS (spostamento temporaneo di soglia) mentre altri autori (Silve 2000) negavano che l'interazione tra rumore e WBV potesse determinare l'insorgenza di ipoacusia percettiva

Scopo della presente nota è di esaminare le risposte audiometriche di una popolazione agricolo-forestale esposti simultaneamente a rumore e vibrazione.

### **2. MATERIALI E METODI**

Lo studio è stato condotto su un campione omogeneo di operai forestali (braccianti agricoli, autisti e conduttori di mezzi meccanici), di una provincia del sud Italia.

Sono stati applicati i seguenti criteri di esclusione:

1. Esposizione a farmaci neurotossici e ototossici;
2. Malattie metaboliche;
3. Abuso di alcool;
4. Fumo di sigarette > 15 / die.

Il campione così selezionato è risultato costituito da 80 soggetti, 45 appartenenti al gruppo degli autisti e conduttori mezzi meccanici (gruppo A) e 35 appartenenti al gruppo dei braccianti forestali (gruppo B).

Le valutazioni dei rischi fisici hanno evidenziato per entrambi i gruppi una esposizione giornaliera a rumore compresa tra 80 dB(A) e 85 dB(A), mentre la

valutazione delle vibrazioni trasmesse al corpo intero nel campione A ha messo in evidenza valori di vibrazioni pari a  $1,3 \text{ m/s}^2$ .

I due campioni avevano età e anzianità lavorativa sovrapponibile rispettivamente intorno ai 18 anni di anzianità lavorativa e 39,6 di età media.

L'intero gruppo è stato sottoposto ad esame audiometrico e sono state prese in considerazione per la valutazione statistica le frequenze 500, 1000, 2000, 3000 e 4000 Hz.

La valutazione statistica è stata fatta utilizzando la metodologia NPC test (Pesarin F. 2001), tale metodologia è stata scelta per la proprietà di ottimalità di cui è caratterizzata (non assume normalità ed omoschedasticità; tratta qualsiasi tipo di variabile; assume un buon comportamento anche in presenza di dati mancanti; è potente anche in presenza di basse numerosità campionarie; risolve problemi multivariati, senza la necessità di specificare la struttura di dipendenza tra variabili; permette ipotesi alternative multivariate ristrette; consente analisi stratificate; risolve problemi con numerosità campionaria minore del numero di variabili).

### **3. RISULTATI**

L'analisi ha posto in luce che:

- Per le frequenze più basse (500 Hz e 1000 Hz) i due gruppi presentano analoghe risposte ( $p=0.080$ ,  $p=0.075$ ); essi presentano una forte differenziazione ( $p=0.008$ ,  $p=0.001$ ,  $p=0.000$ ).
- Per le rimanenti frequenze (2000 Hz, 3000Hz e 4000Hz) essi presentano una forte differenziazione ( $p=0.008$ ,  $p=0.001$ ,  $p=0.000$ ).

Un'analisi direzionale ha posto in luce come il gruppo degli esposti presentava valori più elevati ( $p=0.004$ ,  $p=0.001$  e  $p=0.000$ )

### **5. CONSIDERAZIONI E CONCLUSIONI**

I dati da noi ottenuti dimostrano che le vibrazioni trasmesse al corpo intero interferiscono con l'evoluzione del danno acustico da rumore industriale. In particolare è stato dimostrato che influenzano le alte frequenze (da 2000 a 4000 Hz). Tale influenza determina un aggravamento del danno acustico nei soggetti esposti contemporaneamente a rumore e WBV.

I nostri dati che dimostrano una influenza delle vibrazioni trasmesse al corpo intero sulla perdita uditiva si correlano con un review di Boettcher del 1987 che affermava la presenza di sinergismo tra rumore e WBV e con Hunes 1984 che mostrava la presenza di un aggravamento del danno acustico da rumore nei lavoratori esposti contemporaneamente a rumore e whole body vibration.

In conclusione pertanto possiamo affermare che esiste una interazione tra rumore e WBV nel determinismo e nella evoluzione del danno acustico di origine lavorativa e che pertanto è necessario che tali effetti siano valutati correttamente nei documenti di valutazione del rischio da rumore lavorativo.

**5. BIBLIOGRAFIA**

- Boettcher FA, Henderson D., Gratton MA, Danielson RW, Byrne CD “Synergistic interactions of noise and other ototraumatic agents” – Ear Hear. 1987 Aug; 8(4): 192-212.
- Peccarinen J. “ Noise, impulse noise, and other physical factor: combined effects on hearing” – Occup Med. 1995 Jul-Aug; 10(3): 545-59.
- Phaneuf R, Hetu R “An epidemiological perspective of the causes of hearing loss among industrial workers”- J Otolaryngol. 1990 Feb; 19(1): 31-40.
- Sutinen P, Zou J, Hunter LL, Toppila E, Pyykkö I. “Vibration–induced hearing loss: mechanical and physiological aspects”- Otol Neurotol. 2007 Feb; 28(2):171-7.



## **STRUMENTI DI VALUTAZIONE DELL'EFFICACIA DEI DISPOSITIVI DI PROTEZIONE ACUSTICA QUANDO IN USO: VERIPRO**

**Elena Piccinini**

Sperian Protection Italia – Dorno (PV)

### **1. PREMESSA**

Possiamo dire che i primi provvedimenti legislativi in merito alla protezione dal rumore in abito lavorativo siano di antica data –considerando che il D.Lgs. 277/91 risale a ben vent'anni fa– ma, come è noto, nonostante ciò l'ipoacusia da rumore in Italia è ancora la malattia professionale statisticamente più significativa.

Si tratta di una patologia particolarmente subdola: non provoca dolore, non lascia traumi visibili, non è avvertibile nella sua fase iniziale ed è dunque spesso sottostimata, e non percepita come un rischio importante: l'aspetto positivo è che in questo caso, a differenza di quanto avviene per altre patologie, una buona prevenzione è decisiva, nel senso che l'adozione di adeguate misure di sicurezza può prevenire con certezza l'insorgere della patologia.

Una volta effettuati tutti gli interventi possibili per ridurre le sorgenti di rumore, adottate misure collettive per limitare l'esposizione dei lavoratori e organizzati opportunamente i turni di lavoro, la gestione del rischio residuo prevede che si proceda a rilievi il più possibile precisi dei livelli di esposizione dei lavoratori al rumore, e alla scelta di idonei DPI di protezione acustica.

#### **1.1 ATTENUAZIONE DEGLI OTOPROTETTORI**

Nel 1992 la ISO/UNI 24869 delineava un metodo di calcolo del livello di attenuazione di un otoprotettore; il titolo della norma recita "Protettori auricolari: Metodo *soggettivo* per la misura dell'attenuazione sonora".

Ricordiamo in cosa consiste il metodo: si individuano 16 soggetti, che vengono formati ed addestrati affinché siano in grado di posizionare e regolare adeguatamente gli otoprotettori da sottoporre a test. Ai partecipanti alla prova vengono fornite informazioni complete circa la situazione e i procedimenti di prova, e successivamente vengono distribuiti i protettori: qualora fossero disponibili in più taglie, lo sperimentatore deve aiutare il soggetto a scegliere quella più adatta. Non devono essere indossati in fase di test né occhiali, né orecchini od altri oggetti che possano compromettere la buona tenuta del protettore. Il soggetto deve infine prendere visione della nota informativa del fabbricante, e deve ricevere tutte le informazioni che gli possano essere utili per indossare o regolare il dispositivo



conformemente a quanto indicato dal fabbricante. Quando lo sperimentatore avrà valutato che il soggetto sia in grado di poter indossare e regolare correttamente il dispositivo, lo inviterà a rimuoverlo, e ad indossarlo nuovamente per la prova definitiva, seguendo le istruzioni precedentemente ricevute.

Il soggetto verrà informato del fatto che l'attenuazione ottimale del protettore che indossa può essere ottenuta regolando il protettore in modo da "percepire un livello minimo durante l'ascolto di un rumore costante". Il rumore utilizzato per la regolazione deve essere un rumore casuale a banda larga emesso ad un livello di pressione acustica tra i 60 e i 70 dB a livello della testa del soggetto.

Infine, prima di procedere alla prova definitiva, il soggetto muoverà la testa più volte e pronuncerà delle sillabe con forza, per accertare che non vi siano spostamenti del protettore in questi casi, con conseguente perdita di attenuazione.

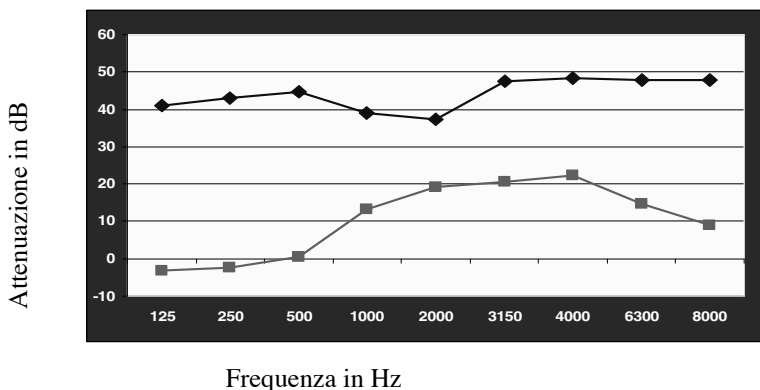
Da quanto sopra si evincono due ordini di considerazioni:

- il livello di abbattimento accertato per un otoprotettore (SNR) non è un valore assoluto e tassativo, ma costituisce una stima di laboratorio dell'attenuazione che può essere raggiunta da un otoprotettore nell'84% dei casi, se correttamente indossato;
- l'otoprotettore viene testato in laboratorio in condizioni ottimali, avendo istruito perfettamente l'utilizzatore su come indossare il dispositivo.

E' chiaro che tali condizioni ottimali sono ben difficilmente riproducibili nella vita reale, dove si rilevano tipicamente una minor attenzione e cura nell'indossare gli otoprotettori, con conseguenti risultati di attenuazione ben diversi rispetto a quanto testato in sede di certificazione..

Nel nostro laboratorio di San Diego, attrezzato con le medesime apparecchiature di un Organismo Notificato, abbiamo testato uno stesso inserto nelle condizioni previste dalla UNI 24869, con identiche procedure, e successivamente lo stesso inserto, sullo stesso individuo, al quale si è chiesto di posizionare l'inserto come farebbe abitualmente, per cui non seguendo necessariamente le indicazioni fornite precedentemente.

Come si evince dal grafico, nel primo caso l'inserto, avente un SNR di 39 dB, mostra ottime prestazioni praticamente su tutte le frequenze.



Nel secondo caso invece, lo stesso inserto, a causa di un inserimento poco accurato, mostra un abbattimento quasi nullo sulle basse frequenze, e modesto sulle alte.

Oltre all'importanza di un inserimento corretto dell'otoprotettore, non possiamo prescindere dall'evidenza che ogni individuo presenta un condotto uditivo diverso, e non necessariamente un inserto auricolare si può adattare alla conformazione di tutti; si tratta di un'altra variabile normalmente non facilmente misurabile.

Negli ultimi anni la consapevolezza di questa incertezza della protezione assicurata ai lavoratori è diventata concreta, spingendo i vari Enti di Normazione nazionali a proporre dei correttivi cautelativi all'utilizzo del metodo SNR (proposte di de-rating). Non vi è omogeneità a livello europeo su quale sia il correttivo da utilizzare e comunque, qualsiasi esso sia, è di nuovo frutto di un arbitrio, che non può tenere conto delle condizioni specifiche di abbattimento riferite ad un determinato essere umano.

Nell'ambito della protezione delle vie respiratorie è comunemente accertata la necessità di un "fit-test" (test di tenuta) del dispositivo di protezione delle vie respiratorie da parte del lavoratore, per essere certi che un posizionamento non corretto non ne infici la tenuta: viceversa per la protezione dell'udito si è pensato di realizzare uno strumento che consenta di valutare la reale attenuazione assicurata da un otoprotettore, quando in uso.

## 2. VERIPRO

E' così nato VeriPro, sviluppato in collaborazione con lo House Ear Institute [www.hei.org] di Los Angeles, California – un'organizzazione no-profit che da 60 anni si dedica alla ricerca e alla prevenzione delle problematiche legate alla perdita dell'udito.

VeriPRO è uno strumento che consente di ottenere un quadro realistico della protezione realmente garantita al singolo lavoratore; al tempo stesso evidenzia una eventuale necessità di ulteriore formazione al corretto inserimento degli otoprotettori, o di selezionare un diverso dispositivo, più coerente con le esigenze dell'individuo, o una taglia differente.

Il livello di attenuazione personale viene testato in entrambe le orecchie, su una gamma di frequenze. Queste informazioni sono poi visualizzate in reports individuali, accessibili da parte del Responsabile Sicurezza.

L'hardware è illustrato nella figura a seguito:



L'apparecchio è costituito da un audioprocessore, che si collega al computer per mezzo della porta USB. Le cuffie, munite di microfoni bilanciati da un punto di vista audiometrico, a loro volta vengono collegate all'audioprocessore per mezzo di uno spinotto.

## **2.1 FUNZIONAMENTO**

VeriPRO utilizza un metodo simile a quello impiegato nei test ufficiali volti a stabilire l'attenuazione degli otoprotettori. La base di partenza è una misurazione relativa della soglia uditiva – chiamata “bilanciamento del rumore”: l'intensità sonora di un suono immesso in un orecchio, tramite le cuffie, è bilanciata fino a raggiungere l'intensità di un suono immesso nell'altro orecchio, ad un livello noto (65 dB).

Questo metodo consente di effettuare un test accurato in un ambiente comune, con il normale rumore di sottofondo, senza che sia necessaria la cabina audiometrica. I soggetti vengono testati in un primo tempo senza inserti, poi con indosso l'inserto destro e poi con entrambi, per determinare il livello di protezione personale raggiunto.

Vi sono due opzioni di test: la prima è più veloce –ma meno accurata– in quanto viene testata solo la frequenza dei 500 Hz. La durata del test è di circa 2-3 minuti. La seconda opzione comporta un test su 5 frequenze: 250-500-1000-2000-4000 Hz, e dura circa 10 minuti.

In dettaglio, il test si articola in 3 parti:

Parte 1: si identifica la soglia uditiva dell'orecchio sinistro, senza inserti: indossate le cuffie, l'utilizzatore per mezzo di un cursore “bilancia” l'intensità di un suono immesso nell'orecchio destro a 65 dB. Questa operazione ci dice se vi sia un'asimmetria nell'apparato uditivo del soggetto test e, se così è, viene applicato il correttivo necessario alle due successive fasi del test;

Parte 2: il soggetto, rimossa la cuffia, posiziona un inserto nell'orecchio destro, e indossa nuovamente la cuffia. Il suono viene ora immesso nell'orecchio destro a 100 dB (un livello ancora sicuro, in quanto l'udito è comunque protetto dall'inserto), e VeriPro misura quanto ciò cambia il livello del rumore bilanciato nell'orecchio sinistro (meno l'eventuale asimmetria misurata nella fase 1 del test). Ciò ci dice esattamente quanta attenuazione assicura l'inserto destro;

Parte 3: Si posiziona l'inserto sinistro, si immette un suono di riferimento a 90dB, si aggiunge lo scarto calcolato prima, si sottrae il risultato ottenuto dall'utente muovendo il cursore e l'attenuazione ottenuta nell'orecchio destro, per ottenere l'attenuazione nell'orecchio sinistro.

Sulla base dei dati di attenuazione ottenuti per ogni frequenza, VeriPro calcola il livello di attenuazione personale (PAR – *Personal Attenuation Rating*) utilizzando la formula indicata dalla ANSI S 12.6.

## **2.2 CALCOLO DEL LIVELLO DI ESPOSIZIONE SICURO**

Una volta accertato il PAR per ogni orecchio, VeriPro dà evidenza del Livello di Esposizione Sicuro, utilizzando la seguente formula: 80 dB (livello di esposizione massima) + il livello inferiore di PAR ottenuto (desto o sinistro).

Es. 80 dBA + 28 dB (PAR ottenuto dal lavoratore) = 108 dBA è il livello massimo di rumorosità cui *quel lavoratore, con quell'inserto*, può esporsi con indosso l'otoprotettore.

## **2.3- CALCOLO DEL LIVELLO DI ESPOSIZIONE CON PROTEZIONE**

Se un utilizzatore di VeriPro ha immesso nel sistema il proprio livello di esposizione sul luogo di lavoro, VeriPro calcola il Livello di Esposizione con protezione (stima del livello sonoro che raggiunge l'orecchio, con l'inserto indossato), come segue: Livello di esposizione dell'operatore (inserito a sistema, nel profilo dell'utilizzatore) – il PAR (il valore più cautelativo ottenuto, destro o sinistro).

Es. TWA 102 dBA – 28 dB (PAR ottenuto dal lavoratore) = 74 dBA è il livello sonoro all'orecchio stimato, con indosso l'otoprotettore.

## **3. LIMITI D'IMPIEGO**

Nel caso di utilizzatori con problemi di udito di particolare gravità, questi possono interferire con la corretta percezione del suono di riferimento, specialmente sulle alte frequenze; in questo caso il ricorso alla versione rapida del test –sui 500 Hz– dà comunque un'indicazione sufficiente in merito al livello di protezione ottenuto.

Tutte le tipologie di inserti auricolari possono essere testate con VeriPro: è sufficiente inserire nel sistema i dati di attenuazione per banda di ottava del nuovo inserto che si voglia testare, se non già previsto.

## **4. OBIETTIVI RAGGIUNTI**

VeriPro è concepito per fornire un supporto alle aziende per l'implementazione di un programma strutturato di conservazione dell'udito, consentendo di dare corpo ai seguenti aspetti:

- Determinare il livello di attenuazione personale significa ottenere indicazioni più certe in merito alla reale protezione ottenuta dal singolo individuo, rispetto a quanto si ottiene con la mera applicazione del metodo SNR;
- Accertare se si verificano casi di protezione insufficiente, o di iperprotezione, che portino alla necessità di valutare nuovi inserti auricolari, o comunque soluzioni alternative, soggettivamente più valide;
- Fornire al tempo stesso una valutazione della situazione reale e un programma di training. Il software infatti integra dei brevi filmati formativi, che mostrano la

procedura corretta di inserimento degli inserti auricolari. Si ottempera così in modo documentato a quanto disposto dal Decreto legislativo 81/2008 in merito alla formazione obbligatoria.

- Tracciabilità: i risultati delle valutazioni effettuate sui lavoratori vengono salvati sul computer, in modo da poter conservare uno storico di quanto rilevato e delle successive misure correttive adottate.

## **5. REFERENZE**

Di seguito si riportano alcuni degli Enti che, in Europa, hanno adottato VeriPro, con fini di ricerca, o di supporto nella propria attività di controllo e prevenzione:

- Berufsgenossenschaft Präventionsdienst – Nürnberg,
- BGIA Acoustic Laboratory - Sankt Augustin,
- SUVA - Luzern, Switzerland,
- Warsaw University of Technology - Warsaw, Poland

## **IL CORE COMPETENCE DEL TECNICO AUDIOMETRISTA**

**Annalisa Liumbruno, Lorena Ferdenzi, Cristian Botti, Pietro Cino,  
Rosa Maria Murru, Francesco Pizzoli, Matteo Cavalli**

A.I.T.A. - Associazione Italiana Tecnici Audiometristi

### **1. INTRODUZIONE**

Perseguire un percorso di miglioramento continuo della qualità del lavoro, delle condizioni di lavoro e della salute dei lavoratori parte necessariamente da una efficace cultura della prevenzione e della comunicazione.

La conoscenza delle professioni che operano nel settore sanitario e delle reciproche competenze sono basilari per un corretto approccio nella ricerca della qualità.

22 sono le professioni sanitarie, con laurea di 1° livello, inserite nei percorsi organizzativi delle strutture sanitarie italiane pubbliche e private.

Anche nella Medicina del Lavoro, nei processi di sorveglianza sanitaria, sia ha la necessità di avvalersi delle professioni sanitarie, tra queste troviamo il tecnico audiometrista riconosciuto dalla legge italiana come il professionista sanitario qualificato per svolgere una attività preventiva, valutativa, riabilitativa e relazionale del paziente con patologie del sistema uditivo e vestibolare (D.M. 667/94, L. 42/99, L. 251/00, L. 43/06), tra cui l'esecuzione di indagini audiometriche.

Oltre alla legislazione sopra citata, oggi abbiamo a disposizione un altro strumento che permette di definire le aree di attività in cui il tecnico audiometrista si identifica come esperto: il core competence.

### **2. IL CORE COMPETENCE DEL TECNICO AUDIOMETRISTA**

Nel 2006 presso l'Attività Dipartimentale Analisi e Valutazione delle competenze professionali e dei processi formativi Agenzia per la Formazione ASL 11 Empoli, il dr. Danilo Massai, Direttore Agenzia per la Formazione e la Dr.ssa Ambra Amerini, hanno avuto l'incarico di mappare le competenze delle figure professionali del settore socio sanitario, tra queste il tecnico audiometrista.

La ricerca del "profilo giuridico" (normativa di riferimento, percorso formativo, associazione di riferimento) è stato lo step di partenza su cui costruire il core competence dell'audiometrista.

Nel gruppo di lavoro, tra gli attori coinvolti, oltre gli esperti di metodo e della Commissione Formazione, è stata coinvolta anche A.I.T.A. a cui è stato chiesto di approfondire le attività significative e caratterizzanti dell'audiometrista.

Dal metodo utilizzato (modello ISFOL) le competenze si dividono in cluster di competenza: di base, trasversali, tecnico professionali trasversali al settore socio-sanitario e tecnico professionali. I primi 3 cluster sono uguali a tutte le professioni sanitarie, mentre il 4° cluster descrive la specificità della professione.

In questa relazione metteremo a conoscenza il cluster delle competenze tecnico professionali dell'audiometrista e rimandiamo per l'approfondimento dell'argomento al lavoro svolto dalla Commissione Formazione Regione Toscana "Le competenze delle professioni sanitarie" 1° e 2° volume.

Le competenze tecnico professionali dell'audiometrista sono specifiche della figura professionale e definiscono le aree di attività in cui si identifica come esperto:

### **Competenze Tecnico Professionali del Tecnico Audiometrista**

#### Valutazione

##### **Effettuare la valutazione specifica**

- ✓ Raccogliere i dati anamnestici del paziente,
- ✓ Interpretare il bisogno del paziente,
- ✓ Rapportarsi con il paziente e/o con la famiglia,
- ✓ Somministrare questionari audiologici,
- ✓ Eseguire ispezione (otoscopia) del condotto uditivo esterno,
- ✓ Individuare strategia tecnica più adeguata,
- ✓ Informare il paziente,
- ✓ Istruire il paziente.

##### **Valutare il sistema uditivo e vestibolare**

- ✓ Valutare la taratura degli strumenti,
- ✓ Eseguire la taratura degli strumenti,
- ✓ Eseguire prove non invasive di valutazione e misura del sistema uditivo e vestibolare,
- ✓ Utilizzare tecniche di misurazione psicoacustiche ed elettrofisiologiche,
- ✓ Trascrivere i test su cartelle audiologiche,
- ✓ Valutare i risultati audiometrici,
- ✓ Eseguire calcolo percentuale di perdita uditiva utilizzando apposite tabelle,
- ✓ Stendere report tecnico degli esami effettuati.

#### Prevenzione

##### **Progettare programmi di prevenzione**

- ✓ Eseguire misure fonometriche nell'ambito di indagini sull'inquinamento acustico collaborando con altre figure professionali,
- ✓ Effettuare screening al fine di evidenziare precocemente le patologie del sistema uditivo in collaborazione con altri professionisti,
- ✓ Raccogliere scientificamente i dati dello screening,
- ✓ Organizzare campagne informative al fine di prevenire e ridurre rischi derivanti da esposizione a rumore in collaborazione con altre figure professionali,

- ✓ Attivare programmi di prevenzione (in ambito lavorativo) e formazione dei lavoratori esposti a rumore.

### Riabilitazione

#### **Riabilitare l'apparato uditivo e vestibolare**

- ✓ Scegliere la modalità riabilitativa più adeguata,
- ✓ Elaborare il piano riabilitativo,
- ✓ Applicare procedure, protocolli, linee guida e istruzioni operative,
- ✓ Motivare il paziente a condividere i trattamenti,
- ✓ Proporre l'adozione di ausili protesici e /o impiantistici,
- ✓ Addestrare all'utilizzo di ausili protesici e/o impiantistici,
- ✓ Eseguire l'attivazione degli ausili impiantistici,
- ✓ Valutare l'efficacia/ beneficio audiologica dell'ausilio protesico e/o impiantistico,
- ✓ Somministrare questionari valutativi (di gradimento),
- ✓ Stendere relazioni sui soggetti seguiti,
- ✓ Verificare efficacia della metodologia riabilitativa applicata.

### **3. CONCLUSIONI**

Il core competence rappresenta un traguardo importante per delineare l'identità culturale e le competenze professionali che caratterizzano il tecnico audiometrista. Tali competenze riguardano non solo le conoscenze che deve possedere, ma anche le abilità e i comportamenti che influenzano il suo agire professionale.

Il rispetto delle competenze professionali è la base per garantire una divulgazione corretta della cultura della qualità nell'interesse della medicina e dei lavoratori.

### **4. BIBLIOGRAFIA**

- [1] Commissione Formazione Regione Toscana "Le competenze delle professioni sanitarie" 1° e 2° volume", in fase di pubblicazione.
- [2] D.M 14 settembre 1994, n.° 667 (G.U. 3 dicembre 1994, n.° 283) "Regolamento concernente la individuazione della figura e relativo profilo professionale del tecnico audiometrista".
- [3] Botti C. "Qualità dell'esame audiometrico nella medicina del lavoro". Atti del dBA 2006 rischi fisici negli ambienti di lavoro, 12-13 ottobre 2006 Modena, vol. 1, 568-581.





## **ESPERIENZE DI VALUTAZIONE E CONTROLLO DEGLI ULTRASUONI**

**Francesco Frigerio<sup>(1)</sup>, Riccardo Di Liberto<sup>(2)</sup>, Andrea Di Buduo<sup>(3)</sup>**

<sup>(1)</sup> Fondazione Salvatore Maugeri, Centro Ricerche Ambientali - Pavia

<sup>(2)</sup> Fondazione IRCCS Policlinico S. Matteo - Pavia

<sup>(3)</sup> Svantek Italia - Melzo (MI)

### **1. INTRODUZIONE**

La nostra specie è dotata di un apparato efficiente e sensibile per rivelare le onde elettromagnetiche a frequenza compresa tra 383 e 787 THz.

Nondimeno si verificano effetti e, qualche volta danni, anche nel resto dello spettro.

Per tutti gli intervalli dello spettro elettromagnetico esistono definizioni, metodi di valutazione e regolamentazioni abbastanza precise e ormai acquisite, anche dove eventuali effetti nocivi non sono accertati.

Nel dominio dell'acustica viceversa, la nozione di "ultrasuoni" per le frequenze superiori a 20 kHz identifica fenomeni e applicazioni anche molto diverse fra loro.

La percezione del rischio da parte del pubblico inoltre è per i fenomeni elettromagnetici spesso tale da sovrastimare il rischio mentre gli ultrasuoni tendono a essere considerati sicuri.

La letteratura scientifica risulta al momento divisa in due parti, apparentemente non comunicanti tra loro.

Chi si occupa stabilmente di prevenzione e sicurezza negli ambienti di lavoro ha raggiunto un consenso sulla pericolosità associata agli ultrasuoni aerodispersi con frequenze comprese tra 20 e 100 kHz, i cui effetti sono essenzialmente di tipo acustico, spesso dovuti alle subarmoniche a frequenza udibile [1], [2].

Nella letteratura medica emerge periodicamente il dibattito sugli effetti degli ultrasuoni introdotti nel corpo a scopo diagnostico e terapeutico [3],[4].

Questo dibattito è interessante perché mentre la classica diagnostica ecografica utilizza ultrasuoni a frequenza superiore al MHz, con intensità tali da non causare allo stato attuale delle conoscenze effetti significativi, si stanno sempre più diffondendo applicazioni a scopo estetico, che utilizzano frequenze < 50 kHz e con intensità in grado di indurre effetti quali la distruzione di strutture cellulari, la formazione di radicali liberi e la sonoluminescenza il cui rischio deve essere ancora studiato.

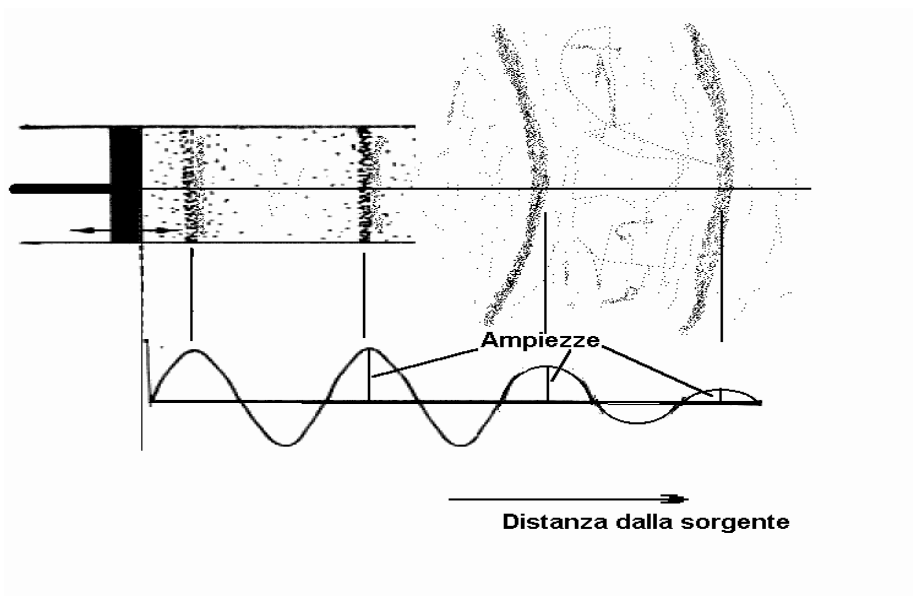
Il D.Lgs. 81/08 (TU) identifica gli ultrasuoni fra gli agenti fisici di rischio la cui valutazione è obbligatoria, senza fornire ulteriori precisazioni.

Nel presente lavoro ci proponiamo pertanto di

- fornire alcuni richiami di teoria utili per definire correttamente i diversi campi di applicazione degli ultrasuoni;
- descrivere i valori limite, i criteri di sicurezza applicabili e i provvedimenti utili a riportare le esposizioni entro i valori limite;
- descrivere i metodi di misura e valutazione del rischio al momento applicabili

## 2. RICHIAMI DI FISICA DEL SUONO

Il suono è la propagazione, in un mezzo, di onde longitudinali di compressione del mezzo stesso. Una classica rappresentazione è riportata in **Figura 1**.



**Figura 1:** onda di compressione generata dal suono

Il numero di cicli di compressione e rarefazione nell'unità di tempo è detto frequenza, misurata in Hz.

L'inverso della frequenza è il periodo  $T$ , espresso in secondi, e la distanza percorsa dalla perturbazione in un tempo pari a un periodo è detta lunghezza d'onda.

Vale quindi la relazione:

$$\lambda \cdot \nu = \frac{\lambda}{T} = \nu_m \quad (1)$$

Dove  $\nu_m$  è la velocità di propagazione della perturbazione nel mezzo.

Queste relazioni sono del tutto analoghe a quelle che si applicano ai fenomeni elettromagnetici; in effetti in quel contesto la propagazione per onde è fondata sulle equazioni di Maxwell che specificano come la variazione temporale del campo elettrico generi il campo magnetico e viceversa.

In questo caso possiamo immaginare che il pistone che genera la compressione nella Figura 1 sia mosso con legge periodica, della forma

$$x(t) = x_0 \cos(\omega t) \quad (2)$$

Per le proprietà delle funzioni periodiche,  $x(\omega t + 2 \cdot \pi) = x_0$ , ovvero dopo un tempo

$$T = \frac{2 \cdot \pi}{\omega} \text{ il pistone ritorna alla posizione iniziale.}$$

L'onda sonora dunque si propaga nel mezzo con velocità data dalla (1)

Un primo punto importante è che mentre  $\nu = \frac{\omega}{2 \cdot \pi}$  dipende solo dalle caratteristiche

della sorgente che genera la compressione,  $\lambda$  dipende dalle caratteristiche del mezzo di propagazione.

Trattando i fenomeni elettromagnetici, si considera, nella maggior parte dei casi, la propagazione delle onde nell'aria caratterizzata da una velocità di propagazione molto prossima a quella nel vuoto.

Per le onde sonore, viceversa, sono molto importanti le differenze nella velocità di propagazione nei diversi materiali.

Ciascun materiale può essere per praticità caratterizzato da una grandezza chiamata impedenza acustica data da

$$Z = \rho \cdot \nu_m \quad (3)$$

dove  $\rho$  è la densità e  $\nu_m$  è la velocità di propagazione nel materiale.

Il termine impedenza deriva dal fatto che la  $Z$  descrive come il mezzo si oppone al passaggio delle onde sonore analogamente a come l'impedenza elettromagnetica si oppone al passaggio del campo.

Tornando all'esempio del pistone, consideriamo la pressione che questo genera nel suo movimento: tale pressione avrà anch'essa andamento periodico dato da:

$$P(t) = P_0 \cos(\omega t) \quad (4)$$

possiamo allora definire una pressione acustica efficace data da

$$P_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T P^2(t) dt} \quad (5)$$

Applicando la definizione di impedenza possiamo definire la grandezza “Intensità acustica”, formalmente analoga all’intensità di corrente:

$$I = \frac{P_{eff}^2}{Z} \quad (6)$$

Il concetto di impedenza è utile anche per descrivere il trasferimento di energia all’interfaccia fra due mezzi diversi.

Tralasciando la dimostrazione formale, possiamo descrivere, in termini dell’impedenza acustica i valori dei coefficienti di riflessione R e di trasmissione T di un’onda sonora all’interfaccia fra due mezzi.

Siano  $Z_1$  l’impedenza acustica del mezzo 1 e  $Z_2$  l’impedenza acustica del mezzo 2.

Il coefficiente di riflessione ovvero il rapporto fra l’intensità dell’onda sonora riflessa rispetto a quella incidente (in direzione ortogonale) è dato da:

$$R \equiv \frac{I_r}{I_i} = \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{(Z_2 + Z_1)^2} \quad (7)$$

Il coefficiente di trasmissione è invece dato da

$$T \equiv \frac{I_t}{I_i} = \frac{4 \cdot Z_1 \cdot Z_2}{(Z_2 + Z_1)^2} \quad (8)$$

Coerentemente con il significato che la definizione di impedenza assume nella (6), se  $Z_1$  e  $Z_2$  sono molto diverse R tende a 1 e T è molto piccolo; se viceversa i valori sono molto vicini (adattamento di impedenza), il coefficiente di riflessione tende a zero e l’intensità acustica rimane poco attenuata al passaggio della superficie di interfaccia.

L’impedenza si misura in  $\text{kg/m}^2\text{s}$ , unità detta Rayleigh (Rayl), i valori riportati nella **Tabella I** mostrano un primo dato importante ai fini della sicurezza: le onde sonore convogliate all’interno dei tessuti si trasmettono all’aria in modo estremamente inefficiente.

**Tabella 1:** impedenza acustica di diversi mezzi

Mezzo	Impedenza acustica (Rayl)
Aria	4,00E-03
Acqua	1480
Fegato	1640
Muscolo	1700
Osso	7800

L’espressione (4) è ovviamente una semplificazione, i fenomeni reali sono caratterizzati da una sovrapposizione di termini a diversa frequenza, le cui ampiezze nei casi più complicati variano nel tempo.

Per le onde acustiche, come per le onde elettromagnetiche, gli effetti e le applicazioni dipendono dalla frequenza, ma in acustica ha importanza decisiva il mezzo attraversato.

Una proprietà molto importante delle onde acustiche, che discende da come queste trasferiscono energia al mezzo attraversato, è l'attenuazione in funzione dello spessore. L'attenuazione dipende sia dalla diffusione che dall'assorbimento, il termine di assorbimento ha la forma

$$R_F = 10^{-0,1\alpha v z} \quad (9)$$

Dove  $\alpha$  vale 0,3 dB/cm\*MHz per i tessuti umani;  $z$  è lo spessore attraversato in cm e  $v$  la frequenza in MHz.

La scala in decibel è utile quando una certa quantità varia in un intervallo che comprende molti ordini di grandezza.

Nell'acustica del rumore, si usa solitamente la scala in decibel di pressione sonora:

$$dB = 20 \log_{10} \frac{P}{P_0} \quad (10)$$

Dove  $P_0$  è la minima pressione efficace udibile per un suono a 1000 Hz, ovvero 20  $\mu$ Pa. Ricordando la (6), si può anche scrivere

$$dB = 10 \log_{10} \frac{I}{I_0} \quad (11)$$

Il valore di riferimento dell'intensità acustica è  $10^{-12}$  W/m<sup>2</sup>, la scala in intensità è utilizzata più spesso nelle applicazioni cliniche e industriali.

### 3. EFFETTI E APPLICAZIONI DELLE ONDE ACUSTICHE

Prima di addentrarsi nelle applicazioni degli ultrasuoni è importante notare che esistono diverse applicazioni tecnologiche che sfruttano onde acustiche a frequenza < 20 kHz per ottenere informazioni sulla struttura interna di manufatti, costruzioni strutture geologiche e altro ancora misurando l'intensità dello spettro trasmesso o riflesso.

Possiamo citare il sonar, utilizzato in campo navale, il sistema RASS che segue con un radar la propagazione di un impulso sonoro in atmosfera per ottenere dati meteorologici, e molti sistemi di controllo non distruttivo di strutture.

La valutazione di rischio in questo caso implica la necessità di valutare se e in quali condizioni, errato puntamento del fascio o, più spesso, errato accoppiamento fra sorgente e struttura da studiare, può verificarsi un'esposizione accidentale significativa.

Questo tipo di valutazione rientra nella valutazione del rischio di esposizione a rumore e vibrazioni di cui ai capi II e III del Titolo VII del TU.

In campo medico, le onde acustiche sia ultrasoniche sia a frequenza udibile sono focalizzate all'interno del corpo per diverse applicazioni:

- la frantumazione dei calcoli (litotrixxia) o di piccole calcificazioni ossee e tendinee,
- per la cura dei dolori articolari sfruttando l'effetto di riscaldamento in profondità ed anche in chirurgia (bisturi ad ultrasuoni).

Nella litotrixxia il personale è normalmente esposto solo ad una trascurabile frazione dell'energia acustica impiegata che può anche superare i 180 dB sul bersaglio.

Uno degli effetti delle onde acustiche più utilizzati dalla tecnologia e che comporta l'esposizione ad ultrasuoni, è la capacità di provocare la cavitazione nei liquidi.

Le onde sonore sono in grado di far crescere con una rapida espansione e successivamente far collassare le bolle di gas contenute in un liquido.

Il collasso della bolla può, sotto certe condizioni, sviluppare localmente temperature di migliaia di Kelvin con conseguente emissione di radiazione ottica (sonoluminescenza).

La cavitazione può avvenire a tutte le frequenze in funzione dell'impedenza del liquido.

Alle frequenze comprese tra 20 kHz e 40 kHz, la cavitazione viene indotta in acqua per pulire componenti meccanici, gioielli etc.

L'intensità del campo sonoro sul pezzo da pulire è dell'ordine di  $1 \text{ W/cm}^2$ , ovvero 160 dB, una frazione di questa energia si trasmette all'aria dove gli ultrasuoni possono arrivare a  $90 \div 100 \text{ dB}$ .

Anche se questi apparecchi sono comunemente definiti "a ultrasuoni" usano spesso una frequenza fondamentale molto vicina a 20 kHz, in qualche caso inferiore, con significativa generazione di rumore udibile.

Gli ultrasuoni sono anche utilizzati per la saldatura di materiali termoplastici, il materiale su entrambe le parti interessate alla saldatura fonde, formando un giunto pressoché omogeneo dopo il raffreddamento.

Vibrazioni elettriche ultrasonore alla frequenza dai 20 ai 40 kHz sono create da un generatore di potenza ad ultrasuoni, che viene alimentato con la normale corrente di rete a 50 Hz

Un convertitore muta poi le vibrazioni ad alta frequenza elettrica, provenienti dal generatore, in vibrazioni meccaniche - comparabili ad un micro martellamento ultraveloce.

L'ampiezza costante prodotta dal convertitore viene modificata o trasferita tramite il booster che ha il compito di amplificare o diminuire l'ampiezza dell'oscillazione meccanica trasmessa al sonotrodo (utensile che rimane a diretto contatto con l'oggetto da saldare).

Il risultato è l'accumulo di calore all'interfaccia fra le due parti che porta alla temperatura di rammollimento dei materiali e alla conseguente saldatura.

Le potenze impiegate sono dell'ordine dei  $100 \text{ W/cm}^2$  alla giunzione, corrispondenti a 180 dB.

In campo medico gli ultrasuoni a frequenza  $< 50 \text{ kHz}$  sono utilizzati per la loro capacità di depositare energia in profondità nei tessuti.

L'impiego è per lo più estetico, [5] utilizzando diversi livelli di potenza che tuttavia non è sempre facile ricavare dalle informazioni fornite dal costruttore che, come spesso succede in questo campo, si dilunga nel presentare risultati di studi clinici senza fornire dettagli sulla tecnologia impiegata. Inoltre, ad oggi non vi sono standard tecnici per determinare le intensità sonore emesse al di sotto dei 500 kHz di frequenza.

Ultrasuoni a frequenza > 1 MHz sono normalmente impiegati in fisioterapia per ottenere un riscaldamento profondo dei tessuti.

A queste frequenze, per via delle proprietà descritte dalle espressioni (7), (8) e (9), gli ultrasuoni si propagano con estrema difficoltà attraverso l'aria; la trasmissione ai tessuti deve avvenire interponendo fra l'applicatore e la pelle un apposito gel di accoppiamento oppure immergendo l'applicatore e la parte da trattare in acqua.

In caso di mancato o inefficiente accoppiamento tra il trasduttore e il tessuto, la maggior parte dell'energia viene riflessa all'interno del trasduttore stesso con conseguente riscaldamento e rischio di rottura ma anche di ustione del paziente.

L'intensità nel punto di trattamento è dell'ordine dei  $3 \text{ W/cm}^2$ , ovvero 165 dB

Il trattamento, in particolare a intensità elevata, viene eseguito muovendo il trasduttore anche per evitare la formazione di onde stazionarie che potrebbero innescare fenomeni di cavitazione.

In ambiente medico si possono trovare, oltre ai sistemi di terapia, diversi dispositivi anche di laboratorio che possono emettere ultrasuoni.

Il trattamento in bagno a ultrasuoni è utilizzato in diverse procedure di laboratorio e presenta i livelli di esposizione sopra descritti, ovvero circa  $1 \text{ W/cm}^2$  nel punto di applicazione.

Come sempre va posta una certa attenzione nei laboratori di ricerca in quanto, se gli apparati sono progettati per concentrare la massima energia sul campione da trattare, non sempre gli standard di sicurezza, qualora disponibili al momento della costruzione del sistema, possono essere considerati.

In letteratura si trovano descritti, a titolo di esempio:

Fibrinolisi accelerata per cavitazione [6]: 15 MPa di pressione sonora di picco ( $5,6 \text{ GW/m}^2$  !) a 1,7 MHz

Trattamento di campioni patologici per l'archiviazione [7]:  $200 \text{ W/cm}^2$  a 40 kHz

A parte questi esempi "estremi" si possono citare gli strumenti presenti negli studi odontoiatrici anche se uno studio [8] del 2005 conclude che nonostante turbinette, vaschette di lavaggio della strumentazione e ablatori generino frequenze ultrasoniche, il superamento dei limiti applicabili è dovuto alla vaschetta di lavaggio e solo quando funzionante senza coperchio.

L'applicazione più diffusa e più nota degli ultrasuoni in medicina è in ogni caso l'ecografia diagnostica.

Per le proprietà formali dovute alla propagazione per onde, il suono è soggetto ai fenomeni di diffusione, riflessione e rifrazione.

Questi fenomeni, insieme alle piccole differenze di impedenza acustica fra i diversi tessuti, vengono utilizzati per generare immagini cliniche.

Le frequenze utilizzate sono generalmente comprese fra 1 e 20 MHz per combinare l'esigenza di ottenere una risoluzione sufficiente, ovvero lunghezza d'onda compresa fra 1,5 e 0,07 mm ed un'adeguata capacità di penetrazione nei tessuti. Una singolare applicazione diagnostica è la "pachimetria ad ultrasuoni", ovvero l'esame dello spessore della cornea che normalmente è intorno ai  $540 \mu\text{m}$ .



Per il fattore (9), infatti al crescere della frequenza cresce anche l'attenuazione. L'intensità impiegata è limitata oltre che da considerazioni per la sicurezza del paziente, dal fatto che se l'ampiezza dell'onda è molto elevata possono manifestarsi effetti non desiderati quali conversione di modi (generazione di onde trasversali), differenze di propagazione tra la semionda positiva e la semionda negativa, cavitazione etc. In pratica l'intensità è limitata generalmente a  $100 \text{ mW/cm}^2$  (150 dB) salvo i sistemi doppler che possono arrivare anche  $2,5 \text{ W/cm}^2$ . L'intensità emessa può diventare critica nel caso di impiego di mezzi di contrasto ecografici in quanto se troppo elevata ne può vanificare i benefici[9].

#### 4. VALORI LIMITE E MISURE DI PREVENZIONE

##### 4.1 ULTRASUONI AERODISPERSI < 100 KHZ

Agli effetti degli ultrasuoni aerodispersi a bassa frequenza si è interessato anche l'International Non Ionizing Radiation Committee della International Radiation Protection Association (IRPA-INIRC), che nel 1984 ha pubblicato delle "Interim Guidelines" [1] che sono tutt'ora disponibili sul sito della International Commission on Non Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), ente che ha sostituito l'IRPA-ICNIRP.

Il documento prevede limiti definiti per le bande in terzi d'ottava da 20 a 100 kHz in funzione della durata dell'esposizione.

Nella **Tabella II** sono riportati i limiti IRPA-INIRC per i lavoratori e nella **Tabella III** quelli per la popolazione che considerano una potenziale esposizione di 24 ore.

**Tabella II:** limiti IRPA-INIRC per l'esposizione dei lavoratori a ultrasuoni aerodispersi [1]

Frequenza centrale della banda kHz	Limite dB (esposizione < 8 ore)	Limite dB (da 2 a 4 ore di esposizione)	Limite dB (da 1 a 2 ore di esposizione)	Limite dB (esposizione < 1 ora)
20	75	78	81	84
25	110	113	116	119
31,5	110	113	116	119
40	110	113	116	119
50	110	113	116	119
63	110	113	116	119
80	110	113	116	119
100	110	113	116	119

**Tabella III:** limiti IRPA-INIRC per l'esposizione della popolazione a ultrasuoni aerodispersi [1]

<b>Frequenza centrale della banda kHz</b>	<b>Limite dB</b>
20	70
25	100
31,5	100
40	100
50	100
63	100
80	100
100	100

I valori più recenti, per l'esposizione dei lavoratori, sono però quelli proposti dall'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) nel 1998. L'associazione ha introdotto dei limiti anche per le bande di 1/3 d'ottava da 10 kHz a 16 kHz, distinguendo tra i valori limite di soglia di tipo "ceiling" (TLV-C) ovvero quelli che devono far scattare provvedimenti anche se vengono superati istantaneamente, e quelli definiti come media pesata su 8 ore (TLV-TWA) [10].

Nella **Tabella IV** sono riportati i TLV ACGIH per l'esposizione a ultrasuoni aerodispersi, per definizione, i TLV rappresentano i valori al di sotto dei quali la maggior parte dei lavoratori può essere esposta senza rischio di danno uditivo. L'ACGIH non propone valori limite per l'esposizione della popolazione.

**Tabella IV:** TLV ACGIH per l'esposizione dei lavoratori agli ultrasuoni aerodispersi[10]

<b>Frequenza centrale della banda kHz</b>	<b>TLV-C dB</b>	<b>TLV-TWA 8 ore dB</b>
10	105	88
12,5	105	89
16	105	92
20	105	94
25	110	--
31,5	115	--
40	115	--
50	115	--
63	115	--
80	115	--
100	115	--

Nella bibliografia [2] è riportata una panoramica tutt'ora valida delle conclusioni della letteratura sugli effetti dell'esposizione ad ultrasuoni aerodispersi e sono indicati i principali provvedimenti utili alla bonifica.

Dal punto di vista teorico questi provvedimenti sono basati sul fatto che gli ultrasuoni sono facilmente attenuati in funzione della distanza anche in materiali relativamente poco densi, i principali provvedimenti di bonifica per garantire il rispetto dei valori riportati nella **Tabella IV** possono pertanto essere così riassunti:

- allontanamento dalla sorgente;
- inscatolamento del sonotrodo con lastre di policarbonato da 5 mm;
- utilizzo dei DPI

#### **4.2 FISIOTERAPIA A ULTRASUONI > 100 KHZ**

Per le frequenze > 100 kHz non sono facilmente reperibili in letteratura criteri di sicurezza e linee guida.

Il ministero della sanità Canadese ha pubblicato nel 1989, delle linee guida per l'utilizzo sicuro degli ultrasuoni [11] che prevedono per gli apparati di terapia, una intensità massima di  $3 \text{ W/cm}^2$ , sulla base del fatto *che tale valore è stato riscontrato come massimo valore nominale per la maggior parte dei dispositivi e che intensità più elevate non sembrano essere richieste per l'efficacia.*

Vengono inoltre definite una serie di provvedimenti/procedure finalizzate a minimizzare l'esposizione dell'operatore:

- la parte attiva dell'applicatore non deve essere toccato quando emette ultrasuoni;
- l'operatore non deve immergere parti del suo corpo in acqua nel percorso diretto del fascio quando un dispositivo di terapia a ultrasuoni in bagno d'acqua è operativo;
- il dispositivo di terapia a ultrasuoni deve essere acceso solo quando l'applicatore è in accettabile contatto acustico con il paziente e l'operatore mantiene l'applicatore mediante l'impugnatura prevista, in questo modo si riduce anche la possibilità di danneggiamento termico dell'applicatore;
- per evitare che ultrasuoni riflessi o diffusi siano assorbiti dall'operatore durante l'applicazione del trattamento in acqua, può essere utilizzato un guanto soffice indossato sotto il guanto di gomma per ottenere una protezione aggiuntiva dovuta alla camera d'aria.

#### **4.3 ECOGRAFIA DIAGNOSTICA > 1 MHZ**

Per quanto riguarda la diagnostica ecografica, la combinazione di bassa potenza e alta frequenza evita qualunque tipo di rischio per l'operatore.

Per la sicurezza del paziente devono essere seguiti i protocolli clinici indicati dal costruttore della macchina in particolare per le apparecchiature a potenza più elevata come i dispositivi doppler.

## 5. MISURE DI VERIFICA

Le misure eseguite vengono riportate in questa parte finale in quanto al momento è molto difficile reperire strumentazione dedicata alla valutazione dell'esposizione finalizzata alla valutazione di rischio.

Strumentazione portatile in qualche modo utilizzabile esiste solo per gli ultrasuoni aerodispersi a frequenza < 90 kHz.

Per il campo medicale, devono essere messi a punto protocolli di verifica delle prestazioni e strumentazioni, in particolare per gli apparati di terapia con frequenze > 100 kHz, spesso anche > 1 MHz e livelli di potenza elevati.

Alle frequenze più alte, il problema non è comunque quello di valutare la dispersione degli ultrasuoni verso l'operatore ma di garantire che le prestazioni dell'apparato siano mantenute entro limiti di accettabilità da definire.

La misura dell'intensità in questo caso è effettuata dall'apparecchiatura stessa che in molti casi impiega il medesimo cristallo piezo-elettrico per generare gli ultrasuoni e per rivelarli.

Di seguito verranno descritte una serie di misure eseguite con diverse strumentazioni a crescente livello di accuratezza nella misura degli ultrasuoni aerodispersi.

### 5.1 Fonometro analizzatore real-time

Praticamente tutta la strumentazione oggi in uso tra chi si occupa professionalmente di acustica consente l'analisi spettrale in terzi d'ottava.

Questo tipo di misura è obbligatorio per legge in acustica ambientale, mentre per le misure in ambiente di lavoro sarebbe richiesta solo la determinazione del livello di pressione sonora ponderato A e del livello di picco ponderato C.

In realtà l'art. 193 comma 1 lettera c) del TU richiede la verifica dell'efficacia dei DPI; tale verifica può essere effettuata con diversi metodi, indicati dalle norme tecniche e dalle Linee Guida ISPESL ma i più accurati sono basati sull'analisi in bande d'ottava.

Solo i fonometri più vecchi, oggi non più adeguati per altre ragioni, consentono l'analisi in bande d'ottava e non in terzi d'ottava.

Questo tipo di analisi, inoltre è utile per la progettazione di interventi di insonorizzazione su macchinari.

In caso di presenza di sorgenti ultrasoniche, eseguire misure in bande di terzi d'ottava può già fornire indicazioni utili al confronto con i TLV ACGIH per gli ultrasuoni.

Nella **Figura 2** è riportata una misura eseguita in prossimità di una macchina industriale per il confezionamento di chiusure lampo.

La misura è stata eseguita con un fonometro analizzatore Larson Davis LD 2900.

Una fase del ciclo della macchina prevede l'intervento di una saldatrice a ultrasuoni, il superamento del TLV ACGIH è evidente per la componente a 20 kHz.

Si osserva anche la presenza di una subarmonica a 10 kHz, il che potrebbe far supporre che la frequenza fondamentale degli ultrasuoni sia 40 kHz.

Anche in assenza di altre informazioni, si dovrebbe in questo caso procedere agli interventi di bonifica in quanto il superamento dei TLV è accertato e, prevedibilmente, gli interventi in grado di attenuare la componente a 20 kHz sono a maggior ragione efficaci [2] sulla componente a frequenza più elevata.

Nella **Figura 3**, è riportato il risultato ottenuto con lo stesso strumento durante il funzionamento di un apparecchiatura per la riduzione del grasso corporeo mediante cavitazione.

Si osserva una componente a 18,7 kHz, (il corrispondente TLV in terzi d'ottava è ampiamente inferiore al limite), sub-armonica della fondamentale a 37 kHz.

In questo caso una verifica con strumentazione adatta sarebbe raccomandabile.

Misura eseguita da Francesco Frigerio

il 30/03/2006

dalle 10.15.22

presso:

Casanova Lonati

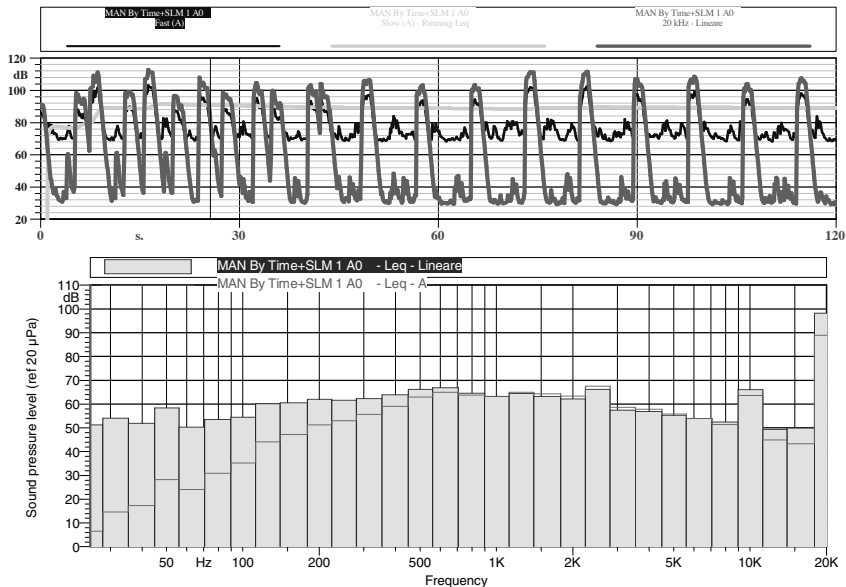
Strumentazione:

Analizzatore Larson&Davis LD 2900B

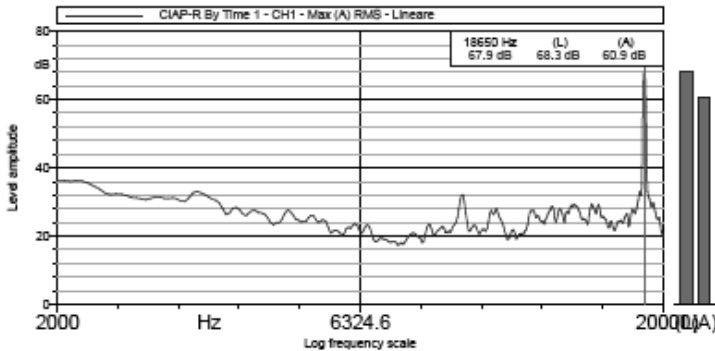
Posizione di misura: A0

$L_{eq} = 89.0 \text{ dB(A)}$

$L_{max} 20 \text{ kHz} = 112.8 \text{ dB}$



**Figura 2:** misura eseguita nella posizione di lavoro presso una confezionatrice con saldatura a ultrasuoni

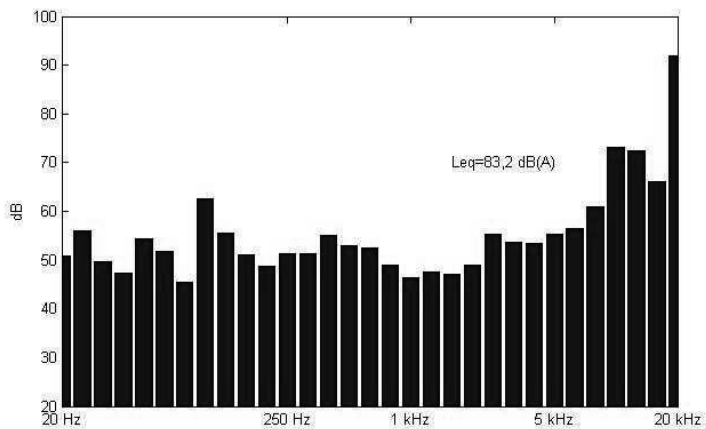


**Figura 3:** sub-armonica a 18 kHz generata da apparecchiatura medicale per cavitazione

Nella **Figura 4** è rappresentato lo spettro in terzi d'ottava misurato nella posizione di lavoro in prossimità di un bagno a ultrasuoni da laboratorio, del tipo illustrato in **Figura 5**.

La misura è stata eseguita con un fonometro analizzatore Svantek SVAN958.

Il livello equivalente di pressione sonora ponderato A, utilizzato per valutare l'esposizione dei lavoratori ai sensi del capo II, era di 83,2 dB(A).



**Figura 4:** misura eseguita in prossimità di un bagno a ultrasuoni da laboratorio

La componente a 20 kHz, risultata pari a 91,8 dB, è inferiore al TLV della **Tabella IV**.

In assenza di altre informazioni, sul funzionamento del dispositivo, non è possibile valutare se il TLV sia rispettato o meno.



**Figura 5:** vaschetta di lavaggio a ultrasuoni

## 5.2 ANALISI DEL SEGNALE NEL DOMINIO DEL TEMPO

Il fonometro utilizzato, esegue l'analisi in terzi d'ottava solo fino a 20 kHz.

Lo strumento tuttavia è dotato di uscita analogica con banda passante fino a 27,5 kHz.

In questo caso si può verificare l'andamento dello spettro a frequenza  $> 20$  kHz acquisendo il segnale su un diverso strumento con il quale eseguire l'analisi spettrale.

Il segnale può così essere analizzato numericamente con la tecnica della trasformata di Fourier finita (FFT) che è poi la stessa utilizzata negli analizzatori di spettro.

Il segnale da analizzare viene suddiviso in  $N$  campioni che possiamo identificare con  $X_k$ , con  $k=1,2,\dots,N$

La funzione che occorre calcolare è la trasformata di Fourier complessa, data da

$$F_k = \sum_{j=1}^N X_j e^{\frac{-2\pi i(j-1)(k-1)}{N}} \quad (12)$$

dove  $i = \sqrt{-1}$

Il calcolo viene eseguito dal processore interno agli analizzatori di spettro e può essere eseguito abbastanza facilmente su PC con software matematico dedicato, in questo caso Matlab© ((c) 1984 -2007 The MathWorks, Inc.).

Quello che è importante ricordare è che metà degli  $N$  valori ottenuti rappresentano la parte reale e metà la parte immaginaria della FFT.

La funzione che rappresenta l'analisi spettrale del segnale  $X_k$  è pertanto

$$Y_n = \left| \frac{F_k}{L} \right|^2 \quad (13)$$

dove la lunghezza del segnale campionato  $L = Nf_s$  con  $f_s$  frequenza di campionamento e

$n=1,2,\dots,N/2$ ; in pratica, la massima frequenza valutabile è  $f_s/2$ .

Nella **Figura 6** sono riportati il segnale in funzione del tempo, campionato 2,5 milioni di volte al secondo, importato in Matlab e la sua FFT.

L'analisi evidenzia un massimo dello spettro a 22,2 kHz, che, in termini di terzi d'ottava equivale ad uno spettro intorno alle bande 20 – 25 kHz.

A frequenze > 27 kHz, il segnale è tagliato dal filtro sull'uscita del fonometro per cui non è possibile spingere oltre l'analisi.

Oltre ai citati limiti dovuti alla frequenza di campionamento e alla banda passante analogica, bisogna ricordare che la pressione acustica che investe il microfono deve avere lunghezza d'onda >> delle dimensioni dello stesso al fine di evitare fenomeni di diffrazione.

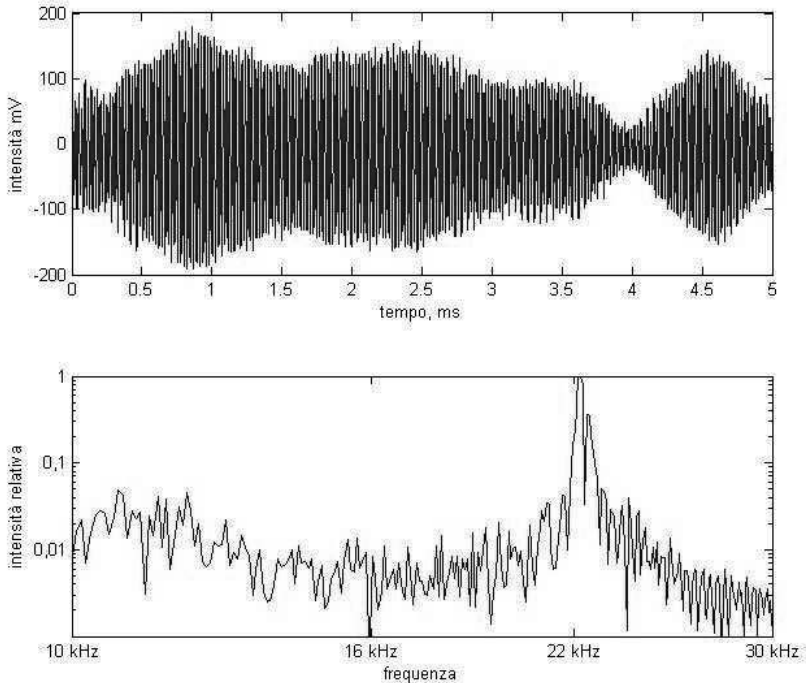
I normali microfoni che equipaggiano i fonometri attualmente in uso sono da ½ pollice, ovvero 12,5 mm; a 25 kHz la lunghezza d'onda in aria è di 13,2 mm quindi già in condizioni di diffrazione.

Le misure di ultrasuoni dovrebbero pertanto essere effettuate con microfoni da ¼ di pollice.

Purtroppo, al momento è difficile reperire sul mercato strumentazione con le caratteristiche adatte.

Paradossalmente, per ragioni tecniche legate alle necessità costruttive dei filtri analogici, strumenti più vecchi possono risultare più adatti [2].





**Figura 6:** analisi in FFT del segnale generato dalla sorgente della **Figura 4**

### 5.3 FONOMETRO ANALIZZATORE PER ULTRASUONI

Grazie alla collaborazione della casa produttrice, abbiamo potuto eseguire alcune misure con un fonometro-analizzatore Svantek SVAN 912.

Lo strumento, riportato in **Figura 7**, se dotato di microfono da  $\frac{1}{4}$  di pollice può essere utilizzato per eseguire misure in bande di terzi d'ottava o in FFT fino a 90 kHz con certificazione del Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), istituto di metrologia e certificazione tedesco.

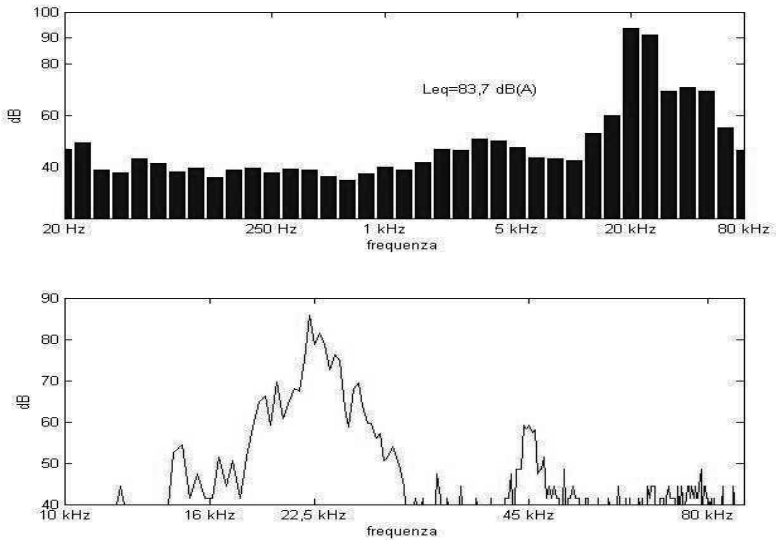
Nella **Figura 8** è riportata la misura eseguita sul bagno a ultrasuoni da laboratorio delle **Figure 4 e 5** con lo SVAN912.

L'analisi in terzi d'ottava evidenzia un ottimo accordo con la misura eseguita con lo SVAN958; il massimo valore in terzi d'ottava corrisponde a 93,7 dB che conferma il rispetto del TLV ACGIH.

L'analisi in FFT presenta il massimo dello spettro a 22,125 kHz ed evidenzia una componente armonica superiore al doppio della frequenza fondamentale.



**Figura 7:** fonometro analizzatore Svantek SVAN 912

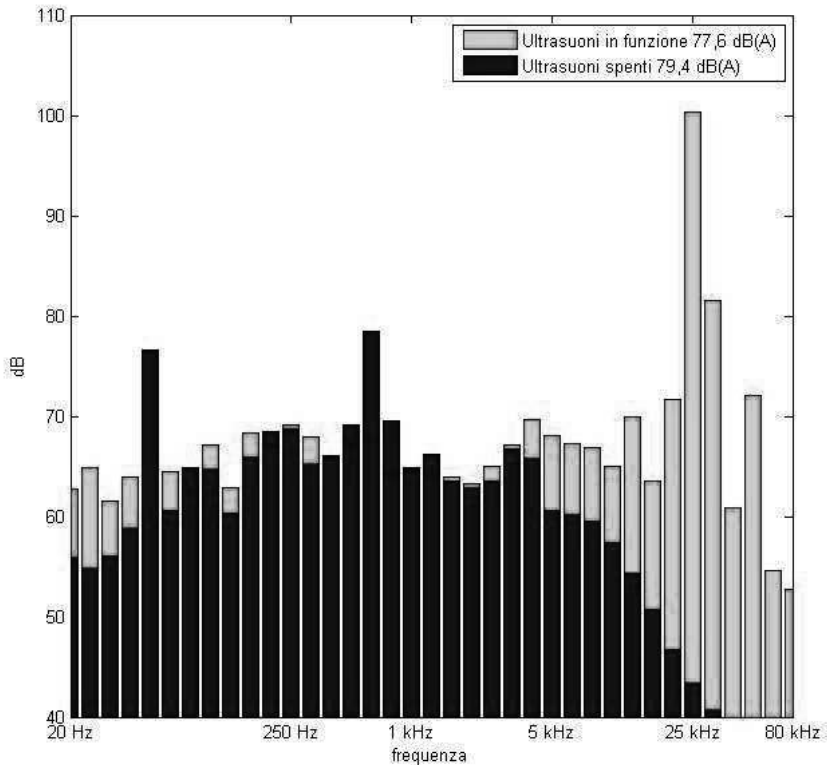


**Figura 8:** misura del bagno a ultrasuoni (cfr **figure 4-5**) con analizzatore omologato fino a 90 kHz

Nella **Figura 9** sono riportati gli spettri misurati nella posizione dell'operatore di una lavatrice per pezzi industriali, del tipo rappresentato in **Figura 10**.

Gli ultrasuoni sono attivi per circa 30 secondi ogni ciclo di 10 minuti; il funzionamento degli ultrasuoni è chiaramente avvertito dall'operatore per l'incremento della pressione sonora a frequenza > 5 kHz, percepito come un sibilo acuto; i TLV ACGIH sono in questo caso rispettati in quanto tutto il processo di lavaggio avviene a pressione controllata in una camera stagna dotata di guarnizioni che contribuiscono anche a schermare gli ultrasuoni.

Si noti come il  $Leq(A)$  è dominato da altre sorgenti di rumore presenti in reparto e risulta maggiore durante il funzionamento degli ultrasuoni.



**Figura 9:** spettri misurati durante il funzionamento di una lavatrice a ultrasuoni



**Figura 10:** impianto industriale per il lavaggio a ultrasuoni di pezzi meccanici; la camera di lavaggio è a tenuta stagna anche per consentire l'asciugatura sotto vuoto, le guarnizioni contribuiscono anche all'isolamento degli ultrasuoni

Nella **Figura 11** sono riportati i risultati della misura eseguita nella posizione occupata dal personale durante il funzionamento di un litotritore a onde d'urto (**Figura 12**).

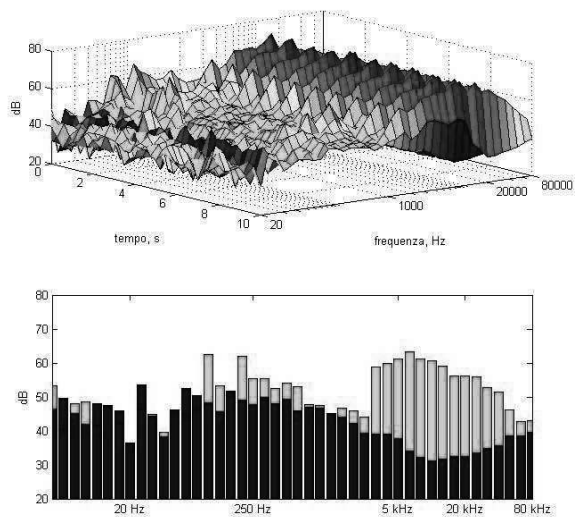
Secondo le informazioni fornite dal costruttore, la forma d'onda delle onde convogliate al bersaglio è appositamente modulata in forma diversa dalla sinusoidale per aumentare l'efficacia nell'area di focalizzazione.

Nella **Figura 11** è riportato sia l'andamento temporale del rumore misurato durante il trattamento sia la differenza fra lo spettro massimo e lo spettro minimo.

Si osservano anche componenti ultrasoniche sia pure ampiamente inferiori ai limiti ACGIH.

La sorgente è progettata in modo da focalizzare le onde sul bersaglio attraverso un cuscino ad acqua e la misura sembra evidenziare che la massima energia è trasmessa nella banda udibile.

L'esposizione a rumore per l'operatore risulta pari a 74,3 dB(A).



**Figura 11:** andamento dello spettro nel tempo e differenza fra spettro massimo e spettro minimo durante il funzionamento di un litotritore



**Figura 12:** litotritore a onde d'urto, è visibile l'ecografo a ultrasuoni utilizzato insieme ad un dispositivo a raggi X per la centratura del bersaglio

In questo caso si ritiene sotto controllo anche il rischio da ultrasuoni, anche se sorgenti di questo tipo dovrebbero sempre essere tenute sotto controllo tenuto conto della complessità della forma d'onda.

**6. CONCLUSIONI**

Con il termine “ultrasuoni” possono essere identificate sorgenti molto diverse per rischio potenziale e caratteristiche di interazione.

Una sintesi delle principali sorgenti di ultrasuoni in ambiente di lavoro è riportata in **Tabella V**.

**Tabella V:** Sorgenti di ultrasuoni e misure di prevenzione

Frequenza	Impiego	Intensità al punto di impiego		Possibile esposizione	Misure di prevenzione
		W/cm <sup>2</sup>	dB re 1pW/m <sup>2</sup>		
20 ÷ 25 kHz	Lavaggio per cavitazione	1	160	Diffusione in aria, frequenza fondamentale e armoniche, 90 ÷ 100 dB	Separazione e segregazione della sorgente
20 ÷ 40 kHz	Saldatura materiali termoplastici	100	180	Diffusione in aria, frequenza fondamentale e armoniche, 90 ÷ 100 dB	Separazione e segregazione della sorgente
30 ÷ 50 kHz	Trattamenti estetici per cavitazione	10	170	Diffusione in aria, frequenza fondamentale da valutare	Controllo e manutenzione
100 kHz ÷ 10 MHz	Fisioterapia	3	165	Per contatto all'operatore	Controllo e manutenzione
1 ÷ 20 MHz	Diagnostica per immagini	0,1	150	Solo per contatto paziente, possibile criticità esami doppler	Controllo di qualità

Le esposizioni mediche richiedono una notevole attenzione e la messa a punto di procedure e metodi di controllo adeguati in quanto la continua evoluzione della

tecnologia porta a sviluppare applicazioni sempre nuove che, non sempre vanno nella direzione della riduzione dell'invasività, in particolare quando dal campo clinico vero e proprio si passa all'ambito dei trattamenti estetici.

Si ritiene necessaria la definizione di standard tecnici per la determinazione della intensità acustica emesse da sorgenti ad ultrasuoni di frequenze inferiori ai 500 kHz, senza i quali non sono possibili valutazioni o confronti sui possibili rischi a cui possono essere esposti i lavoratori che le impiegano che, come è noto, sono fortemente dipendenti da questo parametro.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- 1 International Commission on Non Ionizing Radiation Protection; *Interim guidelines on limits of human exposure to airborne ultrasound*; Health Physics, Aprile 1984, Vol. 44-4
- 2 Peretti et al.; *Ultrasuoni negli ambienti di lavoro*; pubblicato negli atti del convegno "dBA'02 – Rumore, vibrazioni, microclima, illuminazione, onde elettromagnetiche: prevenzione e bonifica negli ambienti di lavoro"; Modena, 25-27 settembre 2002, 921-929
- 3 Topaz M.; *Possible Long-Term Complications in Ultrasound-Assisted Lipoplasty Induced by Sonoluminescence, Sonochemistry, and Thermal Effect*; *Aesthetic Surg J* 1998; Volume 18 - 1
- 4 Rohrich R., Di Spaltro F; *Potential Long-term Effects of Ultrasound-assisted Lipoplasty: A Clinical Analysis*; Lettera al direttore; *Aesthetic Surg J* 1998; Volume 18 – 4
- 5 Coleman KM, Coleman WP 3rd, Benchetrit A.; *Non-invasive, external ultrasonic lipolysis.*; *Semin Cutan Med Surg.* 2009 Dec;28(4):263-7.
- 6 Prokop AF, Soltani A, Roy RA.; *Cavitational mechanisms in ultrasound-accelerated fibrinolysis*; *Ultrasound Med Biol.* 2007 Jun;33(6):924-33. Epub 2007 Apr 16.
- 7 Kitayama Y, Yamada K.; *Ultrasound-mediated treatment of pathology archival samples*; *Rinsho Byori.* 2006 Dec;54(12):1215-22.; [Solo abstract in inglese, articolo in giapponese]
- 8 Peretti et al.; *Vibrazioni ultrasuoni e rumore da macchine e apparecchi impiegati in ortopedia, odontoiatria e urologia.*; Monografie in Igiene Industriale – Volume 3 2005; Associazione Italiana degli Igienisti Industriali e per l'Ambiente
- 9 Goddi A., Novario R., Tanzi F., Di Liberto R., Nucci P.; *In vitro analysis of ultrasound second generation contrast agent diluted in saline solution.*; *Radiologia Medica*, 569-79; v. 107, mag-giu 2004.
- 10 Associazione Italiana degli Igienisti Industriali e per l'Ambiente.; *Valori Limite di Soglia 2010; TLV 2010 - Valori Limite di Soglia ACGIH 2010 Tradotti in italiano.*
- 11 [http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/radiation/safety-code\\_23-secureite/index-eng.php](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/radiation/safety-code_23-secureite/index-eng.php); *Guidelines for the Safe Use of Ultrasound: Part I - Medical and Paramedical Applic...*

## **50 ANNI DI ACUSTICA ALLA BRÜEL & KJÆR: IL PRIMO FONOMETRO TRANSISTORIZZATO E L'EVOLUZIONE DELLA NORMATIVA TECNICA.**

**Sergio Cian,**

Brüel & Kjær Italia – Milano

### **1. INTRODUZIONE**

Il 2010 è l'anno in cui celebriamo il 50° anniversario del fonometro 2203 considerato la madre di tutti i fonometri. Fu il primo fonometro di precisione portatile al mondo totalmente transistorizzato. E' stato prodotto per 21 anni e sono state vendute 17.300 unità. Con gli aggiornamenti 2204 (costante di tempo Impulse) e 2209 (rilevatore di picco) si sono vendute 32.700 unità. Questa è la storia del primo fonometro portatile al mondo così come riportata nell'archivio e così come riportata da coloro che c'erano.

### **2. PRIMA DELL'INIZIO**

Potrebbe essere una sorpresa sapere che fino a cinque decenni fa la Brüel & Kjær non aveva iniziato la costruzione di microfoni. Già nel 1943 Per V. Brüel aveva progettato il primo trasduttore che era un accelerometro denominato più tardi 4303. In quell'epoca era stato deciso che la progettazione e la realizzazione di microfoni fosse troppo complicata per una piccola azienda e perciò la Brüel & Kjær iniziò a rivendere i microfoni prodotti dall'azienda danese Ortofon.

Nel 1950 la Ortofon introdusse il microfono a condensatore da 36 mm di diametro che fu impiegato con successo dalla Brüel & Kjær; nel 1950 si fece strada la coscienza di dover sviluppare il proprio microfono di misura.

Fin dall'inizio fu evidente che un microfono polarizzato a condensatore fosse la scelta corretta; il principio era stato inventato da E. C. Wente fin dal 1916 e per quel tempo rappresentava una vera svolta in quanto a campo di frequenza e qualità di registrazione.

Le limitazioni pratiche, quali la necessità di 200 V di polarizzazione e l'elevata impedenza d'ingresso dell'amplificatore, ne hanno limitato l'impiego per molti anni.



### 3. L'INIZIO

I primi microfoni progettati e realizzati dalla Brüel & Kjær sono stati il modello 4131 e 4132. Erano definiti microfoni da 1 pollice nonostante il diametro reale fosse solo 0,936 pollici (23,7 mm). Sono stati sviluppati da un giovane e brillante ingegnere, Mr Gunnar Rasmussen, in cooperazione con i soci fondatori della Brüel & Kjær. Mr Viggo Kjær definì uno degli obiettivi del progetto: il nuovo microfono doveva essere conforme alla norma American Standards Association: Z 24.4-1949 (Laboratory Standard Primary Microphones).



**Figura 1:** I primi microfoni di misura

I microfoni 4131 e 4132 erano molto più semplici ed eleganti nella realizzazione meccanica e avevano ulteriori migliorie rispetto allo stato dell'arte di allora il modello W.E. 640 AA (da cui è stata ereditata la strana dimensione di 1 pollice). Fu presto evidente che un microfono da ½ pollice sarebbe stato preferibile in molte applicazioni e sono stati realizzati i microfoni 4133 (campo libero) e 4134 (campo diffuso). Fu, inoltre, evidente che per assicurare l'integrità della misura e l'elevata qualità del prodotto fosse necessario un accurato metodo di calibrazione. Il sistema di calibrazione microfonica 4441 (calibrazione a reciprocità) e l'attuatore elettrostatico UA 0023 sono stati diffusi unitamente ai due microfoni. Da allora in poi la Brüel & Kjær è stata sempre impegnata nell'attività di calibrazione e nelle commissioni di standardizzazione. In ogni caso l'UA 0023 ha dato prova di essere un vero sopravvissuto. Oggi, a più di 50 anni dalla sua introduzione, è ancora disponibile tra i nostri prodotti. Questo può essere interpretato come la prova sia della sua intrinseca qualità sia che i nostri sistemi di calibrazione e di correzione per campo libero, per lo stesso modello di microfono, potrebbero restare inalterati per più di cinque decenni.

Un altro fattore interessante ed importante era l'attenzione per il dettaglio e per il progetto che è ed è sempre stata la caratteristica della Brüel & Kjær. I precedenti preamplificatori erano ingombranti e, frequentemente, con un diametro superiore a quello del microfono disturbando, perciò, il campo acustico. Il preamplificatore da 1 pollice è stato progettato non solo per inserirsi direttamente sul microfono ma anche per ridurre al minimo il disturbo del campo sonoro. Questa presa di coscienza dell'importanza e dell'attenzione del

dettaglio si possono tuttora osservare negli attuali prodotti Brüel & Kjær come, ad esempio, i fonometri palmari 2250 e 2270.

#### **4. L'INIZIO DELLA LEGGENDA**

Questi nuovi microfoni Brüel & Kjær avevano un'accuratezza e una stabilità che erano in una classe a sé stante e non c'è dubbio che questo ha dato inizio alla posizione di leader nel campo dei microfoni di misura, posizione che si è via via rafforzata grazie all'accresciuta varietà di prodotti disponibili a catalogo e all'introduzione di nuovi membri nella famiglia dei microfoni Brüel & Kjær.

#### **5. RUMORE IN AMBIENTE ESTERNO**



**Figura 2:** Moderno sistema di monitoraggio acustico per esterni

Dal 1963 abbiamo messo a disposizione microfoni idonei alle misure in ambiente esterno come, ad esempio, il monitoraggio acustico aeroportuale. Questo è un settore specifico di attività in continuo sviluppo e consolidato con la recente acquisizione della Lochard australiana e il lancio di Noise Sentinel. Questo prodotto si differenzia dalle soluzioni hardware/software classiche in quanto quello che si acquista è il solo risultato di misura; noi provvediamo a gestire e mantenere tutto il sistema di misura. Ma anche con questa nuova soluzione il pilastro dell'intero sistema di misura è il trasduttore di alta qualità.

#### **6. SUPERARE I LIMITI**

Il campo acustico è spesso definito da una frequenza superiore di 20 kHz e da un livello massimo di pressione sonora (Lps) di 140dB. Lo studio dell'acustica ha presto chiaramente rivelato che alcune applicazioni come le prove su modelli in scala, le misure aerodinamiche e la misura del rumore impulsivo richiedono microfoni che superano i limiti dell'udibile. La soluzione è stato il microfono da

1/4 e da 1/8 di pollice di diametro. Il microfono 4138 da 1/8 di pollice introdotto nel 1967 è tuttora disponibile a catalogo.

## 7. NON SOLO NELL'ARIA

Si pensa comunemente che le onde sonore si propagano in aria ma si propagano anche nell'acqua e il settore dell'acustica subacquea sta assumendo una crescente importanza. La Brüel & Kjær ha iniziato ad interessarsi di questo settore nel 1972 e ha sviluppato il primo idrofono modello 8100 traendo profitto della propria conoscenza sia nel campo dell'acustica sia in quello dei trasduttori piezoelettrici.

Oggigiorno la Brüel & Kjær dispone di un catena di misura completa: idrofoni, preamplificatori e cavi sommersibili e di un idoneo sistema di calibrazione degli idrofoni.

## 8. SI!



**Figura 3:** Microfono 4160

Sarebbe stato interessante osservare la reazione di chi ci chiedeva ufficialmente di progettare un sostituto del Microfono a Norma da Laboratorio Western Electric W.E. 640A. Questo particolare microfono, il modello 4160, presenta una cavità frontale di elevata precisione idonea per la calibrazione di reciprocità in accoppiatori. Dieci anni più tardi è stato sviluppato un microfono simile ma da ½ pollice, il modello 4180, e da questo momento la calibrazione primaria di microfoni di precisione è il sinonimo di Brüel & Kjær.

## 9. MENO DI NIENTE

La soglia dell'udibile è definita come la pressione dinamica di 20  $\mu\text{Pa}$  corrispondente a 0 dB. Spesso ci capita di dover effettuare misure sotto questa soglia e nel 1984 abbiamo sviluppato un sistema per "misure a bassissimo

livello sonoro” che consiste di un microfono 4179 con preamplificatore associato 2660. Questo connubio tra microfono da 1 pollice, ottimizzato per livelli sonori molto bassi, e un preamplificatore speciale ha la possibilità di misurare a partire da - 5,5 dBA un limite che tuttora non è stato superato.

## 10. MICROFONI PREPOLARIZZATI

La necessità dei 200 V di polarizzazione dei microfoni di misura è spesso fonte di frustrazione nello sviluppo di strumentazione portatile e la presenza di questa elevata tensione può essere pericolosa in ambienti umidi.

La soluzione è di inserire microfoni prepolarizzati, anche chiamati microfoni ad elettrete, nella catena di misura. Fin dal 1962 abbiamo avuto un prototipo di microfono ad elettrete ma a causa della scarsa stabilità non era indicato come microfono di precisione.



**Figura 4:** 4954 A Microfono prepolarizzato da 1/4" TEDS

Ciononostante nella metà degli anni '70 la Brüel & Kjær ha posto in essere un team speciale, preseduto dal leggendario Erling Frederiksen, per avviare una serie di prove con l'elettrete; il lavoro è sfociato nel 1979 con la produzione dei microfoni prepolarizzati 4155 e 4175. Questi microfoni hanno un diaframma metallico e, quindi, associano il beneficio della prepolarizzazione (assenza della tensione esterna di polarizzazione) con l'eccezionale stabilità dell'armatura metallica del microfono.

I principi e la conoscenza ottenuti con questo progetto speciale sono stati ulteriormente impiegati per lo sviluppo dei microfoni della serie Falcon nel 1993. Questa famiglia di microfoni è tuttora la spina dorsale dei microfoni Brüel & Kjær caratterizzata dai modelli 4189, 4190 e 4191. Questi microfoni impiegano un'armatura in acciaio inossidabile che migliora in assoluto la vita del microfono stesso. Fino alla realizzazione dei microfoni Falcon usavamo il Nichel come materiale costituente l'armatura con tutti i problemi ben noti di utilizzo in ambienti molto umidi.

## 11. SOLUZIONE PIU' INTELLIGENTE

La disponibilità di microfoni a condensatore prepolarizzati fu una svolta per gli strumenti portatili e aprì la strada all'impiego della tecnica Constant Current Line Drive (DeltaTron) con la quale si è sostituito il costoso cavo microfonico a 7 conduttori col più economico cavo coassiale in grado di gestire sia il segnale che l'alimentazione del preamplificatore sullo stesso conduttore.

Molto più tardi il termine "trasduttore intelligente" è stato impiegato per descrivere i trasduttori TEDS (Transducer Electronic Data Sheet) che sono conformi allo standard IEEE 1451.4; è inutile affermare che il lavoro della commissione di standardizzazione è stato fortemente supportato dalla Brüel & Kjær rappresentata tra gli altri da Torben R. Licht. Oggigiorno i trasduttori TEDS sono comuni ma 20anni fa erano un sogno.

## 12. INTENSITA' SONORA

L'identificazione di sorgenti sonore in ambiente rumoroso fu a lungo considerato impossibile. L'avvento della tecnica intensimetrica ha risolto questa sfida una volta e per sempre ma per ottenere risultati pratici affidabili erano necessari microfoni con un elevato accoppiamento di fase.

Microfoni con una qualità ed una stabilità a lungo termine ben documentata erano già parte del programma della Brüel & Kjær, così fu un piccolo passo in avanti sviluppare la sonda intensimetrica 3519 necessaria per il primo analizzatore intensimetrico a livello mondiale, modello 3360, introdotto sul mercato nel 1982.

## 13. FOTOGRAFIA ACUSTICA?

Perché misurare solo il rumore perché non fotografare invece il campo sonoro? Questa doveva essere stata l'idea originaria che ha portato alla nascita del primo sistema di olografia acustica introdotto nel 1986. Questa applicazione richiede analizzatori multicanale e, quindi, microfoni con particolari caratteristiche di costo/beneficio. Un moderno sistema di beamforming può richiedere dozzine di microfoni.

## 14. SOTTILE COME UNA SOTTILETTA

Sottile come una sottiletta ma molto più piccolo fu il primo microfono di superficie, modello 4948, lanciato nel 2003. Il microfono è stato sviluppato su specifica richiesta dell'Airbus ed è stato estensivamente impiegato per la progettazione dell'Airbus A 380. Con un'altezza complessiva di soli 2,5 mm (0,1") è tuttora un prodotto unico nel mondo dell'acustica e delle vibrazioni.

Il modello 4949 è una variante del microfono di superficie ottimizzata per il settore automobilistico. Questo microfono grazie alla sua eccezionale forma e

qualità ha trovato numerosi applicazioni impensate al tempo della sua progettazione. Il microfono di superficie ha introdotto un'altra tecnologia della Brüel & Kjær: "completamente in Titanio".



**Figura 5:** Microfono di superficie montato sulla portiera di un'automobile

L'uso del titanio come materiale di costruzione per microfoni di precisione ha reso possibile realizzare altri prodotti unici tra i quali il modello 4955 un microfono da 1/2 pollice per bassissimi livelli sonori con caratteristiche uniche nel suo genere. Il 4955 non ha solo le stesse capacità del 4179 (tuttora disponibile) ma è molto più intelligente con la sua linea sottile dovuta all'accoppiamento di un microfono da 1/2 pollice con un preamplificatore da 1/2 pollice entrambi realizzati completamente in titanio. Il titanio porta ulteriori benefici quali l'insensibilità ai campi magnetici, la massa molto ridotta del diaframma e l'estrema resistenza alla corrosione.

## 15. CAMPO SONORO, MA QUALE CAMPO SONORO?

Campo sonoro, ma quale Campo sonoro? ... e quale microfono bisogna usare?



**Figura 6:** Il primo microfono multi-field a livello mondiale, il modello 4961

Ci sono molte domande che i Clienti si pongono e spesso la conseguenza di scegliere il microfono sbagliato non è così seria; ma non sempre è così: diventa via via più seria quanto lo spettro del segnale misurato si sposta verso il dominio delle alte frequenze.

Nel campo automobilistico l'uso di materiali isolanti di bassa massa e di motori più piccoli porta lo spettro dell'emissione sonora a spostarsi verso le alte frequenze. Un'ulteriore sfida è la presenza di sorgenti multiple o non stazionarie in un ambiente acusticamente non conosciuto.

Al fine di raccogliere queste sfide e risolvere il dilemma del microfono "giusto" o "sbagliato" abbiamo introdotto nel 2009 un concetto completamente nuovo denominato "il microfono multi-field". Il primo microfono multi-field a livello mondiale è il modello 4961; grazie alle sue inferiori dimensioni e al progetto intelligente può sostituire un microfono convenzionale da 1/2 pollice senza particolari errori indipendentemente dalla natura del campo sonoro.

## **16. DIETRO IL PALCOSCENICO**

Per decenni abbiamo saputo che il volume dietro il diaframma è cruciale per la qualità di un microfono specialmente per la sua stabilità a lungo termine e per le caratteristiche acustiche



**Figura 7:** La camera Bianca

Polvere e altre particelle poste tra l'armatura posteriore ed il diaframma possono causare dispersione e archi voltaici provocando l'innalzamento del rumore elettrico e, nel caso dei microfoni ad elettretto, alla perdita di sensibilità.

Per questa ragione tutti i nostri microfoni sono assemblati all'interno di una camera bianca. Alcuni processi particolarmente critici sono svolti su una postazione dotata di flusso laminare per la quale la contaminazione, secondo la norma ISO, risulta inferiore a 1, 10 o meno di 100nm particelle per metro cubico.

Il numero di componenti di un microfono è generalmente modesto, tipicamente 10, ma il numero di processi produttivi quali la pulitura, la lucidatura, la carica, l'invecchiamento artificiale e la prova di collaudo possono essere molto superiori. Tutto questa attività porta alla fine alla stesura del certificato di calibrazione individuale redatto secondo le normative internazionali più severe.

Molti microfoni Brüel & Kjær sono distribuiti con un mini CD individuale che contiene dati specifici di calibrazione e di correzione che possono essere impiegati con la famiglia di analizzatori PULSE per l'equalizzazione in tempo reale della risposta attraverso il principio Req-X.

## **17. IL SIGNOR FONOMETRO**

Il nostro esperto designer di fonometri, Peter Hedegaard, ci ha reso questa dichiarazione sull'evoluzione dei fonometri:

"Il 2203 fu il primo fonometro trasportabile della Brüel & Kjær. Chi generò questo design speciale non sta a me dirlo ma sia P. V. Brüel che Gunnar Rasmussen hanno messo un dito nella torta mentre Kay Møller Petersen si avvicinò alla forma attuale.

La caratteristica particolare del design era la forma conica della punta del fonometro che rese possibile inserire il microfono nel corpo del fonometro senza influenzare significativamente la risposta acustica del microfono stesso. In altre parole possiamo misurare, trattenere e azionare il fonometro senza necessità di una mano extra".

In una ristampa di Mobilia n° 183 dell'ottobre 1970 comparve quanto segue:  
"Brüel & Kjær sta sviluppando un piccolo fonometro portatile da usare in fabbrica, nel traffico e in tutte le altre situazioni in cui è necessario sparare contro bersagli mobili. Hanno individuato il problema che il contenitore dello strumento riflette il rumore verso il microfono disturbando la precisione della misura.

Per questo motivo il contenitore non potrà avere la solita forma rettangolare ma dovrà essere conico. Tuttavia questo riferimento a leggi fisiche e necessità tecniche è solo la metà della spiegazione."



## 18. NOVITA' DALLA FABBRICA

### Precision Sound Level Meter Type 2203.

The compact, battery-operated Type 2203 Sound Level Meter, is a high-precision portable instrument, which has been designed to completely fulfill the proposed international IEC standards for Precision Sound Level Meters.\*) It is mainly intended for the quick and accurate measurement of noise from traffic, and within factories and buildings as the instrument gives a direct scale reading in db sound level. The measuring range is 22 db to 134 db, and it is accurate within  $\pm 1$  db.

The instrument can be connected to external  $1/1$  or  $1/2$  octave filters, convert it into a Frequency Analyzer, and by connecting the output to a Level Reco an automatically paper-recorded reading can be produced.

A linear frequency range of 20 c/s to 20,000 c/s is also included, which facilitates the use of the instrument, not only as a sound level meter, but as a battery-operated preamplifier for voltage and vibration measurements.

The Sound Level Meter is transistorized for low power consumption and is equipped with a precision Condenser Microphone (B & K Type 4131).



*Precision Sound Level Meter  
Type 2203.*

\*) Rapallo 1960.

**Figura 8:** Prima presentazione fonometro 2203 nel 1960

## 19. ELIMINARE L'ASSISTENTE

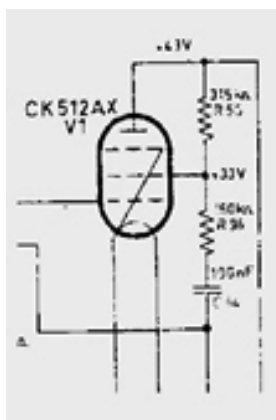
Il microfono di misura era situato ad una estremità del cavo, l'altra estremità era inserita in una scatola quadrata impugnata da qualcuno o da qualcosa. L'operatore doveva, perciò, impugnare con una mano lo strumento, con l'altra mano azionarlo e con la terza impugnare il microfono. E' universalmente riconosciuto che non c'è nulla di peggio di avere un Assistente con una mano libera.

La Brüel & Kjær, perciò, scelse di eliminare la sorgente di errore più seria - l'Assistente - montando il microfono direttamente sullo strumento e dando al fonometro una forma che prevenisse la riflessione acustica. La creatura risultante ebbe molto successo.

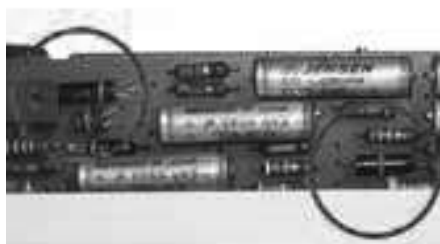
Visto oggi, dove la vita quotidiana è piena di tecnologia intelligente miniaturizzata (cellulari, lettori mp3, calcolatori, ecc.) il 2203 non sembra particolarmente piccolo e leggero considerando la tecnologia disponibile all'epoca e il numero limitato di pezzi prodotti era alla stregua di un trucco e il concetto del contenitore con punta conica fu copiato da tutti i nostri concorrenti.

## 20. DENTRO IL FONOMETRO 2203

Nel 1962 il fonometro 2203 e l'Indicatore di Limite Acustico 2211 erano gli unici strumenti dotati di transistor. La disponibilità di transistor era limitata solo al tipo al germanio che generalmente non aveva un elevato guadagno, un basso rumore elettrico e una bassa corrente di dispersione. Fu così necessario ordinare in classi i transistor ed impiegare solo i migliori nei punti più critici (lo stesso procedimento fu impiegato con le resistenze disponibili solo con tolleranza del 20%: furono suddivise in classi al 2% di tolleranza).



**Figura 9:** Un esempio di ingresso ad alta impedenza



**Figura 10:** Valvole e Transistor: una rivoluzione nel 1960

Il preamplificatore per il microfono era speciale. In questo caso era impensabile l'uso del transistor e fummo costretti ad impiegare le valvole. Un oscillatore locale forniva l'alimentazione del catodo della piccola valvola attraverso un trasformatore; fu così possibile usare la valvola come inseguitore catodico. La valvola fu alloggiata in un dispositivo a molla per evitare l'eccesso di effetto microfonico.

## 21. ACUSTICA

Realizzare misure acustiche sul microfono e sul contenitore non fu facile. La Brüel & Kjær non disponeva di una camera anecoica e nemmeno il DTH (più tardi conosciuto come DTU l'Università tecnica danese). Le misure furono condotte su un modello in scala del fonometro (2:1) posto in un contenitore con assorbimento asimmetrico lungo circa due metri.

Questa configurazione non fu particolarmente accurata e misure effettuate più tardi hanno confermato che le caratteristiche acustiche non erano quelle che ci si aspettava. Il microfono fu montato sul fonometro e l'influenza del corpo del fonometro è risultata di 2 dB contro il 1 dB aspettato. Più tardi questo errore fu corretto inserendo un collo d'oca tra il microfono e il suo alloggiamento. La

norma internazionale per Fonometri di Precisione del 1965 fu completamente basata sul 2203 (con le necessarie migliorie nel corso degli anni) che è stato prodotto per 21 anni.

## 22. INCONTRO COI REALI

Dalla sua umile introduzione nel 1960 il 2203 si mescolò con l'alta società. In questa fotografia del 1970 lo spumeggiante Dr. Brüel presenta il 2203 al Re Federico IX di Danimarca (2° da destra) e alla Regina Ingrid di Danimarca (4a dalla destra). Vicino al 2203 potete vedere l'interno di un amplificatore di misura e nello sfondo ci sono generatori, analizzatori e schermi catodici.



**Figura 11:** Il Dr. Brüel illustra il 2203 a Re Fedrico IX di Danimarca

## 23. CON UN PICCOLO AIUTO DEGLI AMICI

Proprio come oggi anche negli anni '60 il mantra della Brüel & Kjær era "forniamo sistemi completi".

L'affermazione trova riscontro nell'illustrazione (**Figura 12**) che propone un sistema di misura donato da un consulente danese. Il segnale pesato A dell'uscita AC del 2203 (al centro) è portato sul dosimetro 4423 (in alto a sinistra) che fornisce il conteggio della dose che si può convertire in un LAeq mediante lo speciale regolo calcolatore fornito.

Per risultati intermedi la macchina fotografica (a destra) azionata da un timer auto costruito dal consulente (in basso a destra) prende una foto ogni ora della dose indicata dal dosimetro; la fotografia sarà, quindi, impiegata più tardi per la lettura, la conversione dei risultati e la documentazione.



**Figura 12:** Sistema di monitoraggio acustico senza presidio

Analogamente il registratore di livello 2305 traccia in continuo su carta il livello di pressione sonora ponderato A ed è semplice porre annotazioni sulla stessa carta per la successiva documentazione.

Per i valori statistici la posizione del pennino del registratore è rilevata attraverso uno speciale adattatore che attraverso un cavo attiva l'analizzatore statistico 4420 (in alto a destra). Il conteggio totale è disponibile e consente di calcolare tutta la statistica. In questo modo il sistema consente il campionamento nel tempo ad alta risoluzione, la statistica, i valori globali e anche l'analisi di frequenza se si impiega il filtro ad ottave 1613 posto sotto il 2203.

#### 24. NEL POLLAIO

Lavorare in campo col 2203 ed i suoi amici richiede destrezza, resistenza e determinazione.

Restare seduti in un pollaio (**Figura 13**) per giorni dovendo controllare i contatori dell'analizzatore statistico (alla destra), guardare il tracciato del pennino del registratore di livello (al centro), marcare ogni evento acustico sulla carta del registratore e cambiare il rotolo di carta ogni ora (operatore sulla sinistra) indossando una pelliccia e scarpe calde e col cestino del pranzo non era poi così male.

E la cosa più interessante era che il 2203 era privo di banchi software.



**Figura 13:** Sistema di monitoraggio acustico presidiato

## 25. SULLA STRADA

Nello scenario stradale il 2203 è al centro dell'attenzione (**Figura 14**). Il microfono, montato su treppiede all'altezza standard di 1,2 metri, completo di schermo controvento per riparare il microfono da 1 pollice, indicherà il livello sonoro di qualunque veicolo che passa. L'operatore, calmo e confidente, controlla il rispetto dei limiti di legge e controlla l'equipaggio della moto alla ricerca del colpevole. Restano solo poche domande:



**Figura 14:** Misure Pass-By

Quando e dove è stata scattata questa fotografia e perché il sidecar? Qualsiasi indizio o soluzione possiate avere sarà il benvenuto. Le motociclette sono una BMW R60/5 o R75/5 prodotte tra il 1969 e il 1975 se questo può aiutarvi.

## **26. LA NORMATIVA TECNICA SEGUE L'EVOLUZIONE DEL FONOMETRO**

Un fonometro convenzionale così come descritto dalla normativa presente e passata è composto da alcuni blocchi funzionali: 1) il trasduttore acustico o microfono, 2) la pesatura in frequenza e 3) il rilevatore/indicatore che a sua volta, per una comprensione migliore, può essere suddiviso nella funzione di rilevazione e in quella di indicazione. Alcune condizioni richieste dalla normativa sui fonometri possono essere ricondotte esclusivamente ad alcuni di questi blocchi funzionali; per esempio, la necessità di una sensibilità direttiva è un'esclusiva del solo microfono legata alla sua progettazione, dimensioni meccaniche e forma, alla sua installazione sul fonometro, ecc.. Altre condizioni possono essere ricondotte a più blocchi funzionali come i circuiti asserviti al microfono e alla pesatura di frequenza (la risposta in frequenza del microfono può essere una parte della pesatura di frequenza). Non esiste una particolare necessità di separare le funzioni nella progettazione pratica; le condizioni dettate dalla normativa si applicano al fonometro visto come un unico strumento.

La pesatura di frequenza è generalmente considerata la parte principale della normativa sui fonometri. La necessità di pesare le componenti acustiche individuali di frequenza è facile da intuire e anche se ci sono state e ci sono tuttora pesanti discussioni su come realizzarla le pesature di frequenza impiegate sono rimaste immutate da più di 40 anni.

Il terzo blocco funzionale, il rilevatore/indicatore è, tuttavia, tanto importante quanto la pesatura di frequenza. Questo blocco si occupa del modo con cui il segnale elettrico pesato in frequenza (proporzionale alla pressione sonora) è gestito e trasformato in un'indicazione visibile o in un altro segnale proporzionale.

La parte seguente si occupa principalmente del rivelatore assumendo che l'indicatore sia in grado di seguire il segnale risultante alla rilevazione. "Principalmente" assume il significato di una riserva, almeno per la progettazione realizzata in passato, perché l'indicatore influenza fortemente i risultati osservabili in questa parte del processamento del segnale.

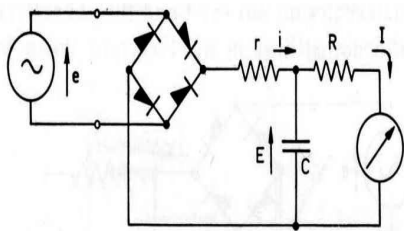
## **27. RILEVATORE -INDICATORE**

La quantità che si è cercato di misurare era, fin dall'inizio, l'intensità sonora ovvero la misura dell'energia sonora che fluisce in un certo punto da una certa direzione. Questa quantità é, tuttavia, difficile da gestire assieme ad una

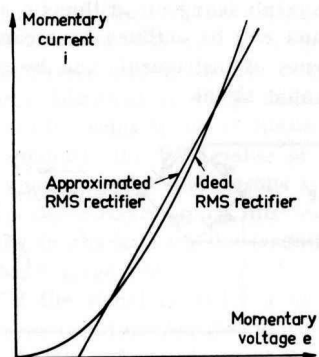
desiderata semplicità progettuale. Dall'assunzione di un campo sonoro non reattivo considerando che il nostro udito è sensibile alla pressione la quantità misurata fu, perciò, definita come il quadrato della pressione.

Nella prima norma internazionale, la IEC 123 del 1961, la condizione per il sistema di rilevazione/indicazione fu che dovrebbe essere un "mezzo a legge quadratica" e la sua risposta a segnali non stazionari fu definita per mezzo della risposta ad un segnale a treno di impulsi a 1000 Hz della durata di 200 ms. Questa condizione fu, principalmente, dovuta dalle possibilità tecniche del tempo: disponibilità di un circuito analogico semplice e di un sistema di indicazione meccanico il più veloce disponibile.

In **Figura 15** è indicata una soluzione pratica per approssimare la "quadratura" richiesta. Le caratteristiche sono indicate in **Figura 16**.



**Figura 15:** Semplice circuito analogico per approssimare la "quadratura".



**Figura 16:** Risposta caratteristica del circuito di **Figura 15**

La prova adottata dalla IEC 123 e, in seguito, dalla IEC 179 per verificare la quadratura era composta dalla somma di due segnali sinusoidali di uguale ampiezza ma di diversa frequenza.

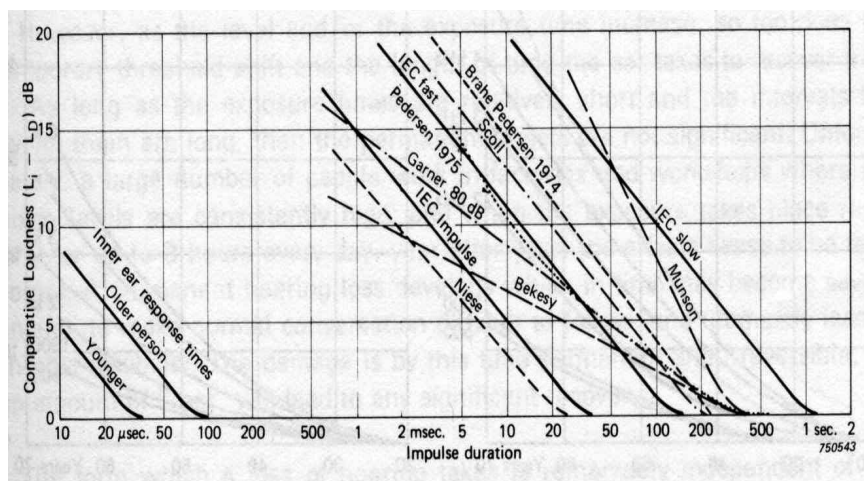
Il risultato della somma dovrebbe dar luogo a + 3 dB con una tolleranza di  $\pm 0,25$  dB. L'approssimazione della parabola con una retta era sufficiente a questo scopo. Con l'introduzione della successiva norma IEC 179 i limiti di tolleranza sono stati ridotti a  $\pm 0,1$  dB ma, nonostante il limite più severo, si è potuto impiegare lo stesso circuito analogico. Un segnale arbitrario con fattore di cresta fino a 3 dB poteva essere gestito correttamente con una tolleranza contenuta entro  $\pm 1$  dB.

La dinamica di questo circuito dipende sia dalla costante di tempo delle resistenze e capacità sia dalle caratteristiche balistiche dell'indicatore meccanico. La dinamica del circuito di rivelazione/indicazione fu ristretta alla

risposta di un segnale a treno di impulsi di 200 ms; la risposta ad altri impulsi rimase indefinita.

La prova di 200ms fu sviluppata per la risposta più rapida possibile. Per rendere più semplice la stima del valore medio rms su un periodo di tempo più lungo (Leq) l'indicatore veniva smorzato per una risposta più lenta. Questa nuova risposta fu definita attraverso una prova con un segnale a treno di impulsi di 500 ms e le due risposte presero il nome di "Fast" e "Slow".

La definizione piuttosto carente della risposta all'impulso portò nel 1973 alla norma supplementare IEC 179 per fonometri a risposta impulsiva. Nello sviluppo di questa norma i membri del gruppo di lavoro vagliarono i risultati di molte ricerche rispetto alla percezione soggettiva agli impulsi. In **Figura 17** sono presentate le difficoltà che il gruppo di lavoro dovette trattare legate alla dispersione dei risultati.



**Figura 17:** Risultati di diverse ricerche sulla percezione soggettiva di brevi impulsi rispetto le più recenti caratteristiche dei fonometri e rispetto al tempo di risposta dell'orecchio interno.

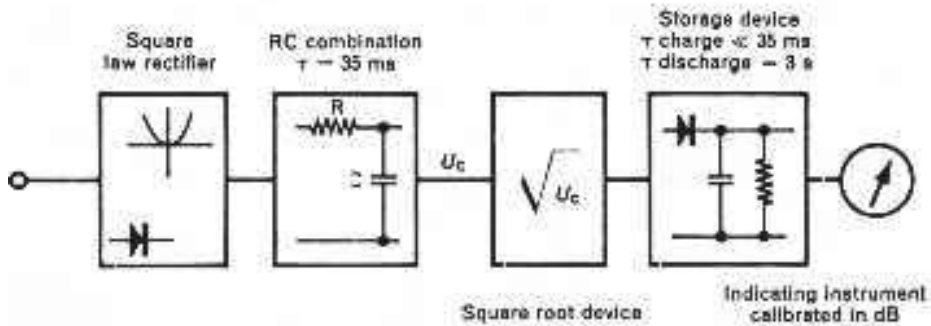
La scelta fu un circuito di rivelazione/indicazione il cui principio era basato su un quadratore ed un semplice filtro passa basso ad un polo (circuito RC).

La costante di tempo del filtro passa basso fu adottata in 35 ms e fu chiamata "Impulse" per distinguerla da "Fast" e "Slow".

Nella prima parte degli anni '70 fu necessario prendere atto della limitazione tecnologica dello strumento di lettura che non era sufficientemente veloce per seguire l'uscita del filtro passa basso a 35 ms.

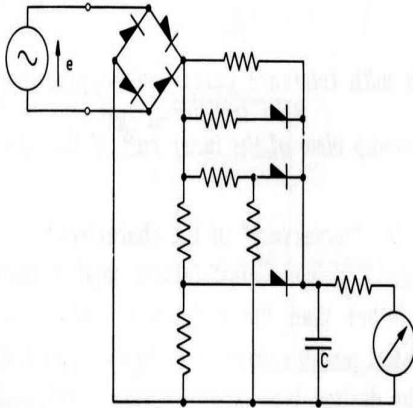
Questo problema fu risolto per mezzo di un circuito "hold" con una costante di tempo veloce in salita e una lenta in decadimento. La costante di tempo di decadimento fu scelta in 3 s. Il principio di funzionamento è indicato in **Figura 18**.



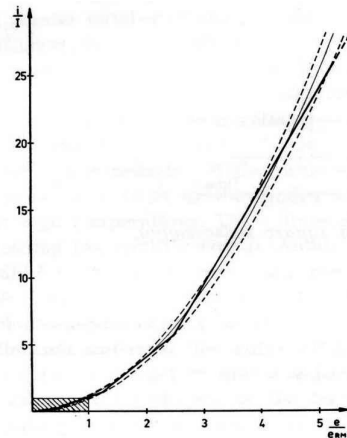


**Figura18:** Principio di funzionamento di un sistema di rilevazione/indicazione conforme alla norma IEC 179A

La gestione degli impulsi richiedeva una caratteristica del rettificatore/quadratore migliore di quella raggiungibile con l'approssimazione indicata nelle **Figure 1 e 2** sufficiente per le norme IEC 123 e IEC 179 e le risposte "Fast" e "Slow" furono ulteriormente ridefinite. Segnali con fattore di cresta 3, 5 e 10 dB dovevano essere gestiti entro certi limiti di tolleranza. Furono impiegati treni di onde quadre per le nuove prove e si rese necessaria una approssimazione migliore del principio di quadratura. Nelle **Figure 19 e 20** è riportato un esempio del nuovo circuito quadratore e della sua risposta.



**Figura 19:** Esempio pratico di circuito per l'approssimazione del processo di quadratura



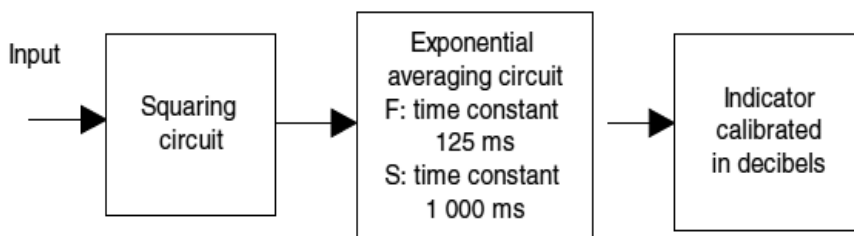
**Figura 20:** Risposta del quadratore indicato in **Figura 19**

Nel 1973 erano in vigore tre diverse norme per i fonometri: IEC 123, IEC 179 e IEC 179A.

Siccome tutte le norme erano basate sulle stesse caratteristiche principali e differivano solo su particolari specifiche e sui limiti di tolleranza fu deciso di assemblarle in una unica norma: IEC 651. Nella nuova norma furono definite quattro classi (tipo) di precisione:

- tipo 1: identica alla norma IEC 179,
- tipo 3: identica alla norma IEC 123,
- tipo 2: compresa tra le norme IEC 123 e IEC 179
- tipo 0: fu sviluppata specificatamente per strumenti di elevata precisione.

Unitamente allo sviluppo di nuovi sistemi di rivelazione/indicazione la classe tipo 0 fu interessante in quanto la risposta all'impulso fu definita anche per "Fast" e "Slow" non solo attraverso la prova al treno di impulsi di, rispettivamente, 200 ms e 500 ms. La **Figura 21** riporta la figura riportata sulla IEC 651 che definisce la risposta all'impulso per "Fast" e "Slow". Con le costanti di tempo indicate per il filtro mediatore non esisteva alcun conflitto con le condizioni precedenti. Allo stesso tempo il metodo di media fu definito col nome di "Costante di tempo".



**Figura 21:** Il principio di rivelazione/indicazione adottato dalla IEC 651 per definire la risposta all'impulso di "Fast" e "Slow".

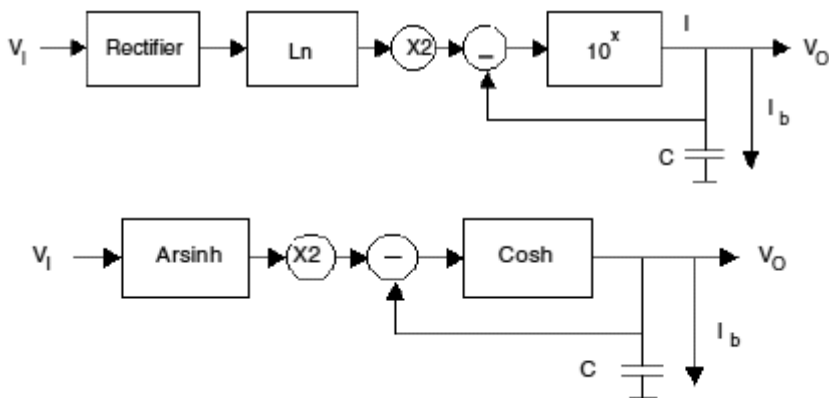
La nuova norma IEC 651 consentiva l'uso di indicatori digitali definendo la velocità di campionamento dell'uscita del rivelatore e le quantità da visualizzare.

Con l'avvento della più recente norma IEC 61672 si è assemblato tutte le caratteristiche valide per fonometri a valore istantaneo e quelli integratori (integrazione su un periodo di tempo molto maggiore di quello definito da "Fast" e "Slow") e le classi di precisione sono state ridotte a due: classe 1 e classe 2. Le due nuove classi corrispondono, rispettivamente, al tipo 1 e al tipo 2 definite dalla IEC 651.

Le classi corrispondenti al tipo 0 e al tipo 3 non sono presenti: la prima perché di scarso interesse commerciale e la seconda perché la precisione richiesta non è conforme alle possibilità tecniche odierne. Il reale miglioramento introdotto con la IEC 61672 riguarda il sistema rivelatore/indicatore: anche per la classe 2 la

tolleranza alla risposta impulsiva è molto più severa di quella richiesta da fonometri conformi alla IEC 651 di tipo 0!

È meglio precisare che gli schemi riportati nelle **Figure 18 e 21** indicano solo il principio di funzionamento e non hanno nulla a che vedere con l'implementazione pratica basata su tecniche analogiche, digitali o la loro combinazione comprensiva della conversione logaritmica che rende possibile lo sviluppo di rivelatori con ampio campo di linearità dinamica. Alcuni esempi sono presentati in **Figura 22**.



**Figura 22:** Principio di sviluppo di un rettificatore logaritmico

## 28. LEGGERE IL VISUALIZZATORE

I segnali sonori frequentemente oscillano. Un indicatore analogico che segue il segnale di uscita del rivelatore costituisce un problema per il fonometrista. Cosa leggere? Troppe informazioni possono essere estratte dalla lettura: il massimo, il minimo (rumore di fondo), l'ampiezza della fluttuazione e anche alcuni giudizi sul carattere del rumore fluttuante. I valori massimi e minimi possono essere letti con precisione ma le altre quantità risentono del giudizio del fonometri sta e, perciò, sono caratterizzate da soggettività.

Gli indicatori digitali non lasciano molto spazio all'utilizzatore e questa situazione ha vantaggi svantaggi. Se il segnale fluttuante all'uscita del rivelatore deve essere campionato con l'obiettivo della completa descrizione del fenomeno bisognerà campionarlo ad almeno 100 campioni/s; se l'indicazione varia al ritmo di 100 volte/s nessuno potrà leggere alcunché. Una persona normale è in grado di leggere circa una lettura al secondo.

Esistono due diverse soluzioni: la prima consiste nel prendere un campione ogni secondo e la seconda consiste nel visualizzare il valore massimo di due campionamenti consecutivi. Nel primo caso un numero sufficiente di letture nel tempo può essere utilizzato per la valutazione statistica dell'andamento del

segnale ma per un evento singolo quale un rumore impattivo le letture risulteranno poco accurate perché il segnale può variare di oltre 30dB tra due campioni consecutivi. Inoltre c'è un altro problema: la prova. Come provare che i valori campionati sono valori corretti e non solo letture arbitrarie?

Il secondo metodo (valore massimo tra due campioni consecutivi) è meglio definito. Per rumore impulsivo almeno un campione letto rappresenterà il corretto valore massimo; per la valutazione statistica le letture risulteranno leggermente superiori rispetto alle corrispondenti ottenute con il campionamento diretto. La scelta non è semplice e per questa ragione diversi costruttori di fonometri preferiscono progettare il proprio fonometro con ambedue le soluzioni. Se è, però, necessaria la misura oggettiva allora solo la lettura del massimo ha senso.

## **29. DOMANDE FREQUENTI**

Perché mantenere i vecchi principi? Perché non avvantaggiarsi delle nuove tecniche ed impiegare lo short Leq invece delle costanti di tempo "F" o "S", ecc?

La risposta è semplice: le leggi nazionali fanno riferimento alla normativa nazionale. Anche se la normativa nazionale frequentemente segue quella IEC molto da vicino spesso la segue con un certo ritardo che può essere di alcuni anni. Perciò risulta di importanza pratica che la nuova normativa assicuri la compatibilità affinché un nuovo fonometro risulti conforme alle condizioni imposte dalla vecchia normativa. Per garantire i principi base della misura (anche se migliorati) il confronto tra le misure effettuate con la nuova e con la vecchia normativa deve essere garantito e possibile.

## **30. RIFERIMENTI**

C.G. Wahrman : A true RMS Instrument. B&K Technical Review No.3 1958

P. Hedegaard : General Accuracy of Sound Level Meter Measurements. B&K TR No. 4 1977

J.R. Hassall and K. Zaveri: Application of Brüel & Kjær Equipment to Acoustic Noise Measurements 1





# **Vibrazioni e Microclima**



## **LE NUOVE NORME DI CERTIFICAZIONE DELLE EMISSIONI DI VIBRAZIONI**

**Iole Pinto**

Dipartimento di Prevenzione – Laboratorio Agenti Fisici - Azienda USL 7 Siena

### **1. INTRODUZIONE**

Il D.Lgs. 9 Aprile 2008 n. 81, titolo VIII, Capo III-Vibrazioni [ex DL, n.187/2005] è in vigore dal 15 Maggio 2008.

Esso prescrive specifiche metodiche di individuazione e valutazione dei rischi associati all'esposizione a vibrazioni del sistema mano-braccio (HAV) e del corpo intero (WBV) e specifiche misure di tutela, che devono essere documentate nell'ambito del rapporto di valutazione dei rischi prescritto dal D.Lgs. 9 Aprile 2008 n. 81 stesso.

L'ambito di applicazione è individuato dalle seguenti definizioni date all'articolo 200:

- *Vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio "le vibrazioni meccaniche che se trasmesse al sistema mano-braccio nell'uomo, comportano un rischio per la salute e la sicurezza dei lavoratori, in particolare disturbi vascolari, osteoarticolari, neurologici o muscolari" (art. 200, comma 1, punto a).*
- *Vibrazioni trasmesse al corpo intero "le vibrazioni meccaniche che, se trasmesse al corpo intero, comportano rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori, in particolare lombalgie e traumi del rachide" (art. 200, comma 1, punto b).*

In linea con i principi generali di riduzione del rischio formulati dal D.Lgs. 81/2008 l'articolo 203 comma 1 prescrive che quando sono superati i valori d'azione, il datore di lavoro elabora e applica un programma di misure tecniche volto a ridurre al minimo l'esposizione a vibrazioni. In particolare – in accordo con la normativa - andranno considerati *“altri metodi di lavoro che richiedono una minore esposizione a vibrazioni meccaniche”*.

L'articolo 202 del Decreto Legislativo 81/2008 ai commi 1 2 prescrive l'obbligo, da parte dei datori di lavoro di valutare il rischio da esposizione a vibrazioni dei lavoratori durante il lavoro. La valutazione dei rischi è previsto che possa essere



effettuata senza misurazioni, qualora siano reperibili dati di esposizione adeguati presso banche dati dell'ISPESL e delle regioni o direttamente presso i produttori o fornitori. Nel caso tali dati non siano reperibili è necessario misurare i livelli di vibrazioni meccaniche a cui i lavoratori sono esposti.

La valutazione, con o senza misure, dovrà essere programmata ed effettuata ad intervalli regolari da parte di personale competente.

Il rapporto di valutazione dovrà precisare in dettaglio le misure di tutela adottate, prescritte dagli articoli 202 e 203 della stessa normativa.

E' prescritto che la valutazione prenda in esame i seguenti elementi:

- a) Entità delle vibrazioni trasmesse e durata dell'esposizione, in relazione ai livelli d'azione ed al valore limite prescritti dal DL 81/2008 art. 201;
- b) gli eventuali effetti sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori a rischio particolarmente esposti;
- c) gli eventuali effetti indiretti sulla sicurezza dei lavoratori risultanti da interazioni tra le vibrazioni meccaniche e l'ambiente di lavoro o altre attrezzature;
- d) le informazioni fornite dal costruttore dell'apparecchiatura ai sensi della direttiva macchine;
- e) l'esistenza di attrezzature alternative progettate per ridurre i livelli di esposizione a vibrazioni meccaniche;
- f) condizioni di lavoro particolari come le basse temperature, il bagnato, l'elevata umidità il sovraccarico biomeccanico degli arti superiori e del rachide.

Da quanto fin qui esposto appare evidente che l'analisi delle possibilità di riduzione del rischio, oltre ad essere un obbligo specifico conseguente la valutazione dei rischi, qualora si riscontri il superamento dei livelli d'azione, rappresenta parte integrante del processo di individuazione e valutazione dei rischi prescritto dalla normativa. Proprio in tale contesto è espressamente prescritto dalla normativa che in sede di valutazione del rischio si prendano in esame *“le informazioni fornite dal costruttore dell'apparecchiatura ai sensi della direttiva macchine”*.

Nel seguito verranno illustrati i principali aspetti inerenti le informazioni fornite ai sensi della Direttiva macchine ed il quadro normativo da questa sotteso.

## **2. VIBRAZIONI E DIRETTIVA MACCHINE**

La Direttiva Europea Macchine prescrive i requisiti essenziali di igiene e sicurezza a cui devono essere conformi imacchinari per poter essere immessi sul mercato europeo. La nuova versione della direttiva macchine -Direttiva 2006/42/EC - è stata recepita in Italia con il DLgs. n.17 del 27/01/2010 [1] ed ha apportato alcune importanti modifiche ed integrazioni alla precedente Direttiva Macchine.

Di seguito si riportano i punti essenziali inerenti il rischio vibrazioni, evidenziando con sottolineatura gli aspetti innovativi rispetto alla precedente normativa, le cui

ricadute in termini di adeguamento degli standard di misura dei valori di emissione impiegati dai costruttori sono discussi al paragrafo 3.

*Art. 1.5.9. Vibrazioni*

*La macchina deve essere progettata e costruita in modo tale che i rischi dovuti alle vibrazioni trasmesse dalla macchina siano ridotti al livello minimo, tenuto conto del progresso tecnico e della disponibilità di mezzi atti a ridurre le vibrazioni, in particolare alla fonte.*

*Il livello dell'emissione di vibrazioni può essere valutato in riferimento ai dati comparativi di emissione di macchine simili.*

*Art. 2.2.1.1. Istruzioni (macchine portatili)*

*Le istruzioni devono fornire le seguenti indicazioni relative alle vibrazioni emesse dalle macchine portatili tenute e condotte a mano:*

- *il valore totale di vibrazioni cui è esposto il sistema mano-braccia quando superiori a  $2,5 \text{ m/s}^2$ . Se tale valore non supera  $2,5 \text{ m/s}^2$ , occorre segnalarlo,*
- *l'incertezza della misurazione.*

I suddetti valori devono essere quelli misurati effettivamente sulla macchina in questione, oppure quelli stabiliti sulla base di misurazioni effettuate su una macchina tecnicamente comparabile rappresentativa della macchina da produrre.

Allorché non sono applicate le norme armonizzate, i dati sulle vibrazioni devono essere misurati usando il codice di misurazione più appropriato adeguato alla macchina.

Devono essere specificati le condizioni di funzionamento della macchina durante la misurazione e i metodi utilizzati per effettuarla oppure il riferimento alla norma armonizzata applicata.

*Art. 3.6.3.1. Vibrazioni (macchine mobili)*

*Le istruzioni devono fornire le seguenti indicazioni relative alle vibrazioni trasmesse dalla macchina al sistema mano-braccio o a tutto il corpo:*

- *il valore totale di vibrazioni cui è esposto il sistema mano-braccio, quando superiori a  $2,5 \text{ m/s}^2$ . Se tale livello è inferiore o pari a  $2,5 \text{ m/s}^2$ , deve essere indicato,*
- *il valore quadratico medio massimo dell'accelerazione ponderata cui è esposto tutto il corpo, quando superiori a  $0,5 \text{ m/s}^2$ . Se tale livello è inferiore o pari a  $0,5 \text{ m/s}^2$ , deve essere indicato,*
- *l'incertezza della misurazione.*

I suddetti valori devono essere quelli misurati effettivamente sulla macchina in questione, oppure quelli stabiliti sulla base di misurazioni effettuate su una macchina tecnicamente comparabile rappresentativa della macchina da produrre.

Allorché non sono applicate le norme armonizzate, i dati sulle vibrazioni devono essere misurati usando il codice di misurazione più appropriato adeguato alla macchina.

Devono essere descritte le condizioni di funzionamento della macchina durante la misurazione e il codice di misurazione utilizzato per effettuarla.

*Art. 1.7.2. Avvertenze in merito ai rischi residui*

*Nel caso in cui permangano dei rischi, malgrado siano state adottate le misure di protezione integrate nella progettazione, le protezioni e le misure di protezione complementari, devono essere previste le necessarie avvertenze, compresi i dispositivi di avvertenza.*

*Art. 1.7.4.2. Contenuto delle istruzioni*

*(...)*

- a) le istruzioni per l'installazione e il montaggio volte a ridurre il rumore e le vibrazioni prodotti;*
- k) le istruzioni per la messa in servizio e l'uso della macchina e, se necessario, le istruzioni per la formazione degli operatori;*
- l) le informazioni in merito ai rischi residui che permangono, malgrado siano state adottate le misure di protezione integrate nella progettazione della macchina e malgrado le protezioni e le misure di protezione complementari adottate;*
- m) le istruzioni sulle misure di protezione che devono essere prese dall'utilizzatore, incluse, se del caso, le attrezzature di protezione individuale che devono essere fornite;*
- n) le caratteristiche essenziali degli utensili che possono essere montati sulla macchina;*
- r) la descrizione delle operazioni di regolazione e manutenzione che devono essere effettuate dall'utilizzatore nonché le misure di manutenzione preventiva da rispettare.*

### **3. VALORI DI EMISSIONE E STANDARD ARMONIZZATI CEN**

Prima dell'entrata in vigore della nuova Direttiva Macchine, le certificazioni dei valori di emissione venivano effettuate per ciascun macchinario in condizioni di impiego standardizzate, conformemente a specifiche procedure di misura definite per ciascun macchinario dagli standard ISO-CEN di prima generazione (cfr. tab. 1)

In genere i dati di emissione dichiarati dal produttore in accordo con tali standard venivano misurati in condizioni operative non necessariamente corrispondenti a quelle di reale impiego di ciascun macchinario.

Proprio per poter utilizzare tali dati ai fini della stima del rischio in reali condizioni di impiego è stato emanato lo standard CEN 15350/2006: *Mechanical vibration – Guideline for the assessment of exposure to hand-transmitted vibration using available information including that provided by manufacturers of machinery.*[2]

In esso erano contenuti –tra l'altro– opportuni coefficienti moltiplicativi da utilizzare per poter ottenere una stima dei valori di vibrazione riscontrabili in campo a partire dai dati di vibrazione dichiarati dai produttori in conformità con le famiglie di standard di prima generazione EN 8662 -28862 (macchine pneumatiche) o EN 60745 – EN 50144 (macchine elettriche).

E' stato riconosciuto in sede CEN (European Committee for Standardization) – ISO che gli standard di vecchia generazione non sono adeguati per poter rispondere pienamente ai contenuti informativi richiesti dalla nuova Direttiva macchine ai fini di una corretta dichiarazione dei dati di emissione da parte dei produttori.

In particolare, come riportato al precedente paragrafo la nuova Direttiva Macchine prescrive all'art. 1.5.9 che il produttore, ai fini della riduzione del rischio, prenda in considerazione il livello dell'emissione delle vibrazioni facendo riferimento ai dati comparativi di emissione di macchine simili.

Ciò significa che in sede di progetto il costruttore ha l'obbligo di valutare lo “stato dell'arte” delle vibrazioni prodotte da macchinari della stessa famiglia. Molte delle norme armonizzate di prima generazione, prevedendo condizioni di misura del tutto artificiali, non consentono di poter ottenere una stima realistica delle vibrazioni prodotte nelle differenti condizioni di impiego del macchinario, e quindi di effettuare tale tipo di valutazione in sede di progetto.

Le carenze degli standard di prima generazione sono inoltre evidenti anche in relazione alle informazioni richieste dalla Direttiva Macchine inerenti incertezze di misura e gestione rischi residui. (art. 1.7.4.2 ed 1.7.1)

Pertanto CEN ed ISO hanno pubblicato la nuova versione delle metodiche standardizzate di misura per la certificazione dei macchinari – EN 20643 [3] che rappresenta la norma di riferimento per tutti gli altri standard di prodotto; essa prescrive esplicitamente quanto segue:

- le misure di vibrazioni devono essere effettuate su 3 assi, in tutte le posizioni occupate dalla mani, e deve essere dichiarato dal produttore il valore massimo ottenuto.
- le vibrazioni devono essere valutate in condizioni operative realistiche e rappresentative dei valori più elevati ottenibili nelle reali condizioni di impiego.

Sulla base di tali esigenze a partire dal 2006 sono stati prodotti nuovi standard di misura delle vibrazioni emesse dai macchinari, che sono andati gradualmente a sostituire i precedenti standard UNI EN ISO, in conformità con quanto richiesto dallo standard EN 20643.

In **Tabella 1** si riporta un quadro sintetico dello stato di aggiornamento della normativa.

**Tabella 1:** Prospetto sintetico degli standard di misura delle vibrazioni prodotte dai macchinari ai fini della dichiarazione dei valori di emissione di vibrazioni.

Norme emanate prima del 2006	Norme emanate dopo il 2006
<b><u>Utensili pneumatici</u></b>	<b><u>Utensili pneumatici</u></b>
Vecchia Serie : EN 28862 (ISO 8662)	Nuova Serie : EN ISO 28927
<b><u>Utensili elettrici:</u></b>	<b><u>Utensili elettrici:</u></b>
Vecchia Serie: EN 60745 – EN 50144	Nuova Serie (dal 2007) EN 60745 – EN 50144
<b>CEN TR 15350:2006</b> (si applica per la stima dei valori in campo dai dati dichiarati in conformità agli standard delle vecchie serie)	<b>EN ISO 20643: 2005</b> Norma di riferimento generale per la misura delle vibrazioni dei macchinari

#### 4. CONCLUSIONI

Il nuovo quadro normativo può rappresentare un'importante opportunità per la prevenzione del rischio vibrazioni, definendo in maniera puntuale gli obblighi e criteri cui i produttori devono attenersi ai fini della riduzione rischio alla fonte, con possibile esclusione dal mercato di macchinari che producono un rischio elevato rispetto allo stato dell'arte.

Le informazioni fornite dal produttore ai sensi del nuovo quadro normativo rappresentano altresì preziosi strumenti per la riduzione ed il controllo del rischio vibrazioni in ambito aziendale, facilitando e guidando le fasi di:

- Adeguamento del parco macchine
- Collaudo/accettazione nuovi macchinari
- Regolare manutenzione del parco macchine
- Controllo del rischio residuo

secondo quanto richiesto dal D.Lgs.81/2008.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

1. DECRETO LEGISLATIVO 27 gennaio 2010, n. 17. Attuazione della direttiva 2006/42/CE, relativa alle macchine e che modifica la direttiva 95/16/CE relativa agli ascensori.
2. CEN TR 15350 – 2006 Vibrazioni meccaniche - Linee guida per la valutazione dell'esposizione al sistema mano – braccio partendo dalle informazioni disponibili, comprese quelle fornite dal fabbricante della macchina.
3. UNI EN ISO 20643:2005 Vibrazioni meccaniche - Macchine portatili e condotte a mano - Principi per la valutazione della emissione di vibrazioni

## **WBV: UN RISCHIO STORICAMENTE CONOSCIUTO**

**Roberto Deboli<sup>(1)</sup>, Angela Calvo<sup>(2)</sup>**

(1) Istituto IMAMOTER – CNR

(2) DEIAFA – Università degli Studi di Torino

### **1. UN PO' DI STORIA**

Nel 1700 il medico italiano Bernardino Ramazzini (Carpi-Modena 1633, Padova 1714) scrisse il libro *De Morbis Artificum Diatriba* sulle malattie che affliggevano i lavoratori di quegli anni. Come risultato di questi studi, il Ramazzini è stato indicato come il padre della medicina occupazionale. Tra le molte indagini che egli svolse tra artisti, artigiani ed operai, il Ramazzini cita un fatto curioso. Egli riporta che in un'autopsia eseguita sul corpo di un conducente di cavalli, a lungo sottoposto all'azione di vibrazioni meccaniche, gli effetti di queste erano stati tali che:

*“... le interiora sono state scosse dalla forza delle vibrazioni e quasi completamente spostate dalla loro naturale posizione....”*

Questo può essere considerato uno dei primi studi sugli effetti delle vibrazioni sul corpo umano.

Si devono però attendere due secoli prima che altri medici e studiosi si interessino agli effetti negativi che tali vibrazioni possono creare, nel lungo periodo, alle persone che ne sono esposte.

Il danno fisico al sistema mano-braccio, prodotto dall'esposizione prolungata ad attrezzi vibranti, è stato analizzato agli inizi del novecento, a seguito di episodi ben circoscritti.

Tra il 1906 ed il 1907 (Daneri, 2007) si svolge, nei cantieri navali di Riva Trigoso (Genova), uno sciopero di 115 giorni contro l'utilizzo dei ribattitori ad aria compressa ritenuti fonte di sordità e:

*“... causa di tremore continuo che si comunica al braccio destro dell'operaio e probabilmente a tutti gli altri muscoli del corpo, e questo tremore, congiuntamente allo sforzo che l'operaio deve fare per sostenere e dirigere il martello produce uno stato di tetano muscolare, il quale dura quanto dura il lavoro ed è considerato dagli igienisti come uno dei più facili e gravi coefficienti della stanchezza e dello strapazzo. ...Soltanto dopo lungo tempo ed in casi limitati si possono verificare lesioni nervose-muscolari (crampi, paralisi, etc.), oppure una diminuzione della resistenza organica generale, la quale predispose ad altre malattie. ...”*

Sono gli anni in cui le tecnologie avanzano e gli strumenti vibranti si diffondono molto rapidamente nei vari settori produttivi: ma con loro si diffondono i problemi delle patologie al sistema mano braccio.

Nel 1911 il professor Giovanni Loriga (1861 – 1950) presenta uno studio sugli effetti dannosi prodotti dall'utilizzo dei martelli pneumatici (Daneri, 2007). Egli descrive con precisione i sintomi e i segni clinici e discute i possibili meccanismi fisiologici dei sintomi vascolari periferici negli esposti a vibrazioni sull'asse mano-braccio.

Mentre la correlazione tra utilizzo di sistemi vibranti e patologie al sistema mano-braccio è stata fin dall'inizio molto chiara negli studi intrapresi dagli specialisti, per il danno prodotto dall'esposizione di tutto il corpo a sorgenti vibranti la situazione non è altrettanto chiara.

Negli anni sono stati condotti molti studi, si sono eseguite prove su molti soggetti e sono state eseguite molte indagini epidemiologiche, ma per molti ricercatori non è mai emersa chiaramente una correlazione ben definita tra esposizione e danno fisico.

Anche la norma ISO 2631-1997 riporta che:

*“La ricerca biodinamica oltre agli studi epidemiologici hanno indicato possibilità di un elevato rischio di problemi di salute causati da esposizione di lungo periodo a vibrazioni ad alta ampiezza trasmesse al corpo intero. Possono esserne affetti principalmente la colonna vertebrale lombare e il sistema nervoso autonomo. Il metabolismo e altri fattori endogeni possono avere un effetto ulteriore sulla degenerazione. Talvolta si presume che fattori ambientali quali la postura del corpo, la bassa temperatura e le correnti possano contribuire ai dolori muscolari. Tuttavia, è ignoto se questi fattori possano contribuire alla degenerazione dei dischi e delle vertebre.*

*L'aumento della durata (all'interno di una giornata lavorativa o quotidiano nel corso degli anni) e dell'ampiezza delle vibrazioni significano un incremento della dose delle vibrazioni e un incremento presunto del rischio, mentre i periodi di riposo possono ridurre il rischio.”*

Nella norma compaiono termini come 'possono', 'si presume', 'è ignoto', ma è la frase seguente ad indicare la difficoltà a stabilire un nesso quali-quantitativo sugli effetti delle vibrazioni trasmesse al corpo intero:

*“... Non sono stati raccolti dati sufficienti per dimostrare una relazione quantitativa tra l'esposizione alle vibrazioni e il rischio di effetti nocivi per la salute. Quindi, non è possibile valutare le vibrazioni trasmesse al corpo intero in termini di probabilità di rischio a varie ampiezze e durata di esposizione.”*

Nonostante ciò, le ricerche continuano e nuovi dati si stanno aggiungendo a quelli sino ad ora disponibili.

Di certo vi è che l'esposizione occupazionale ad elevati livelli di vibrazioni trasmesse a tutto il corpo da macchine e/o veicoli militari, industriali, agricoli o di trasporto pubblico è associata ad un aumentato rischio di insorgenza di disturbi e lesioni a carico del rachide lombare. In alcuni studi (Bovenzi e Betta, 1994, CEN Report, 1996, Festa et al., 2006) è stato anche segnalato che l'esposizione a vibrazioni trasmesse al corpo intero può causare alterazioni del distretto cervico-brachiale, dell'apparato gastroenterico, del sistema venoso periferico, dell'apparato

riproduttivo femminile, ed infine del sistema cocleo-vestibolare. Altre indagini hanno fornito una sufficiente evidenza epidemiologica per una relazione causale tra esposizione professionale a vibrazioni trasmesse a tutto il corpo e patologia del rachide lombare (Hoy et al., 2005), mentre l'associazione tra vibrazioni e lesioni ad altri organi o apparati non è stata ancora adeguatamente documentata.

Fin dall'inizio lo studio degli effetti sul corpo intero prodotti dall'esposizione alle vibrazioni si è articolato secondo linee di ricerca condotte sia in laboratorio (Coermann, 1938, Jacklin, 1936) che in campo (Mallock, 1902, Melville, 1903). Tra le ricerche eseguite in laboratorio bisogna citare quelle in cui i soggetti venivano fatti sedere su di una piattaforma vibrante che veniva mossa con segnali di frequenza ed ampiezza differente. Ai soggetti, così stimolati, veniva richiesto un giudizio circa la sensazione da essi avvertita in termini di disturbo provato: "non percepito, debolmente percepito, facilmente percepito, fortemente percepito oppure insopportabile". Questi primi test furono condotti nel 1931 da due studiosi (Reiher e Meister, 1931) e fornirono i dati iniziali su cui si basò la successiva norma ISO 2631-1968, che fu pubblicata sotto forma di bozza. In seguito altri studiosi si interessarono a questo tipo di analisi comparativa per capire se poteva esistere una risposta oggettiva ad uno stimolo soggettivo (Hansson e Wikstrom, 1981).

E' interessante osservare come nel 1932 furono pubblicati solo due studi sulla risposta umana alle vibrazioni, nel 1966 gli studi pubblicati furono un centinaio e ora si parla di migliaia di pubblicazioni al riguardo.

I vari ricercatori, negli anni, hanno cercato di indagare gli effetti collegati allo stimolo vibratorio e hanno studiato non solo l'eventuale danno fisico, ma anche l'effetto fisiologico prodotto dall'esposizione alle vibrazioni con la misurazione delle funzioni circolatorie e respiratorie tramite ECG, battiti cardiaci, pressione sanguigna, frequenza del respiro (Hasan, 1970, Hornick, 1973).

E' stato studiato anche l'effetto biomeccanico, ovvero i movimenti che le differenti parti del corpo, organi e tessuti, possono avere se stimolati dalle vibrazioni. L'effetto delle oscillazioni verticali di tipo sinusoidale sull'uomo in piedi e su quello seduto fu oggetto di studio da parte di numerosi ricercatori (Coermann e Wittwer, 1960, Dieckmann, 1958, Muller, 1939). Per definire quantitativamente la risposta del corpo umano sollecitato da forze esterne, questi ricercatori fecero ricorso al concetto di impedenza meccanica, intesa come rapporto tra la forza istantanea applicata al corpo in un particolare punto e la velocità ivi acquisita dal corpo. L'impedenza meccanica dell'uomo, nella banda di frequenza tra 0 – 20 Hz, fu determinata da Coermann (Coermann, 1938) per un soggetto in piedi e seduto, in assetto rigido e rilassato.

Dai suoi studi emerse che l'uomo seduto presenta una risonanza principale intorno ai 5 Hz ed un'altra secondaria intorno ai 12 Hz. Egli osservò anche che per frequenze inferiori a quella di risonanza principale l'impedenza diminuisce fino a tendere a zero per frequenze molto basse e che l'uomo si comporta come una massa pura per frequenze minori di 2 Hz.

In tutti i casi, la risposta del corpo umano alle vibrazioni è influenzata dall'assetto del corpo. E' evidente che la "lunghezza elastica" dell'uomo seduto è alquanto minore di quella che ha quando è in piedi; l'elasticità diminuisce con conseguente aumento della propagazione della forza e quindi dell'impedenza.

Nelle ricerche effettuate, furono in seguito prese in considerazione anche le prestazioni fisiche. Si osservò che i soggetti esposti a vibrazione perdevano l'acuità



visiva ed avevano difficoltà a muovere leve e a premere dei pulsanti, ovvero a governare le mani e le braccia. Tutto questo era dovuto alla interferenza meccanica che nasceva tra gli occhi ed il sistema mano-braccio (Griffin e Lewis, 1978). Contemporaneamente si studiò anche l'influenza del tempo di esposizione alle sollecitazioni vibratorie in termini di affaticamento precoce e perdita di concentrazione (Kjelleberg and Wikstrom, 1985).

Contestualmente a questi studi, condotti in laboratorio, furono eseguite, e lo sono ancora, molte indagini epidemiologiche in campo per cercare il nesso tra esposizione e danno fisico (Haack M., 1956, Hettingher, 1985, Bovenzi e Betta, 1994).

Lo studio dei sistemi in grado di proteggere il conducente dei veicoli fuori strada dall'aggressione delle vibrazioni risale agli anni '60.

Dagli studi precedentemente citati era emerso che il corpo umano è particolarmente sensibile agli stimoli vibratorii compresi tra i 2 e i 6 Hz per cui si indirizzarono alcune ricerche su come contrastare, o diminuire, gli effetti di queste vibrazioni, in quanto tutti i veicoli fuori strada e i veicoli industriali oscillano naturalmente attorno a queste frequenze.

Iniziarono così gli studi sulle sospensioni dei sedili e delle cabine (Dupuis e Hartung, 1966), che portarono alla progettazione del sistema di sospensione ottimale: nei sistemi di sospensione passivi, l'attenuazione viene raggiunta per mezzo di uno o più elementi resilienti posizionati tra la sorgente di vibrazione e la massa che deve essere isolata. Un valido isolamento si ottiene se la frequenza di disturbo è quattro volte più elevata della frequenza di oscillazione naturale della massa da isolare (Matthews, 1967). In quegli anni iniziarono anche gli studi sul controllo attivo delle vibrazioni (Suggs e Stikeleather, 1969).

I benefici di un sedile con un ottimo sistema di sospensione sono però limitati dal fatto che questo sedile aumenta i movimenti tra l'operatore ed i comandi della macchina. Per eliminare questo problema si pensò di sospendere, tramite molle ed ammortizzatori, l'intera cabina di guida (Matthews, 1967, Hilton e Moran, 1975).

Queste ed altre ricerche hanno avvalorato il concetto dell'analisi delle vibrazioni al corpo intero come rischio e come disturbo ed hanno posto le basi di quelle che sono poi diventate norme e direttive europee.

## 2. UNA NOTA CURIOSA

A dispetto di coloro i quali devono confrontarsi quotidianamente con i problemi causati dalle vibrazioni al corpo intero, la società moderna propone sistemi per dimagrire e per tonificare la muscolatura che si basano su macchine che trasmettono sollecitazioni vibratorie al corpo.

Già a fine del XIX secolo, un fisioterapista svedese (Gustav Zander, 1835-1920) aveva progettato e costruito più di 70 attrezzature che si basavano sulle vibrazioni meccaniche per curare i suoi pazienti.

Anche i russi utilizzarono negli anni '60 piattaforme vibranti per contrastare l'effetto di gravità 0 sui suoi astronauti in orbita sulle navicelle spaziali, contro il rischio di deterioramento della densità ossea e dei tessuti muscolari.

Il limite estremo del beneficio del WBV al corpo intero è riportato in questa frase pubblicitaria estratta da Internet:

*“... I believe that Whole Body Vibration is a safe, fast, effective, and affordable way for overwhelmed people can work out in less time. Take the time to talk with the people at different companies if you're considering investing in a unit. Once you do choose to incorporate WBV into your life, I'm sure you'll be glad you did! ...”*

### 3. BIBLIOGRAFIA

- Bovenzi, M. Betta, A. 1994. Low Back Disorders in Agricultural Tractor Drivers Exposed to Whole-Body Vibration and Postural Stress. *Applied Ergonomics* 25, 231-240.
- European Committee for Standardization. 1996. Mechanical vibration - Guide to the health effects of vibration on the human body. CEN Report 12349. CEN, Brussels
- Coermann R. 1938. The Mechanical Impedence of Human Body in Sitting or Standing Position at Low Frequencies. *ASA Technical Report*, 61, 492.
- Coermann R., Wittwer A. L. 1960. The passive dynamic mechanical properties of the human thorax-abdomen system and of the whole body system. *Aerospace Med.*, 31 (6), 443-458.
- Daneri A. 2007. Agli albori del movimento operaio nel Tigullio. Riva Trigoso: 1906-1907. Sciopero delle “macchinette”. Tipolitografia Nuova ATA, Genova.
- Dieckmann D. 1958. A study of the influence of vibration on man. *Ergonomics*, 1 (4), 347-353.
- Dupuis H., Hartung E. 1966. Schleppersitz-Untersuchungen mit Hilfe eines servohydraulischen Schwingungssimulators. *Landt. Forschung*, 16, 5, 163-171.
- Festa, G., Gatti, S., Pinto, I., Rondina, L., Stacchini, N. 2006. An epidemiological study of low back pain in professional drivers. *J. Sound Vib.* 298, 514-539.
- Griffin M. J., Lewis C. H. 1978. A review of effects of vibration on visual acuity and continuous manual control. Part I: Visual acuity. *Journal of Sound and Vibration*, 56, 383-413.
- Griffin, M.J. 1998. A Comparison of Standardised Methods for Predicting the Hazards of Whole-Body Vibration and Repeated Shocks. *Journal of Sound and Vibration*, 215 (4), 883-914.
- Haack M. 1956. Human tolerance to vibrations in farm machines. *Agricultural Engineering*, 37 (4), 253-257.
- Hansson J. E, Wikstrom B. 1981. Comparison of some technical methods for the evaluation of whole body vibration. *Ergonomics*, 24, 12, 953-963.
- Hasan J. 1970. Biomedical Aspects of Low Frequency Vibrations. *Scandinavian Journal of Work Environment and Health*, 6, 19-45.
- Hettlinger Th. 1985. Occupation hazards associated with diseases of the skeletal system. *Ergonomics*, vol. 28, 1, 69-75.
- Hilton D. J., Moran P. 1975. Experiments in improving tractor operator ride by means of a cab suspension. *J. Agric. Engng Res.*, 20, 433-448.
- Hornick R. 1973. Vibration. In *Bioastronautics Data Book*. Edit by Parker J. F. and West W. R. Washington D.C.

- Hoy, J., Mubarak, N., Nelson, S., Sweerts de Landas, M., Magnusson, M., Okunribido, O., Pope, M., 2005. Whole body vibration and posture as risk factors for low back pain among forklift truck drivers. *J. Sound Vib.* 284, 933–946.
- Jacklin H. M. 1936. Human Reactions to Vibrations. *S.A.E. Journal*, 39, 401-407.
- Kjelleberg A., Wikstrom B. 1985. Whole\_body vibration: exposure time and acute effects – a review. *Ergonomics*, 28, 3, 535-544.
- Lines, J.A.; Stiles, M.; Whyte, R.T. (1995) Whole Body Vibration During Tractor Driving. *Journal of Low Frequency Noise and Vibration*, 14(2), 87-104.
- Mallock A. 1902. Report of the Committee Appointed by the Board of Trade to Enquire into the Vibrations Caused by the Working of the Traffic on the Central London Railway. Board of Trade papers. Vol. 23, 951-957.
- Matthews, J. 1966. Ride Comfort for Tractor Operators: II Analysis of Ride Vibrations on Pneumatic Tyred Tractors. *J agric Engng Res* 9(2), 147-158.
- Matthews J. 1967. Progress in application of ergonomics to agricultural engineering. I.A.E. – Symposium, Silsoe.
- Melville G. W. 1903. The Vibrations of Steam Ships. *Engineering*, 75, 33.
- Muller E.A. 1939. Die Wirkung sinusformiger Vericalschwingungen auf den sitzenden und stehenden Menschen. *Arbeitsphysiologie*, 10 459-476.
- Osborne D. J. 1976. A Critical Assesment of Studies Relating Whole Body Vibrations to Passenger Comfort. *Ergonomics*, 19, 6, 751-774.
- Reiher, H., Meister F. J. 1931. The sensitiveness of the human body to vibrations. *Forschung (V DI – Berlin)*, 2, 381-386.
- Ramazzini B. 1700. *De Morbis Artificum Diatriba*.
- Suggs C. W., Stikeleather. 1969. The attenuation of terrain induced vibration by means of active control principles. *Proceedings of the VII C.I.G.R. Congress, Baden Baden*.

## **VALUTAZIONE DEL RISCHIO PER TIRATORI DI PISTOLA E ANALISI METODOLOGICA**

**Federica Morgia<sup>(1)</sup>, Alessandro Lunghi<sup>(1)</sup>, Angelo Tirabasso<sup>(2)</sup>, Franco Zanin<sup>(3)</sup>, Angela Cioffi<sup>(3)</sup>, Raoul Di Giovanni<sup>(1)</sup>, Enrico Marchetti<sup>(1)</sup>**

- (1) INAIL, Monte Porzio Catone (Roma).
- (2) Università di Tor Vergata, Clinica otorinolaringoiatria - Roma
- (3) Azienda ULSS n° 6 “Vicenza”, Servizio Prevenzione Igiene e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro.

### **1. RIASSUNTO**

La norma UNI EN ISO 5349-1 afferma che non fanno parte dei suoi obiettivi la valutazione delle vibrazioni impulsive e ripetitive, se non in maniera transitoria. Ossia fino alla definizione di una norma *ad hoc*. Una ipotesi di lavoro di tale norma è costituita dalla specifica tecnica UNI CEN ISO/TS 15694:2004. Il tiro con la pistola rappresenta, per gli istruttori e per le forze dell'ordine, un esempio piuttosto evidente di applicazione delle proposte della UNI CEN ISO/TS 15694:2004 al mondo del lavoro.

La ricerca ha preso le mosse da una indagine vibro acustica sul poligono di tiro dei Carabinieri di Vicenza. In tale contesto sono state fatte ricerche sulle vibrazioni all'interfaccia mano-calcio di pistole d'ordinanza Beretta 92 FS. Le misure, effettuate con accelerometri alloggiati in un adattatore sviluppato dal Laboratorio Agenti Fisici dell'ISPESL, e con un analizzatore OROS 38, sono poi state post elaborate per valutare gli indicatori sia della UNI EN ISO 5349-1 (accelerazione quadratica media ponderata  $W_h$ ) sia della UNI CEN ISO/TS15694:2004 (accelerazione quadratica media con ponderazione piatta  $W_f$  su 3 e 30 secondi; accelerazione quadratica media ponderata piatta  $W_f$  e  $W_h$  su 3 secondi). Il confronto dei risultati è stato fatto sia in frequenza che globalmente. Tale confronto ha dato come risultato una forte dipendenza dal tempo ed ha mostrato come una ponderazione piatta  $W_f$  sia da preferire alla classica curva  $W_h$  in quanto consente di includere frequenze superiori ai 10 Hz che contengono energie non trascurabili.

### **2. INTRODUZIONE**

L'esposizione professionale a vibrazioni di tipo impulsivo, sebbene meno indagata rispetto a quella relativa a vibrazioni non impulsive, è stata associata a danni di tipo muscolo scheletrico relativamente alle porzioni superiori del sistema mano-braccio (Stenlund et al., 1993; Kihlberg and Hagberg, 1997). Recentemente è stata messa in evidenza un'associazione tra patologie di tipo neurologico (Sauni et al. 2009) e vibrazioni di tipo impulsivo per i lavoratori delle industrie nel settore metalmeccanico, mentre sembra non essere legata a danni del sistema circolatorio e

muscolo-scheletrico. E' stato inoltre mostrato un aumento delle'energia assorbita dal sistema mano-braccio se esposto ad eventi impulsivi piuttosto che non impulsivi (Burström and Sörensson, 1999).

La valutazione del rischio professionale per lavoratori esposti a vibrazioni di tipo impulsivo non è, ad oggi, supportata da vincoli ed indicatori del rischio specifici analoghi alle vibrazioni di tipo non impulsivo. Infatti, la norma UNI EN ISO 5349-1 afferma che non fanno parte dei suoi obiettivi la valutazione delle vibrazioni impulsive e ripetitive, se non in maniera transitoria. Ossia fino alla definizione di una norma *ad hoc*. Una ipotesi di lavoro di tale norma è costituita dalla specifica tecnica UNI CEN ISO/TS15694:2004.

La legislazione attuale, pertanto, identifica la UNI EN ISO 5349 come base per il calcolo dell'esposizione a vibrazioni di tipo impulsivo, accorpandole alle onde meccaniche di tipo non impulsivo.

Esistono diverse categorie di lavoratori esposti a vibrazioni di tipo impulsivo prodotte da utensili sia elettrici che manuali. Una classe particolare di attrezzi che espone il soggetto a vibrazioni impulsive sono le armi da fuoco. Il tiro con la pistola rappresenta, per gli istruttori e per le forze dell'ordine più in generale, un buon campo d'applicazione delle proposte della UNI CEN ISO/TS15694:2004 al mondo del lavoro.

Il presente lavoro prende le mosse da un'indagine vibro-acustica nel poligono di tiro dei Carabinieri di Vicenza, svolto dal Laboratorio Agenti Fisici del soppresso ISPESL in collaborazione con lo SPISAL della ASL n° 6 di Vicenza.

La maggiore differenza tra le vibrazioni di tipo impulsivo e quelle stocastiche stazionarie sta, ovviamente, nella base temporale dell'onda meccanica che viene trasmessa all'operatore. Il breve tempo di applicazione dell'impulso implica che la ponderazione sulle 8 ore (periodo di riferimento per l'esposizione professionale in una tipica giornata lavorativa) renda i valori di accelerazione molto bassi, pur partendo da valori efficaci molto elevati.

Inoltre l'impulso è normalmente caratterizzato da un intervallo di frequenza molto ampio, in gran parte smorzato dal filtro di ponderazione  $W_h$  utilizzato comunemente per la caratterizzazione dell'esposizione a vibrazioni del sistema mano-braccio.

### 3. MATERIALI E METODI

I Carabinieri di Vicenza hanno messo a disposizione il loro poligono di tiro e degli operatori con le pistole di ordinanza Beretta 92 FS. Di seguito sono descritte le caratteristiche della pistola mostrata in **Figura 1**.

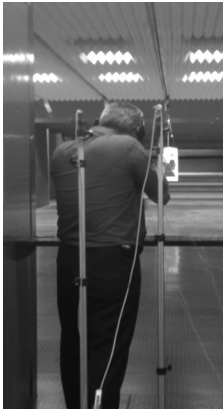
- Calibro: 9 x 19 mm NATO
- Lunghezza totale: 217 mm
- Lunghezza canna: 125 mm
- Larghezza: 38 mm
- Altezza: 137 mm
- Peso scarica: 975 g
- Lunghezza linea di mira: 155 mm
- Capacità caricatore: 15 colpi



**Figura 1:** Pistola d'ordinanza Beretta 92 FS, utilizzata dai Carabinieri di Vicenza, strumentata con adattatore palmare contenete l'accelerometro triassiale, sul calcio

Le misure sono state svolte su 7 operatori, tutti di sesso maschile e destrorsi. Ad ogni operatore è stato chiesto di impugnare la pistola d'ordinanza e colpire il bersaglio, ripetendo l'operazione per 6 volte intervallando periodi di riposo di almeno 60 secondi (**Figure 2 e 3**).

La distanza tra il soggetto ed il bersaglio era di 10 m.



**Figura 2**



**Figura 3**

La misura del segnale di accelerazione all'interfaccia mano-calcio è stata fatta utilizzando l'adattatore palmare sviluppato dal Laboratorio Agenti Fisici.

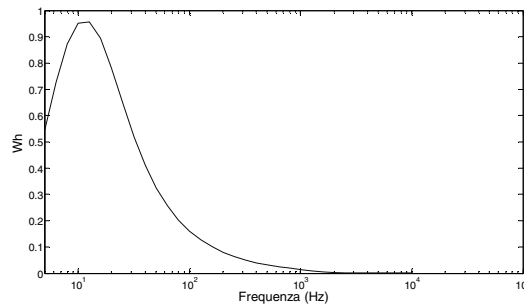
La strumentazione utilizzata è costituita da accelerometri miniaturizzati PCB tipo SEN026 (PCB, Buffalo, New York, USA), il cui segnale è stato registrato da un analizzatore multicanale (OR38 della Oros, Grenoble, Francia). Il segnale è stato campionato con una frequenza di acquisizione molto elevata (5,12 kHz). La scelta di tale valore è stata ritenuta essenziale al fine di evitare di perdere eventuali informazioni alle frequenze più elevate presenti nel segnale originale.

Successivamente il segnale è stato elaborato *offline*. La necessità di calcolare i parametri suggeriti dalla UNI CEN ISO/TS15694:2004 e di variare le finestre temporali su cui valutare questi parametri e quelli definiti dalla ISO 5349-1 ha portato all'analisi del segnale attraverso *routines* compilate in *Matlab*.

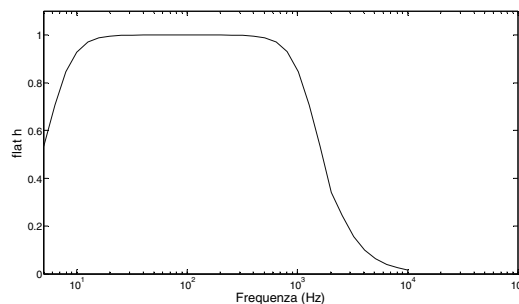
Le *routines* definite hanno consentito di calcolare (lungo l'asse z così come definito nel sistema biodinamico):

- accelerazione quadratica media ( root mean square – r.m.s.) ponderata  $W_h$  su 30 s
- r.m.s. ponderata  $W_h$  su 3 secondi
- radice quarta dell'accelerazione alla quarta potenza (root mean quad – r.m.q) con ponderazione  $W_h$  su 3 secondi
- r.m.q. con ponderazione  $W_h$  su 30 secondi

Le stesse grandezze sono state valutate con ponderazione piatta ( $W_f$ ). In **Figura 4** e **Figura 5** sono mostrate le due curve di ponderazione.



**Figura 2:** Andamento in frequenza del filtro di ponderazione  $W_h$  come definito nella norma tecnica UNI EN ISO 5349-1.



**Figura 3:** Andamento in frequenza del filtro piatto di ponderazione  $W_f$  come definito dalla norma UNI CEN ISO/TS15694:2004.

I valori r.m.s. e r.m.q sono stati calcolati implementando le seguenti formule:

$$a_{r.m.s.} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (a \cdot W_{f,h})^2 dt} \qquad a_{r.m.q.} = \sqrt[4]{\frac{1}{T} \int_0^T (a \cdot W_{f,h})^4 dt}$$

dove  $W_{f,h}$  rappresenta la curva di ponderazione alternativamente  $W_f$  e  $W_h$ .

Lo studio svolto ha richiesto il calcolo del valore globale delle grandezze da valutare (r.m.s. ed r.m.q. con le rispettive ponderazioni) utilizzando due protocolli di analisi. Questi hanno come unica differenza l'ampiezza della finestra temporale applicata al singolo evento impulsivo: 3 e 30 secondi.

Applicando algoritmi di trasformazione dei segnali dal dominio del tempo a quello della frequenza sono stati elaborati i segnali in bande di 1/3 di ottava che le quali consentono con una approssimazione soddisfacente la suddivisione in frequenza del contenuto energetico dell'impulso.

#### 4. RISULTATI

Come descritto, è stata calcolata l'accelerazione trasmessa all'interfaccia calcio-mano. Il segnale è stato suddiviso sia in finestre da 3 secondi che da 30. L'accelerazione è stata poi ponderata utilizzando il filtro di ponderazione  $W_h$  e quello piatto.

I valori globali sono confrontati in **Tabella 1**.

**Tabella 1:** Valori globali r.m.s. e r.m.q, ponderati con la curva  $W_h$  e con il filtro piatto  $W_f$ . Sulla prima riga sono riportati i valori calcolati su una finestra temporale di tre secondi all'interno della quale era presente lo sparo. Nella seconda riga la finestra temporale è stata ampliata a 30 secondi.

	$rms_{wh}$ (m/s <sup>2</sup> )	$rms_h$ (m/s <sup>2</sup> )	$rmq_{wh}$ (m/s <sup>2</sup> )	$rmq_h$ (m/s <sup>2</sup> )
3 secondi	10.74	65.48	3.85	10.51
30 secondi	5.86	36.20	1.58	4.15

In **Tabella 2** sono riportati gli standard error relativi ai valori nella tabella precedente.

**Tabella 2:** Standard error sui valori r.m.s. e r.m.q, ponderati con la curva  $W_h$  e con il filtro piatto  $W_f$ . Sulla prima riga sono riportati i valori calcolati su una finestra temporale di tre secondi all'interno della quale era presente lo sparo. Nella seconda riga la finestra temporale è stata ampliata a 30 secondi.

	$rms_{wh}$ (m/s <sup>2</sup> )	$rms_h$ (m/s <sup>2</sup> )	$rmq_{wh}$ (m/s <sup>2</sup> )	$rmq_h$ (m/s <sup>2</sup> )
3 secondi	1.15 (10%)	4.42 (7%)	0.48 (12%)	0.86 (8%)
30 secondi	0.67 (11%)	2.89 (8%)	0.21 (13%)	0.43 (10%)

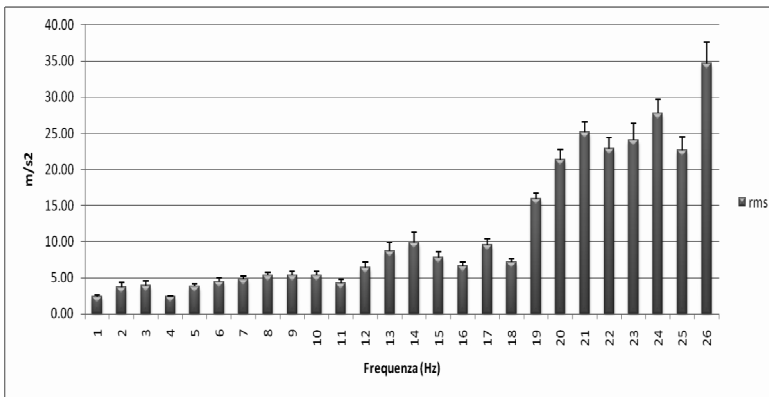


La valutazione della  $A(8)$ , sebbene non molto significativa per le vibrazioni di tipo impulsivo, è stata comunque analizzata in termini di tempo di esposizione massimo (Tabella 3) per raggiungere il livello limite di esposizione per il sistema manobraccio ( $5 \text{ m/s}^2$ ). Anche in questo caso sono state utilizzate tutte le diverse grandezze sopra descritte.

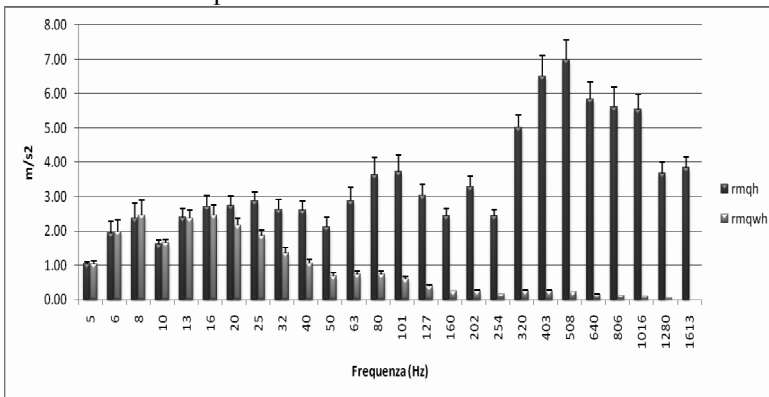
**Tabella 3.** Tempi di esposizione massimi consentiti affinché non sia superato il valore limite di esposizione pari a  $5 \text{ m/s}^2$  secondo la legislazione vigente.

$T_e$	$rms_{wh} \text{ (m/s}^2\text{)}$		$rms_h \text{ (m/s}^2\text{)}$		$rmq_{wh} \text{ (m/s}^2\text{)}$		$rmq_h \text{ (m/s}^2\text{)}$	
	3 sec	30 sec	3 sec	30 sec	3 sec	30 sec	3 sec	30 sec
$T_e$	1.6	5.5	0.04	0.14	12.6	75.5	1.7	10.9

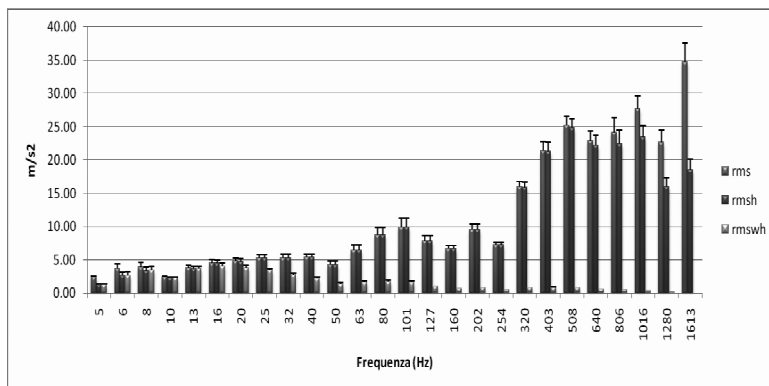
La differenza tra i due tipi di ponderazione si evidenzia nelle figure 6, 7 e 8 in cui sono riportati i valori di  $r.m.s.$  e  $r.m.q.$  dell'accelerazione, rispettivamente non ponderati, ponderate con  $W_h$  e con il filtro piatto  $W_f$ , su un intervallo di 3 secondi.



**Figura 4:** Distribuzione in frequenza del valore r.m.s. dell'accelerazione misurata al calcio della pistola.

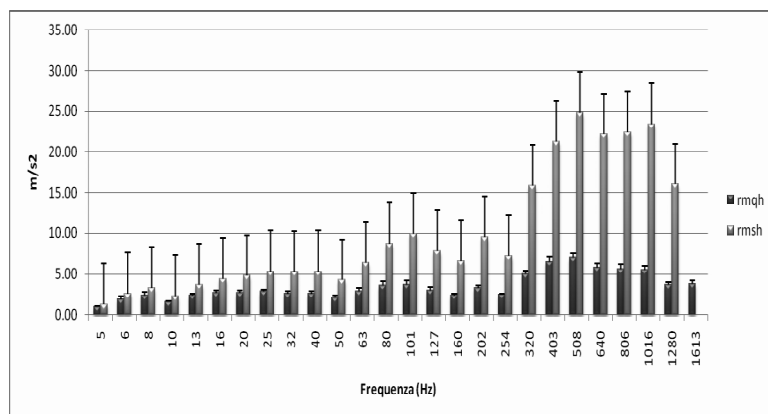


**Figura 5.** Distribuzione in frequenza del valore  $r.m.q.$  dell'accelerazione misurata al calcio della pistola. In nero è riportato il valore  $r.m.q.$  del segnale ponderato  $W_h$ , mentre in grigio ponderato con il filtro piatto  $W_f$ .



**Figura 6:** Distribuzione in frequenza del valore *r.m.s.* dell'accelerazione misurata al calcio della pistola. In grigio è riportato il valore *r.m.s.* non ponderato, in grigio chiaro il valore *r.m.s.* del segnale ponderato  $W_h$ , mentre in grigio scuro ponderato con il filtro piatto  $W_f$ .

In **Figura 9** sono confrontati i valori medi dell'accelerazione *r.m.s.* e *r.m.q.*, calcolati su 3 secondi con ponderazione piatta  $W_f$ .



**Figura 7:** Distribuzione in frequenza dei valori *r.m.q.* (in grigio) e *r.m.s.* (in nero) dell'accelerazione misurata al calcio della pistola. I valori sono stati calcolati a partire dal segnale a cui è stato applicato il filtro di ponderazione  $W_f$ .

Un indicatore suggerito dalla specifica tecnica UNI CEN ISO/TS15694:2004 è il fattore Q che indica la percentuale di contenuto impulsivo presente nel segnale di accelerazione.

L'indicatore Q è definito come:

$$Q = r.m.q./r.m.s.$$

Il contenuto impulsivo è stato calcolato seguendo i quattro protocolli di elaborazione del segnale:

1. tempo 30 secondi e ponderazione ISO  $W_h$
2. tempo 30 secondi e ponderazione piatta  $W_f$
3. tempo 3 secondi e ponderazione ISO  $W_h$
4. tempo 3 secondi e ponderazione piatta  $W_f$

In **Tabella 4** sono riportati a confronto il contenuto impulsivo nei quattro casi citati:

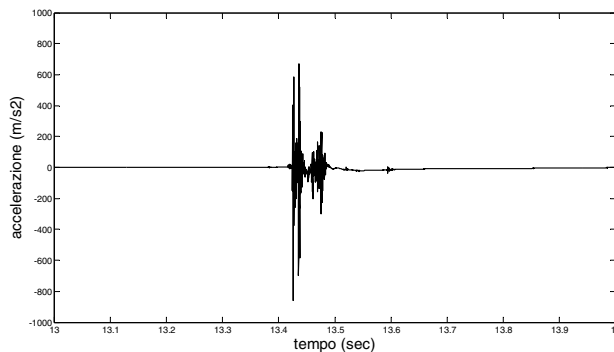
**Tabella 4:** Calcolo del contenuto impulsivo così come suggerito dalla UNI CEN ISO/ TS15694:2004 con ponderazione  $W_h$  e ponderazione piatta  $W_f$ . Nella prima riga i valori sono relativi a finestre temporali della durata di 3 secondi, mentre nella seconda riga tale durata è di 30 secondi.

	Ponderazione ISO $W_h$	ponderazione piatta
3 secondi	35.9%	16.1%
30 secondi	26.9%	11.5%

## 5. DISCUSSIONE

La caratteristica fondamentale di un evento impulsivo nel dominio della frequenza è quella di occupare un ampio intervallo di banda in frequenza. L'applicazione di un filtro di ponderazione ad un segnale di tipo impulsivo, pertanto, trascura di valutare le caratteristiche intrinseche del segnale impulsivo. In particolare il filtro di ponderazione  $W_h$  possiede un massimo nella banda centrata in 12.5 Hz. Questo è evidenziato nei grafici in **Figura 6, 7 e 8**.

Il confronto tra i valori globali mette in evidenza valori attenuati dalla media su 30 secondi piuttosto che su 3 (valore meglio confrontabile con la durata dell'evento impulsivo). Infatti, la durata dell'evento impulsivo è di circa 0,1 secondi come visibile in **Figura 10**.



**Figura 8.** Andamento nel tempo dell'impulso relativo ad uno sparo con la beretta 92 FS. La durata complessiva dell'evento vibratorio è di circa 0.1 secondi.

Dal punto di vista igienistico il calcolo del tempo massimo di esposizione a questo tipo di vibrazione impulsiva mostra come, utilizzando alcuni indicatori e protocolli di calcolo, vengano fuori tempi di esposizione impensabili. Questi valori sono

ottenuti pensando come valore limite i 5 m/s<sup>2</sup> tipico dell'esposizione a vibrazioni non impulsive. L'attuale normativa consentirebbe un tempo di esposizione pari a 5.5 minuti, che vorrebbe dire:

$$5.5 \frac{\text{min}}{\text{giorno}} \times 60 \frac{\text{sec}}{\text{min}} \times 10 \frac{\text{colpi}}{\text{sec}} = 3.300 \frac{\text{colpi}}{\text{giorno}}$$

**Tabella 5.** Calcolo del numero massimo di colpi giornalieri ammissibile in base al limite di esposizione di 5 m/s<sup>2</sup>.

	<i>rms<sub>wh</sub></i> (m/s <sup>2</sup> )		<i>rms<sub>h</sub></i> (m/s <sup>2</sup> )		<i>rmq<sub>wh</sub></i> (m/s <sup>2</sup> )		<i>rmq<sub>h</sub></i> (m/s <sup>2</sup> )	
	3 sec	30 sec	3 sec	30 sec	3 sec	30 sec	3 sec	30 sec
<b>Copigiorno</b>	976	3300	26	86	7580	45280	6532	1020

La scelta del valore rms rispetto al valore rmq come parametro prevenzionistico potrebbe essere giustificata dal basso contenuto impulsivo del segnale vibratorio (vedi tabella 4 nella sezione dei Risultati).

Si può però far riferimento ad un altro valore limite, come ad esempio 0.63 m/s<sup>2</sup> utilizzato in Germania (dal 1993) (Bovenzi, comunicazione personale ad uno degli autori) come indice, in aggiunta ad un tempo minimo di esposizione pari a 10 anni, per la determinazione della patologia professionale. In questo caso i tempi massimi di esposizione sarebbero:

**Tabella 6.** Tempi di esposizione massimi consentiti affinché non sia superato il valore limite di esposizione pari a 5 m/s<sup>2</sup> secondo la legislazione vigente.

	<i>rms<sub>wh</sub></i> (m/s <sup>2</sup> )		<i>rms<sub>h</sub></i> (m/s <sup>2</sup> )		<i>rmq<sub>wh</sub></i> (m/s <sup>2</sup> )		<i>rmq<sub>h</sub></i> (m/s <sup>2</sup> )	
	3 sec	30 sec	3 sec	30 sec	3 sec	30 sec	3 sec	30 sec
<b><i>T<sub>e</sub></i></b>	0.03 min	0.08 min	0.04 sec	0.15 sec	0.2 min	1.2 min	0.03 min	0.17 min
<b>Copigiorno</b>	15	52	0.4	1.4	120	719	16	104

**6. CONCLUSIONI**

Le conclusioni che se ne traggono riguardano l'assoluta inadeguatezza della norma UNI EN ISO 5349:2004 per la valutazione delle vibrazioni impulsive.

Poiché gli effetti sul sistema mano-braccio sono differenti, la fisica delle vibrazioni implicate è diversa, il filtro di ponderazione più cautelativo e differente e, in parte, anche la strumentazione di misura deve essere adeguata al più elevato contenuto energetico del segnale, risulta evidente che occorre dichiarare decaduta la norma UNI EN ISO 5349:2004 per le vibrazioni impulsive e che deve essere sostituita da una norma tecnica *ad hoc* per questa tipologia di vibrazioni.

**RINGRAZIAMENTI**

Si ringrazia il personale del Poligono di Tiro dei Carabinieri di Vicenza per tutta l'assistenza e l'ospitalità gentilmente e spontaneamente fornita.

## 7. BIBLIOGRAFIA

1. Burström L. and Sörensson A., *The influence of shock-type vibrations on the absorption of mechanical energy in the hand and arm*, International Journal of Industrial Ergonomics - Volume 23, Issues 5-6, 20 March 1999, Pages 585-594
2. Kihlberg S, Hagberg M. *Hand-arm symptoms related to impact and nonimpact hand-held power tools*. Int Arch Occup Environ Health (1997) 69:282–8.
3. Sauni R, Pääkkönen R., Virtema P., Toppila E. and Uitti J. *Dose–Response Relationship Between Exposure to Hand-arm Vibration and Health Effects among Metalworkers*, - Annals of Occupational Hygiene 2009 53(1):55-62
4. Stenlund B, Goldie I, Hagberg M, et al. *Shoulder tendinitis and its relation to heavy manual work and exposure to vibration*. Scand J Work Environ Health (1993) 19:43–9.
5. UNI CEN ISO/TS 15694:2004 - *Vibrazioni meccaniche ed urti - Misura e valutazione di urti singoli trasmessi da macchine portatili o guidate a mano al sistema mano braccio*
6. UNI EN ISO 5349-1:2004 “*Vibrazioni meccaniche. Misurazione e valutazione dell’esposizione dell’uomo alle vibrazioni trasmesse alla mano – Parte 1: Requisiti generali*”

**LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA VIBRAZIONI AL SISTEMA MANO-BRACCIO ATTRAVERSO I METODI ESTIMATIVI: LE BANCHE DATI ED I VALORI DICHIARATI DAI COSTRUTTORI. UN'ALTERNATIVA O UNA POSSIBILE SINERGIA?**

**Rocco Nitti<sup>(1)</sup>, Paolo De Santis<sup>(2)</sup>, Pietro Nataletti<sup>(3)</sup>**

- (1) INAIL - Direzione Regionale Veneto - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione
- (2) INAIL - Direzione Regionale Lazio - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione
- (3) INAIL – Centro Ricerche Monteporzio Catone (Roma)

## **1 - PREMESSA**

Il DLgs. 81/2008 [1] impone l'obbligo di valutazione dell'esposizione dei lavoratori mediante la misura diretta, il riferimento a Banche Dati accreditate (ISPESL) oppure tramite i valori di emissione forniti dai produttori. L'applicazione del metodo della misura diretta non sempre è necessaria o opportuna, per le difficoltà pratiche di identificazione di condizioni di misura rappresentative di tutte le situazioni di lavoro reali, per ragioni economiche e di impegno di risorse e tempi, per l'elevato grado di incertezza associato ed anche per la scarsità di professionisti validi nel campo.

A tal proposito ricordiamo come nell'Unico Testo normativo sia stato consentito il ricorso a Banche Dati quando in esse sono reperibili le informazioni sulla probabile entità delle vibrazioni per le attrezzature o i tipi di attrezzature nelle particolari condizioni di uso; in subordine è consentito, in caso di loro assenza, l'utilizzo delle informazioni fornite in materia dal costruttore delle attrezzature. È chiarito, comunque, che la misurazione rimane il metodo di riferimento.

I metodi estimativi [2] si basano sui dati riportati nelle Banche Dati Vibrazioni accreditate ovvero su quelli dichiarati dai produttori ai sensi della Direttiva Macchine.

In questo lavoro cercheremo di operare un incrocio ed un confronto, tra i dati desunti attraverso le due metodologie, per verificarne l'attendibilità, indicando nel contempo i vantaggi e gli svantaggi tra di esse.

Tali metodiche, ricordiamo, sono finalizzate a discriminare situazioni di rischio differenziato, a verificare il superamento delle soglie di legge, oltre le quali si debbono intraprendere iniziative di tutela e di prevenzione per i lavoratori esposti, nonché a definire delle priorità di intervento nei programmi di riduzione del rischio.

## **2 – LO STATO DI IMPLEMENTAZIONE DELLA DIRETTIVA 2002/44/CE**

In Italia il quadro complessivo dello stato di avanzamento degli adempimenti necessari alla piena e sostanziale implementazione della Direttiva 2002/44/CE [3] evidenzia una diffusa difficoltà da parte delle aziende.

Infatti, i Datori di Lavoro di realtà aziendali, che in Italia hanno la connotazione prevalente di media, piccola o microimpresa, incontrano spesso ostacoli, già nella fase di valutazione dei rischi da agenti fisici, a causa della non agevole identificazione delle condizioni di misura rappresentative di tutte le situazioni di lavoro reali, per ragioni di natura economica legate ai costi delle valutazioni, per l'elevato grado di *incertezza* associato ai risultati ed anche per la scarsità di professionisti validi nel campo specifico. Inoltre, anche nei casi in cui riuscissero a realizzare questo primo parziale adempimento, sussisterebbero comunque difficoltà nella fase successiva di attuazione del programma di prevenzione e protezione, a causa dei costi di sostituzione e/o adeguamento dei macchinari e delle attrezzature, ove necessari, di manutenzione degli stessi, di messa a punto di dispositivi di protezione adeguati, ed anche della sola informazione e formazione dei lavoratori.

Allo stato attuale in Italia per molte imprese i principali strumenti di prevenzione dai rischi da esposizione alle vibrazioni mano-braccio rimangono, purtroppo, la limitazione dei tempi di esposizione o la rotazione delle fasi a rischio tra più lavoratori.

Per quanto concerne invece i primi aspetti summenzionati, legati alla valutazione di rischi da esposizione a vibrazioni, riteniamo che l'introduzione ex lege dello strumento delle Banche Dati sia stata voluta dal legislatore italiano, proprio al fine di favorire la diffusione di informazioni presso i Datori di lavoro, circa l'esistenza di attrezzature e macchinari a minori livelli di emissione vibratoria, in modo da poter operare un confronto e, quindi, scegliere quelle intrinsecamente più sicure.

Ad avviso degli scriventi in Italia si dovrebbe dare maggior impulso ad iniziative da parte delle associazioni datoriali di settore, finalizzate ad integrare la Banca Dati dell'ISPESL con campagne di misurazione delle vibrazioni orientate sui macchinari e le attrezzature tipiche del comparto, nelle condizioni di lavoro più ricorrenti, in modo da rendere un utile servizio a favore degli associati, evitare un'inutile e dispendiosa ripetizione di indagini analoghe ed ottenere, nel contempo, anche economie di scala. In questo modo si sarebbe realizzata, inoltre, la fotografia dei livelli di prevenzione raggiungibili in aziende similari, con esempi concreti di Buone Prassi applicate.

### **3 – LA BANCA DATI VIBRAZIONI ISPESL**

Per quanto concerne l'esposizione professionale alle vibrazioni meccaniche, già da qualche anno (con l'approvazione del D.Lgs. n. 187/2005, ora assorbito nel D.Lgs. n. 81/2008) era consentito ai datori di lavoro di effettuare la valutazione del rischio sulla base di banche dati qualificate, messe a disposizione dall'ISPESL o delle Regioni.

Al riguardo, le Regioni (in particolare la Regione Toscana) e l'ISPESL hanno operato e stanno operando per mantenere l'unitarietà delle banche dati, prevedendone l'inserimento in un portale italiano specializzato, come preconditione per disporre di uno strumento caratterizzato da:

- elevata certezza sugli standard di qualità dei dati presenti;

- qualificate ma semplici modalità di arricchimento di esperienze provenienti dai più diversi soggetti presenti nel mondo della prevenzione basate su sperimentati protocolli di misura;

- aggiornamento a scadenze regolari.

È stata così realizzata una banca dati, disponibile già dal 1° dicembre 2005, che a oggi contiene informazioni sui livelli di vibrazioni relativi a circa 1300 utensili e 800 mezzi, consultabile sul sito istituzionale dell'ISPESL.

Nel caso della Banca Dati Vibrazioni dell'ISPESL vengono specificati almeno i seguenti elementi caratteristici:

- il tipo di attrezzatura (smerigliatrice, trapano, ecc.);
- la classe di appartenenza dell'attrezzatura (potenza nominale o caratteristiche dimensionali);
- il tipo di alimentazione (p.e. pneumatica, idraulica, elettrica o a motore a combustione interna);
- le caratteristiche dei dispositivi di protezione antivibrazioni (impugnature, ecc.);
- le condizioni di lavoro specifiche all'atto della misurazione;
- la velocità di utilizzo (giri/min, osc/min, ecc.);
- il tipo e le caratteristiche del materiale lavorato.

Da un punto di vista strettamente scientifico si potrebbe obiettare se questi dati possano essere considerati sufficienti per definire tutti gli elementi da cui dipende il fenomeno vibratorio. In realtà, anche se si potessero definire altri elementi caratteristici descrittivi, da un punto di vista pratico quale sarebbe il valore aggiunto che ciò porterebbe ad un Datore di Lavoro, il cui utilizzo, ricordiamo, è principalmente finalizzato alla definizione degli interventi di prevenzione e protezione necessari da implementare sugli ambienti di lavoro?

Per quanto concerne la quota parte di Banca Dati sulle HAV sono attualmente disponibili 4.490 dati relativi a 150 marche di attrezzature, 1278 modelli, 1293 utensili, di cui 3.885 corredati delle relative misurazioni (1.074), singole o multiple, effettuate nelle condizioni reali di lavoro e 2152 corredate delle emissioni dichiarate dai costruttori.

Nella Guida all'utilizzo della Banca Dati Vibrazioni dell'ISPESL, la cui lettura ed accettazione sono condizioni indispensabili al diritto di utilizzo, sono correttamente evidenziati i campi di applicazione, i limiti e le condizioni di utilizzo dei dati riportati. In particolare viene premesso che tali dati non possono essere considerati rappresentativi, per le nostre attrezzature di interesse, nei seguenti casi:

- il macchinario non è uguale a quello indicato nella Banca Dati in termini di marca e modello;

- il macchinario non è utilizzato nelle stesse condizioni operative riportate;

- il macchinario non è in buone condizioni di manutenzione.

Inoltre vengono generalmente riportati diversi valori di esposizione a vibrazioni, misurati in differenti condizioni di impiego, con la raccomandazione di scegliere la condizione operativa rispondente al reale utilizzo del macchinario.

Oltre ai valori misurati in campo la Banca Dati fornisce spesso un'altra tipologia di dati: i valori di emissione dichiarati dai produttori ai sensi della Direttiva Macchine.



#### 4 – I DATI DI EMISSIONE VIBRATORIA FORNITI DAI PRODUTTORI

È risaputo che i costruttori devono dichiarare i valori di emissione di vibrazioni delle loro attrezzature nel momento in cui le immettono in commercio nel mercato comunitario. In molti casi tali valori, essendo riferiti a condizioni di laboratorio standardizzate, non corrispondenti alle condizioni di lavoro effettive, possono essere sottostimanti.

In base alla norma tecnica EN 12096 [4], che definisce i requisiti per la dichiarazione e la verifica dei valori di emissione vibratoria, i costruttori sono tenuti a dichiarare due valori (entrambi espressi in  $m/s^2$ ):  $a$ , che rappresenta il valore di emissione vibratoria misurato di una singola macchina o il valore medio di un campione di un lotto di macchinari, e  $K$ , che rappresenta l'*incertezza* del valore misurato e, in caso di lotti, tiene conto anche delle variazioni di produzione. In tal modo ogni macchina nuova prodotta dovrebbe avere un valore di emissione vibratoria (se testato in accordo alle specifiche norme armonizzate) uguale o inferiore ad  $a+K m/s^2$ .

La prima generazione di norme tecniche armonizzate sulle emissioni vibratorie era stata concepita al fine di soddisfare i relativi Requisiti Essenziali di Sicurezza della Direttiva Macchine e rendere, quindi, possibili i confronti tra macchine simili, cioè appartenenti alla stessa famiglia. Questi obiettivi sono stati solo parzialmente raggiunti in quanto la necessità di ottenere misure con elevati valori di *accuratezza*, *ripetibilità* e *riproducibilità*, al fine di favorire i confronti, ha eclissato in parte la finalità più importante.

Allo stato attuale i valori di emissione dichiarati, spesso, non sono rappresentativi dei livelli di vibrazione nelle condizioni di lavoro reali delle macchine, essendo, a volte, superiori rispetto ad essi, e più frequentemente, inferiori.

Infatti, in genere questi standard spesso prevedono misure realizzate in un'unica direzione, in qualche caso nemmeno quella con l'accelerazione dominante (p.e. è il caso dei martelli sbavatori, degli scrostatori ad aghi e delle smerigliatrici); inoltre, a volte, il punto di misura previsto non è nemmeno quello di massima emissione vibratoria (p.e. è il caso dei martelli sbavatori e degli scrostatori ad aghi, in cui l'accelerometro deve essere posizionato in corrispondenza dell'impugnatura posteriore, mentre quella di accelerazione massima è quella anteriore).

Infine vanno menzionate anche le seguenti ulteriori criticità presenti in alcune di esse: l'attrezzatura è misurata in condizioni di lavoro irrealistiche, con un solo tipo di accessorio o in assenza del pezzo lavorato, l'accelerometro è posizionato sul corpo dell'attrezzatura, anziché sull'impugnatura.

Attualmente è possibile effettuare il confronto tra macchine appartenenti alla stessa famiglia, in base ai valori di emissione, o almeno così dovrebbe essere negli intenti degli estensori della EN 12096, ma non è comunque raccomandabile considerare differenze tra diversi valori di  $a$ , nel caso in cui queste siano inferiori ad uno dei due  $K$  esaminati.

Uno degli obiettivi del presente lavoro è appunto la verifica della reale utilità di tale caratteristica dei valori di emissione.

Per molti utensili pneumatici i valori di emissione sono misurati rispetto ad uno standard della serie EN 28662 [5], mentre per quelli elettrici le misure sono effettuate in base alla serie EN 60745 [6]. Attualmente questi standard sono in via di

revisione in quanto dovranno essere adeguati alla nuova norma armonizzata di tipo B, la EN 20643 [7] (che specifica i requisiti di base dei test di prova delle macchine portatili), nonché ai Requisiti Essenziali di Sicurezza stabiliti dalla nuova revisione della Direttiva Macchine 2006/42/CE [8].

Infatti, la nuova norma armonizzata prevede che i citati standard di tipo C vengano revisionati, al fine di fornire valori di emissioni ed incertezze di misura corrispondenti al quartile superiore dell'intervallo di valori ottenuto nelle condizioni operative tipiche degli usi previsti dell'attrezzatura. Inoltre i nuovi standard dovranno prevedere misure effettuate nelle tre direzioni ortogonali dell'interfaccia mano-macchina. Infine dovranno essere assicurate l'*accuratezza*, la *ripetibilità*, nonché la *riproducibilità* della misura, attraverso una descrizione precisa e minuziosa del metodo con cui la macchina viene sottoposta a prova.

La nuova Direttiva Macchine (2006/42/CE), giunta oramai alla sua terza revisione generale, è stata recepita attraverso il D.Lgs. 17 del 27 gennaio 2010 [9]. Tra le varie novità l'attuale revisione (vedasi paragrafo 2.2.2.2 – Istruzioni) prevede la dichiarazione dei valori totali di vibrazione (cioè la somma vettoriale nelle tre direzioni) cui è esposto il sistema mano-braccio, nel caso in cui superino i  $2,5 \text{ m/s}^2$ , nonché la valutazione dell'*incertezza* della misura.

Inoltre devono essere specificate le condizioni di funzionamento della macchina durante la misurazione e i metodi utilizzati per effettuarla, oppure il riferimento alla norma armonizzata applicata.

Infine, ai sensi del paragrafo 1.7.2. - *Avvertenze in merito ai rischi residui sui Requisiti Essenziali di Sicurezza (... Nel caso in cui permangano dei rischi, malgrado siano state adottate le misure di protezione integrate nella progettazione, le protezioni e le misure di protezione complementari, devono essere previste le necessarie avvertenze, compresi i dispositivi di avvertenza. ...)*, quando il valore di emissione dichiarato non sarà rappresentativo dei livelli di esposizione nelle reali condizioni di utilizzo, il costruttore dovrà fornire informazioni aggiuntive.

Quando gli standard di prova saranno revisionati in accordo a queste normative di rango superiore, i valori dichiarati potranno essere utilizzati direttamente, ai fini della stima dei valori di esposizione a HAV nelle condizioni effettive di lavoro (quanto meno questo è l'intendimento). L'intera serie di standard EN 28662 è in corso di revisione: per evitare ambiguità i nuovi standard di misura per le attrezzature pneumatiche hanno il nuovo numero di serie EN 28927 [10]. Invece la serie EN 60745, essendo già una revisione della precedente EN 50144 [11], non subirà ulteriori variazioni nella codifica. In questo caso saranno discriminanti la data di revisione, oltre che i contenuti delle procedure di prova, ed in questi casi non dovranno essere applicati i fattori correttivi.

Per quanto concerne gli strumenti alimentati da motore a combustione interna, attualmente non è prevista una codifica di serie di appartenenza, ma esiste un certo numero di standard (p.e. EN 22867 [12], ISO 11789 [13], EN 11680-1 [14], EN 11680-2 [15], ecc.) che prevede l'effettuazione di più misure in diverse condizioni di funzionamento (al minimo, al massimo numero di giri, a vuoto, a pieno carico, ecc.). Quando non esiste uno standard di prova per una specifica tipologia di macchine, allora il test dovrà essere condotto rispettando i principi generali stabiliti dalla EN 28662, specificando (e registrando) dettagliatamente i parametri di prova utilizzati.

Attualmente i valori di emissione misurati secondo gli standard correnti possono essere utilizzati ai fini valutativi solo previa correzione, attraverso dei fattori moltiplicativi disponibili per le varie tipologie di attrezzature, a seconda del tipo di alimentazione (elettrica, pneumatica o attraverso motore a combustione interna) e riportati nel Rapporto Tecnico CEN TR 15350 [16].

Anche questo metodo presenta le sue condizioni e limitazioni d'uso:

- sono disponibili i valori di emissione dichiarati dal costruttore e gli standard utilizzati nei test di misura;
- le condizioni di uso effettivo della macchina sono simili a quelle previste in sede di determinazione dei valori di emissione (in questo caso sono di ausilio le Tabelle allegate D.3, E.1 ed F.1 al metodo ed in particolare le colonne "*Usi considerati nelle condizioni di lavoro effettive*");
- la macchina è in buone condizioni ed è oggetto di idonea manutenzione (secondo quanto previsto dal costruttore);
- gli utensili inseriti o gli accessori utilizzati sono simili a quelli previsti in sede di determinazione dei valori di emissione.

Il metodo evidenzia come nel caso in cui il valore di emissione dichiarato sia inferiore a  $2,5 \text{ m/s}^2$ , e lo standard citato sia previgente alla norma tecnica EN ISO 20643, sia raccomandato comunque l'utilizzo cautelativo di questo valore, anziché di quello dichiarato.

Come ulteriore elemento di riflessione basti pensare che l'*incertezza K* associata alle misurazione dei valori di emissione di macchine portatili o condotte a mano può rappresentare anche il 40% del valore di emissione stesso, e che i valori di emissione dichiarati in base alle vecchie norme tecniche, raramente hanno riportato tale dato, in quanto non obbligatoriamente prescritto nella normativa ante recepimento della Direttiva 2006/42/CE.

Uno degli altri obiettivi del presente lavoro è appunto la verifica di affidabilità di tale metodo estimativo.

## **5 – CONFRONTO TRA I VALORI DI ESPOSIZIONE A VIBRAZIONI AL SISTEMA MANO-BRACCIO FORNITI ATTRAVERSO LE DUE METODOLOGIE**

I lavori di verifica ad oggi effettuati da taluni esperti del settore, anche se limitati a solo alcune famiglie di attrezzature e di bassa numerosità campionaria, avevano evidenziato una sostanziale rispondenza dei valori stimati in base ai valori di emissione corretti, ai valori misurati nelle reali condizioni d'uso, o quanto meno entro il range di accuratezza tipico ottenibile con le misurazioni [17]. Era stata riscontrata, nel caso dei martelli rotativi appartenenti ad una certa classe ( $a < 10 \text{ m/s}^2$ ), ed in alcune condizioni d'uso, una sovrastima, comunque cautelativa nel rispetto delle finalità del metodo, che potrebbe, peraltro, essere contenuta attraverso l'implementazione di ulteriori parametri descrittivi [18].

La metodologia utilizzata nel presente lavoro prevede di effettuare un incrocio ed un confronto ad ampio spettro tra i dati ottenuti attraverso le misurazioni dirette e quelli di emissione dichiarati dai costruttori, con e senza i Fattori di Correzione raccomandati dal CEN TR 15350.

La prima operazione è stata quella di selezionare i record in cui erano contemporaneamente presenti i dati valutati secondo entrambe le metodologie: è stato così scelto un set di 1.547 dati relativi a 40 marche, 187 modelli e 399 misure.

Successivamente i dati sono stati suddivisi per tipologia di alimentazione e di attrezzatura, e sono stati scartati quelli la cui numerosità fosse così esigua, da far venir meno ogni considerazione avente una minima rappresentatività statistica.

Sono così stati eliminate le seguenti tipologie di attrezzature, con evidenziati i numeri di dati relativi: martelli demolitori/picconatori alimentati da motore a scoppio (2) e motore pneumatico (3), compattatori/costipatori (3), forabari/forarotaie (3), fresatrici per stampi (5), fresatrici verticali (1), martelli scalpellatori e rivettatori e scrostatori ad aghi (3), scanalatori (7), seghetti a motore pneumatico (1), sramatori telescopici (2), smerigliatrici con disco per lucidatura pneumatiche (8) ed elettriche (6).

Infine, ove fossero presenti i dati relativi ad entrambe le impugnature, sono stati selezionati i valori maggiori: alla fine sono rimasti solo 815 dati suddivisi secondo le tipologie evidenziate in **Tabella 1**, in cui si evincono altresì le relative normative e di riferimento e le condizioni di misurazione delle emissioni dichiarate dai costruttori.

A tal proposito si evidenzia come, nella maggioranza dei casi esaminati, con misure effettuate su entrambe le impugnature, non si è riscontrata una sistemica superiorità di una rispetto all'altra. Le uniche eccezioni riguardano le motoseghe, in cui è presente una prevalenza delle vibrazioni sull'impugnatura posteriore, le levigatrici, ed i trapani a percussione e tassellatori in cui è presente una prevalenza per quella anteriore (a cui vanno aggiunti naturalmente i martelli sbavatori e gli scrostatori ad aghi, di cui si è già detto in precedenza, che però erano esclusi dal campione).

Si premette che tutti i dati presi in esame erano relativi ad attrezzature i cui valori di emissione dichiarati erano stati determinati secondo le vecchie normative tecniche di riferimento. Pertanto è stato necessario assegnare il Fattore di Correzione in base all'insieme di appartenenza, come si evince sempre dalla **Tabella 1**.

Tra le difficoltà nell'assegnazione dei Fattori di Correzione menzioniamo quella di dover evidenziare le lavorazioni di lucidatura nell'ambito dei sottoinsiemi delle smerigliatrici elettriche, alle quali va assegnato un  $FC = 1$ , al contrario di tutte le altre alle quali va invece assegnato un  $FC = 1,5$ . La scelta per il momento è stata quella di accantonarle, insieme a quelle pneumatiche, come già anticipato, data anche l'esiguità della relativa numerosità statistica.

Inoltre è stato anche necessario evidenziare le operazioni di foratura, con trapani a percussione, di materiali lavorati con particolari caratteristiche (legno, metallo e pannelli compositi), in cui è stato ipotizzato il non utilizzo del meccanismo di percussione e quindi l'assegnazione di  $FC = 1$ : comunque si tratta di un numero di casi molto limitato. Nel caso in cui era invece specificata la lavorazione di un materiale come muratura, mattoni, cemento e calcestruzzo è stato ipotizzato il normale utilizzo del meccanismo di percussione e quindi assegnato un  $FC = 1,5$ .

Infine la distinzione dei  $FC$  tra seghetti elettrici a gattuccio (Sabre saw  $FC = 2$ ) ed a lama verticale (Jig saw  $FC = 1,5$ ), impone al valutatore l'obbligo di distinguere tra i due diversi allestimenti dei seghetti alternativi esistenti sul mercato.

Da menzionare per completezza i seguenti elementi di incertezza nell'applicazione dei FC in base alle CEN TR 15350:

- le attrezzature alimentate con motore a combustione interna sono limitate a quelle per uso agricolo o forestale (p.e. non sono previsti martelli picconatori e demolitori, compattatori e costipatori, ecc.);
- non viene specificato quali FC si possano utilizzare per gli utensili alimentati a batteria ed idraulicamente;
- non viene specificato quali FC si possano utilizzare per i trapani senza percussione alimentati pneumaticamente (FC = 1,5 sembra eccessivo);
- non è prevista la lucidatura tra le operazioni eseguibili con le smerigliatrici pneumatiche ;
- il FC = 1,5 previsto per le lucidatrici pneumatiche sembra eccessivo.

Si rileva la prevalente provenienza dei dati dal comparto edile (**Tabella 2**) ed, in misura limitata, da quelli della cantieristica navale, silvicoltura e ferro-tranviario.

Invece, per quanto concerne la provenienza della fornitura delle attrezzature, si evidenzia una più omogenea ripartizione tra le principali marche esistenti sul mercato. (**Tabella 3**).

Su questi sottoinsiemi di dati sono state così effettuate una serie di elaborazioni statistiche:

- determinazione delle principali variabili statistiche descrittive: Media Aritmetica ( $\mu_a$ ), Media Geometrica ( $\mu_g$ ), Deviazione Standard ( $\sigma$ ), Deviazione Geometrica Standard, ( $\sigma_g$ ), Coefficiente di Variazione (CV);
- determinazione dei percentili principali (0, 25, 50, 75, 100), differenza interquartile (IQR) e rapporto della stessa sulla mediana (IQR/ $\mu$ );
- determinazione della forma della distribuzione statistica di appartenenza, istogramma delle frequenze, coefficiente di asimmetria, presenza di outliers, test a due code di Kolmogorov-Smirnov sulla normalità e log-normalità;
- coefficienti di correlazione e di regressione lineare tra i valori misurati e quelli di emissione dichiarati dai costruttori (coefficienti di Pearson).

Alla luce delle risultanze di tali elaborazioni statistiche possono essere dedotte le seguenti osservazioni. I dati delle vibrazioni al sistema mano-braccio hanno nel loro complesso una distribuzione statistica assimilabile in modo plausibile a quella log-normale. Da un punto di vista dei test di verifica la distribuzione log-normale è quella che meglio di adatta (P-value = 0,082 per il test di di Kolmogorov-Smirnov), rispetto a quella normale (P-value < 0,0001). Anche da un punto di vista grafico (vedere **Figura 1**) la presenza di outliers destri, ma non a sinistra, l'asimmetria della curva e la presenza di una lunga coda a destra, sono indizi significativi della appartenenza a questa tipologia di distribuzione statistica. Si può confrontare la distribuzione in esame con quella log-normale equivalente mediante i grafici delle frequenze (vedere **Figura 2**) ed attraverso i parametri descrittivi qui sotto elencati.

	<i>Stimata</i>	<i>Teorica</i>
<i>Media</i>	10,505	10,856
<i>Varianza</i>	45,342	76,915
<i>Asimmetria</i>	1,266	2,951
<i>Curtosi</i>	2,263	18,678

Se invece consideriamo i singoli sottoinsiemi di attrezzature, suddivise per alimentazione e tipologia, in genere ambedue le distribuzioni si adattano (nei limiti del livello di significatività  $\alpha = 0,05$ ). Le uniche eccezioni a questa regola sono le smerigliatrici elettriche e le levigatrici pneumatiche, oltre naturalmente all'insieme complessivo delle attrezzature, che non seguono la distribuzione normale, ma solo quella log-normale.

Una delle conseguenze di questa caratteristica è che la media geometrica ( $\mu_g$ ) è più rappresentativa di quella aritmetica ( $\mu_a$ ), per caratterizzare il livello di esposizione medio alle vibrazioni di una particolare tipologia di attrezzatura, essendo la prima è sistematicamente più bassa rispetto alla seconda. Altra conseguenza è che la deviazione geometrica standard ( $\sigma_g$ ) è più rappresentativa della deviazione geometrica semplice ( $\sigma$ ), al fine di stimare le caratteristiche di dispersione delle vibrazioni attorno al valore centrale.

Per tale motivo sono inoltre state riportate (vedasi la **Tabella 4**) ambedue le tipologie di indici di tendenza centrale e di dispersione, per ogni tipologia di apparecchiatura.

Per quanto concerne la correlazione tra i valori di esposizione misurati e quelli di emissione vibratoria dichiarati, è da registrare l'ottenimento in generale di buoni coefficienti di correlazione.

Questo a conferma della bontà complessiva del metodo di confronto, classificazione, e scelta delle attrezzature in base al valore di emissione dichiarato dai costruttori, almeno all'interno dell'insieme di appartenenza (stessa tipologia di attrezzatura e di alimentazione).

Alcuni valori dei coefficienti di correlazione non sono ugualmente così elevati: ad esempio quelli relativi alle levigatrici elettriche ( $\rho_p = 0,736$ ), smerigliatrici pneumatiche ( $\rho_p = 0,729$ ), seghe/seghe (  $\rho_p = 0,799$ ) e levigatrici pneumatiche ( $\rho_p = 0,826$ ). Tale particolarità è comprensibile ricordando che per queste attrezzature, nei campioni presi in esame, sono numerosi i casi in cui il valore di emissione dichiarato, essendo inferiore a  $2,5 \text{ m/s}^2$ , è comunque stato posto pari a tale valore in base alle CEN TR 15350, e tali valori non si correlano bene con la retta di regressione (**Figura 3b**). In questi casi si raccomanda cautela in sede di confronto di attrezzature in base ai valori di emissione.

Analogamente è suggerita per la regressione lineare dell'insieme complessivo delle attrezzature (**Figura 3c**), nonostante si rilevi un coefficiente di correlazione molto elevato ( $\rho_p = 0,903$ ). Infatti l'esame dei grafici dei residui, rispetto al numero di osservazione (che segue la tipologia di attrezzatura e di alimentazione) e rispetto ai valori stimati, rivela l'eteroschedasticità degli stessi. Tale caratteristica non è invece presente per altre famiglie di attrezzature come i martelli demolitori (**Figura 3a**).

In altre parole per l'insieme complessivo delle attrezzature le ipotesi del modello lineare, ai fini della correlazione tra i valori stimati e quelli misurati, non sono valide e non si consiglia di effettuare confronti di attrezzatura appartenenti a famiglie diverse, in base ai soli valori di emissione.

E' impensabile al momento ipotizzare l'ottenimento di valori più elevati di tali coefficienti, dati i limiti dell'attuale superata normativa di riferimento per la determinazione dei valori di emissione e la variabilità delle condizioni operative e degli accessori utilizzati nel campione di misure preso dalla Banca Dati. Interessante è altresì notare come i coefficienti di correlazione varino fortemente a seconda che si

prenda o meno, come condizione di vincolo, il passaggio per l'origine (cioè assumendo il coefficiente dell'intercetta  $c = 0$ ).

Per quanto concerne invece la verifica dell'altro aspetto e cioè la stima dei valori di esposizione in base a quelli di emissione dichiarati dai costruttori, è opportuno fare delle ulteriori considerazioni.

A tal proposito gli scriventi hanno eseguito una simulazione le cui risultanze sono state riportate nella **Tabella 5**.

Dalla **Tabella 5** si rileva che, adoperando i valori di emissione dichiarati corretti con i FC, il percentile medio di casi con errore negativo sulla stima (cioè quello relativo a sottostime) sia in media pari al 42%, con minimi pari al 6% per le levigatrici pneumatiche ed al 8% per i trapani senza percussione (casi in cui la verifica è risultata positiva) ed un massimo del 89% per i decespugliatori, seguito da levigatrici, smerigliatrici e segheseghetti elettrici con il 60% (casi in cui la verifica è risultata negativa).

Tali valori sono sempre più accurati rispetto a quelli stimati a partire dai valori di emissione non corretti, che presentano un percentile medio di casi con errore negativo pari al 73%, ma non possono essere considerati sufficienti dal punto di vista di un corretto adempimento agli obblighi di legge.

Per comprendere tale peculiarità è opportuno ricordare alcuni concetti e metodi statistici. Gli insiemi dei valori di esposizione misurati e quella dei valori di emissione dichiarati hanno una distribuzione statistica di tipo log-normale (per quanto concerne i secondi questo è vero solo in prima approssimazione).

La presenza di casi con errore negativo sulla stima dei valori di esposizione è comprensibile ricordando la peculiarità di tale distribuzione statistica di essere asimmetrica con presenza di code, in particolare accentuate a destra: questo comporta la presenza di aree di superamento tra le due distribuzioni statistiche di  $a'$  e  $AVw$ , anche nel caso i cui i valori centrali coincidessero.

Affinché l'insieme delle  $a'$  possa essere considerato mediamente non inferiore all'insieme delle  $AVw$  è necessario che la differenza delle medie campionarie sia non negativa.

Al fine di verificare la differenza delle rispettive medie di questi due campioni numerosi è allora opportuno definire le seguenti ipotesi nulla e alternativa:

$$H_0 : \mu (a') - \mu (AVw) < 0 \quad \text{contro} \quad H_1 : \mu (a') - \mu (AVw) \geq 0$$

Il test si basa allora sulla differenza  $M(a') - M(AVw)$ . Dal momento che le distribuzioni di partenza sono di tipo log-normale, operando una trasformazione di tipo logaritmico si otterrà una distribuzione normale ed in tal caso la distribuzione sotto l'ipotesi nulla di  $M(a') - M(AVw)$  sarà:

$$M(a') - M(AVw) \sim N [\mu (a') - \mu (AVw), \sigma^2(a')/N(a') + \sigma^2(AVw)/N(AVw)]$$

I valori osservati per le medie campionarie e le Deviazioni Standard per gli insiemi ed i sottoinsiemi considerati (dopo la trasformazione logaritmica) sono indicati nella **Tabella 5** (approssimando le Deviazioni Standard delle popolazioni di partenza con quelle campionarie).

Calcolando allora il valore della statistica  $Z$  come:

$$Z = \frac{[\mu(a') - \mu(AVw)] - 0}{[(\sigma^2(a')/N(a') + \sigma^2(AVw)/N(AVw))]^{1/2}}$$

è possibile determinare il P-value sotto l'ipotesi nulla. Dal momento che si tratta di un test ad una coda il rifiuto dell'ipotesi nulla  $H_0$ , e quindi l'accoglimento dell'ipotesi alternativa  $H_1$  (quella che noi abbiamo interesse a dimostrare vera), si avrà nel caso in cui:

$$Z \geq Z_0 = 1,645 \text{ (nel caso di } \alpha = 0,05 = \text{livello di significatività)}$$

In base all'esame della **Tabella 5** si può vedere come per i FC attualmente raccomandati, tale ipotesi sia pienamente dimostrata solo per i seguenti sottoinsiemi di attrezzature elettriche (evidenziati in chiaro): martelli perforatori e demolitori, trapani (compresi quelli a percussione) e pneumatiche: smerigliatrici e levigatrici.

Comunque anche in questo caso la presenza di un percentuale non trascurabile (anche se minoritaria) di errori negativi, suggerisce di adottare comportamenti cautelativi in caso di utilizzo dei valori di emissione, anche se corretti, ai fini della stima dei valori di esposizione del rischio da vibrazione al sistema mano-braccio.

Per gli altri sottoinsiemi indicati (evidenziati in scuro) abbiamo sospetti per ritenere che gli attuali FC non siano sufficienti; si evidenzia tuttavia come per alcuni sottoinsiemi (p.e. decespugliatori, seghe, seghetti e levigatrici elettriche, cacciaviti e avvitatori pneumatici) la scarsa numerosità dei campioni esaminati non permetta di trarre delle deduzioni che abbiano una ragionevole significatività statistica.

In questo caso si renderanno necessari campioni di numerosità più rappresentativa al fine di verificare queste preliminari risultanze negative.

Dalla Tabella in esame si evince pertanto anche la bontà del criterio statistico adottato per la il confronto delle medie dei campioni provenienti dall'insieme dei valori misurati (AVw), rispetto a quelle dei valori stimati in base ai valori di emissione corretti ( $a'$ ) e non corretti ( $a$ ).

Infatti nei casi in cui  $Z \geq Z_0 = 1,645$  (ovvero  $P\text{-value} \leq \alpha = 0,05$ ), cioè l'ipotesi nulla è rifiutata, si ottengono in genere dei percentili dei casi di sottostima minoritari (e delle medie positive degli errori di stima).

Questo primo criterio di verifica, è bene chiarirlo, ci assicura che mediamente i valori di esposizione stimati, in base ai valori di emissione dichiarati e corretti, siano da un punto di vista medio statistico non inferiori ai valori reali misurati, ma non ci cautela dalla presenza, anche se minoritaria, di singoli casi con errore negativo. I percentili dei casi di errore negativo per le varie famiglie di attrezzature e medi complessivi possono essere rilevati dalla **Tabella 5** (percentile totale di casi con errore negativo pari al 42%).

Ma, a quanto pare, con gli attuali FC nemmeno questo primo criterio necessario (ma non sufficiente), risulta verificato positivamente in tutte le famiglie di attrezzature.

Da notare infine come in genere l'uso dei valori di emissione non corretti (evidenziati in scuro) in media comporti una sottostima dei valori di esposizione e quindi del rischio da vibrazioni al sistema mano-braccio (percentile totale di casi con errore negativo pari al 73%): quindi in genere questi valori non possono essere



considerati idonei per l'utilizzo ai fini estimativi. L'unica eccezione sembrerebbe essere costituita dai trapani senza percussione in cui i valori di esposizione sono in media più bassi di quelli di emissione dichiarati.

L'andamento complessivo degli errori di stima dai valori di emissione corretta può essere rilevato nella **Figura 4**: si può vedere come siano mediamente in negativo (sottostime) un percentile compreso tra il 1° (25%) ed il 2° quartile (50%), giacendo quest'ultimo (che rappresenta la mediana) al di sopra dell'asse di riferimento.

Invece nel caso dei valori di emissione non corretti, come si può evincere dalla **Figura 5**, il percentile complessivo è a ridosso del 3° quartile (75%).

Per avere infine un'idea della dispersione degli errori di stima delle varie famiglie di attrezzature basta ricordare la loro seguente numerazione progressiva:

- da 1 a 17: avvitatori e cacciaviti;
- da 18 a 26: decespugliatori;
- da 27 a 43: levigatrici elettriche;
- da 44 a 60: levigatrici pneumatiche;
- da 61 a 203: martelli perforatori;
- da 204 a 387: martelli demolitori;
- da 388 a 446: motoseghe;
- da 447 a 466: seghe e seghetti;
- da 467 a 733: smerigliatrici elettriche;
- da 734 a 754: smerigliatrici pneumatiche;
- da 755 a 767: trapani (eccetto percussione);
- da 768 a 815: trapani a percussione e tassella tori.

## 6 – CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Attraverso l'utilizzo dei metodi estimativi, è possibile effettuare la valutazione del rischio da HAV secondo la ratio della normativa, che è quella della sua riduzione al minimo tecnicamente possibile e della prevenzione delle patologie o dei disturbi vascolari, osteoarticolari, neurologici o muscolari. Inoltre l'utilizzo tali metodologie rientra pienamente nell'ambito delle procedure standardizzate di valutazione del rischio previste dall'art. 29, commi 5 e 6, D.Lgs. n. 81/2008.

L'utilizzo dei metodi estimativi, in quanto parte integrante del processo di valutazione dei rischi da agenti fisici, deve essere comunque effettuato da personale qualificato, in possesso di specifiche conoscenze in materia.

È da osservare come l'utilizzo delle Banche Dati, in particolare, nel caso in cui si riesca a trovare una coincidenza in termini di tipologia di attrezzatura, alimentazione, marca, modello, accessorio e tipologia di lavorazione, sia più accurata rispetto alla stima in base ai valori di emissione dichiarati. In alcuni casi in cui non si trovi un valore idoneo, alcune considerazioni di carattere tecnico da parte di personale qualificato possono comunque permettere di effettuare delle stime conservative (p.e. nel caso dei martelli rotativi può essere utilizzato un dato che differisce nel maggior diametro della punta utilizzata, sapendo che l'emissione così stimata è cautelativa).

Si ricorda che nella Guida all'utilizzo della Banca Dati Vibrazioni dell'ISPESL, la cui lettura ed accettazione sono condizioni indispensabili al diritto di utilizzo, sono

correttamente evidenziati i campi di applicazione, i limiti e le condizioni di utilizzo dei dati riportati.

Qualora si ritenga che gli altri parametri non contenuti nella Banca Dati, quali lo stato di manutenzione, le condizioni e le modalità di impiego (velocità di avanzamento, ritmo di lavoro, forza di spinta e di prensione ecc.) possano essere determinanti nel superamento o meno di un valore di soglia (p.e. nel caso in cui in base alla stima ci trovassimo a ridosso di questo), allora è necessario ricorrere alla misurazione o in alternativa predisporre comunque cautelativamente delle misure di prevenzione e protezione (p.e. sostituzione delle attrezzature), come se il valore fosse stato superato.

La metodologia di utilizzo dei valori di emissione dichiarati dai costruttori, opportunamente corretti, appare, oltre che meno accurata, anche non cautelativa in diverse casistiche.

Infatti nell'utilizzo dei valori di emissione, anche corretti, ci sono delle tipologie di attrezzature (motoseghe a catena e smerigliatrici elettriche) in cui viene effettuata una media sottostima del rischio da esposizione, in quanto i relativi FC appaiono del tutto insufficienti.

Invece nei casi in cui gli FC sono sufficienti (martelli demolitori e perforatori, trapani elettrici, con e senza percussione, smerigliatrici e levigatrici pneumatiche), da un punto di vista medio statistico viene operata una sovrastima del rischio da vibrazioni, ma permangono comunque percentili non trascurabili di singoli casi di sottostima (dal 6% al 36%).

Si segnalano delle aree (p.e. decespugliatori, seghe, seghetti e levigatrici elettriche, cacciaviti e avvitatori pneumatici) in cui c'è il sospetto di una insufficienza dei FC attuali e in cui saranno necessarie ulteriori verifiche con campioni di numerosità statisticamente più rappresentative.

Infine in generale l'uso dei valori di emissione non corretti, in media comporta una sottostima dei valori di esposizione e quindi del rischio da vibrazioni al sistema mano-braccio, con un numero di casi con errore negativo maggioritario: pertanto questi valori non possono essere considerati idonei per l'utilizzo ai fini estimativi. L'unica eccezione sembrerebbe essere costituita dai trapani senza percussione in cui i valori di esposizione sono in media più bassi di quelli di emissione dichiarati.

Per quanto sopra esposto è raccomandabile l'utilizzo con molta cautela di tale metodo estimativo, effettuando, ove possibile, un incrocio con i valori rilevati dalle Banche Dati o desunti da altre fonti di informazioni (pubblicazioni scientifiche, ecc.).

Si conferma invece la bontà complessiva del metodo di confronto, classificazione, e scelta delle attrezzature in base al valore di emissione dichiarato dai costruttori determinato in condizioni standardizzate di riferimento, quanto meno all'interno della stessa famiglia di appartenenza (stessa tipologia di attrezzatura e di alimentazione).

In futuro, si ritiene che, con la revisione delle norme di riferimento per la determinazione dei valori di emissione, si riesca a migliorare l'accuratezza di tale metodo estimativo, ma non a sopperire del tutto alle criticità del metodo: la presenza di percentuali non trascurabili di singoli casi di errori negativi (sottostima del rischio), che deriva dalla particolare forma della distribuzione statistica di

appartenenza ed il fatto che, comunque, essendo riferiti ad attrezzature nuove, i valori di emissione non possono tenere conto dei fattori di vetustà e manutenzione.

Come ulteriore conseguenza di tale revisione, si potranno effettuare in modo affidabile confronti e classificazioni anche tra attrezzature appartenenti a diverse famiglie e con differenti norme tecniche di riferimento.

Per quanto concerne le Banche Dati è prevista l'estensione di questa metodologia anche agli altri agenti fisici [19]: in dettaglio, ISPESL e Regioni intendono realizzare un portale italiano all'interno del quale saranno ospitate varie banche dati (valori di certificazione/emissione di attrezzature di lavoro; livelli di rischio misurati sul campo, bibliografia scientifica, normative di legge e tecniche, links utili, FAQ) organizzato in 4 aree di lavoro (rumore, vibrazioni, campi elettromagnetici e radiazioni ottiche artificiali) finalizzate ai seguenti obiettivi:

- stima dei livelli di esposizione dei lavoratori anche sulla base di algoritmi che utilizzano i dati di certificazione dei fabbricanti quando disponibili e forniti dagli stessi;
- rivisitazione e ampliamento dell'attuale banca dati vibrazioni presente sul sito dell'ISPESL mediante la sua implementazione anche tramite l'apporto di qualificati contributi esterni sulla base di un apposito protocollo di misura e di inserimento dati e recupero dei dati validi presenti in banche dati estere;
- possibilità di identificare le attrezzature di lavoro a minore rischio presenti nella banca dati, anche come metodo di valorizzazione delle ricerche dei fabbricanti finalizzate alla riduzione del rumore, delle vibrazioni, dei campi elettromagnetici e delle radiazioni ottiche artificiali;
- disponibilità in rete di esempi di bonifica con descrizione di risultati, di vantaggi, di criticità e di costi a fronte di un vero e proprio *gap* culturale sulla materia e anche come veicolo promozionale di soluzioni innovative o economiche per la riduzione dei rischi da rumore, da vibrazioni, da campi elettromagnetici e da radiazioni ottiche artificiali;
- possibilità di scelta dei dispositivi di protezione individuale sulla base dei valori di attenuazione forniti e in funzione dei livelli di rischio presenti nelle singole postazioni di lavoro.

## 7 - BIBLIOGRAFIA

- [1] DLgs. 81/2008 “Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro” – pubblicato sul SO n. 108/L alla GURI n. 101 del 30/04/08;
- [2] Rocco Nitti, Paolo De Santis - La valutazione del rischio da vibrazioni al sistema mano-braccio negli utensili per applicazioni industriali – da Atti dBA 2008;
- [3] Direttiva 2002/44/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25/06/02 (sedicesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della Direttiva 89/391/CEE), pubblicata sulla GUCE del 06/07/02;
- [4] UNI EN 12096:1999 – “Vibrazioni meccaniche - Dichiarazione e verifica dei valori di emissione vibratoria”;

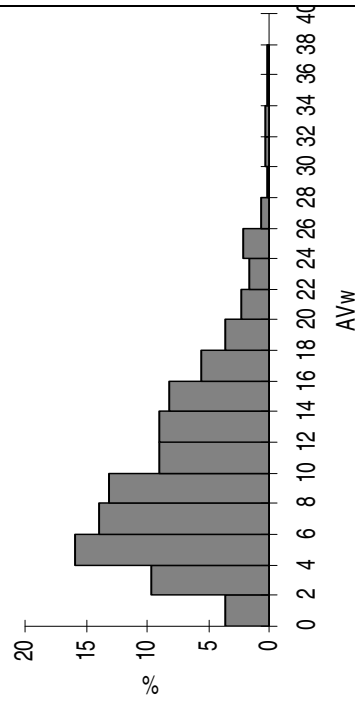
- [5] UNI EN 28662-1:1993 – “Macchine utensili portatili. Misura delle vibrazioni sull'impugnatura. Generalità”;
- [6] CEI EN 60745-1: 2010 – “Sicurezza degli utensili elettrici a motore portatili. Parte 1: Prescrizioni generali”;
- [7] UNI EN ISO 20643:2008 – “Vibrazioni meccaniche - Macchine portatili e condotte a mano - Principi per la valutazione della emissione di vibrazioni”;
- [8] Direttiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 17/05/06 relativa alle macchine e che modifica la direttiva 95/16/CE (rifusione), pubblicata sulla GUCE del 09/06/06;
- [9] DLgs. 17 del 27 gennaio 2010 “Attuazione della direttiva 2006/42/CE, relativa alle macchine e che modifica la direttiva 95/16/CE relativa agli ascensori.” – pubblicato sul SO n. 36/L alla GURI n. 41 del 19/02/10;
- [10] UNI EN ISO 28927:2010 – “Macchine utensili portatili - Metodi di prova per la valutazione dell'emissione vibratoria - Parti da 1 a 10”;
- [11] CEI EN 50144-1:1999 – “Sicurezza degli utensili elettrici a motore portatili. Parte 1: Norme generali”;
- [12] UNI EN ISO 22867:2009 – “Macchine forestali - Codice di prova delle vibrazioni per macchine portatili manualmente con motore a combustione interna - Vibrazioni alle impugnature”;
- [13] ISO 11789:1999 – “Powered edgers with rigid cutting means -- Definitions, safety requirements and test procedures”;
- [14] UNI EN ISO 11680-1:2009 – “Macchine forestali - Requisiti di sicurezza e prove per le potatrici ad asta a motore - Parte 1: Unità con motore a combustione interna integrato”;
- [15] UNI EN ISO 11680-2:2009 – “Macchine forestali - Requisiti di sicurezza e prove per le potatrici ad asta a motore - Parte 2: Unità per uso con una sorgente di potenza portata a spalla”;
- [16] CEN/TR 15350:2005 – “Mechanical vibration – Guideline for the assessment of exposure to hand-transmitted vibration using available information including that provided by manufacturers of machinery”;
- [17] Kaulbars U. - Risk assessment of hand-arm vibration by estimate, taking the example of hand-guided stone-working machines, 2006;
- [18] Mansfield N. J. – Variation in the vibration emission of rotary hammer drills under simulated work-site conditions, 2006;
- [19] Nicolini O., Nataletti P., Pinto I., Rossi P. - Agenti fisici sul lavoro: lo sviluppo di banche dati per la valutazione del rischio, 2010.

<b>Macchine comb. interna</b>	Normativa di rif.	Condizioni di lavoro durante il test	Reali condizioni di uso	FC	N°
Motosega a catena	EN ISO 22867	minimo giri a vuoto, massimo giri a vuoto, taglio	manutenzione forestale, sezionatura, sramatura, abbattimento	1	59
Decespugliatori a filo/a lama	EN ISO 22867	minimo giri a vuoto, massimo giri a vuoto	taglio erba, taglio siepi, taglio arbusti	1	9
<b>Macchine elettriche</b>	Normativa di rif.	Condizioni di lavoro durante il test	Reali condizioni di uso	FC	N°
Martelli perforatori	EN50144-2-6	Perforazione di cemento	Tutte	2	143
Martelli demolitori	EN50144-2-6	Assorbitore a sfere di acciaio	Perforazione cemento e/o muratura	1,5	184
Trapani tutti eccetto percussione	EN50144-2-1	Misure a vuoto alla velocità massima	Tutte le operazioni di trapanatura e avvittatura (no percussione)	1	13
Trapani a percussione	EN50144-2-1	Foratura di cemento con agglomerati	Tutte le operazioni di trapanatura (a percussione)	1,5	48
Levigatrici	EN50144-2-4	Levigatura di lastra di acciaio	Tutte le operazioni di levigatura (non lucidatura)	1,5	17
Smerigliatrici	EN50144-2-3	Disco sbilanciato a vuoto	Tutte le operazioni di smerigliatura e taglio (non lucidatura)	1,5	267
Seghetto alternativo (lama verticale guidata)	EN50144-2-10	Taglio di multistrato	Taglio di diversi materiali	1,5	20
Seghetto alternativo (a gattuccio)	EN50144-2-11	Taglio di multistrato	Taglio di diversi materiali	2	
Seghe circolari	EN50144-2-11	Taglio di multistrato	Taglio di diversi materiali	1,5	
<b>Macchine pneumatiche</b>	Normativa di rif.	Condizioni di lavoro durante il test	Reali condizioni di uso	FC	N°
Smerigliatrici	EN28662-4 :1995	Disco sbilanciato a vuoto	Tutte le operazioni di smerigliatura (non lucidatura) e taglio	1,5	21
Cacciaviti ed avvitatori	EN28662-7 :1997	Prova su supporto di test	Tutte	1,5	17
Levigatrici	EN28662-8 :1997	Levigatura su superficie di acciaio standard con carta abrasiva	Tutte	1,5	17

**Tabella 1** – Elenco delle tipologie di attrezzature esaminate e relativi numeri di misure vibratorie

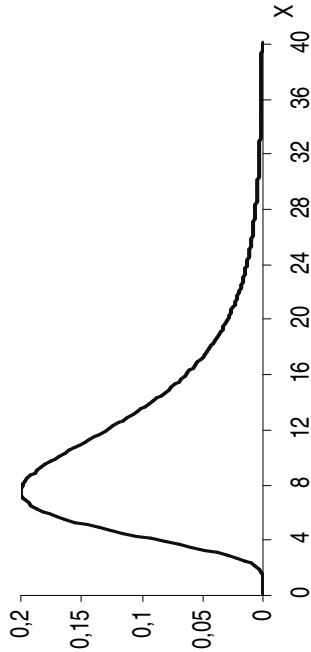
Comparto	N° misure	Percento	Marca	N° misure	Percento
Costruzioni edili	631	77,42%	HILTI	198	24,29%
Cantieristica navale	55	6,75%	MAKITA	151	18,53%
Silvicoltura	45	5,52%	BOSCH	148	18,16%
Treni e materiale tranviario	34	4,17%	HITACHI	79	9,69%
Riparazione veicoli ed altro	16	1,96%	HUSQVARNA	31	3,80%
Manufatti e laterizi edili	11	1,35%	MILWAUKEE	28	3,44%
Elettrodomestici	10	1,23%	DE WALT	24	2,94%
Produzione di mobili in legno, infissi e materiali affini	4	0,49%	PROTOOL / FESTOOL	21	2,58%
Estrazione marmi e pietre ornamentali	3	0,37%	METABO	19	2,33%
Carpenteria metallica	2	0,25%	RUPES	19	2,33%
Costruzioni stradali e ferroviarie	2	0,25%	ATLAS COPCO	16	1,96%
Elettricità (accessori)	1	0,12%	SPIT	15	1,84%
Servizi di pulitura	1	0,12%	STIHL	12	1,47%
			JONSERED	10	1,23%
<b>Totale complessivo</b>	<b>815</b>	<b>100,00%</b>	KOMATSU	9	1,10%
			ALTRE	35	4,29%
			<b>Totale complessivo</b>	<b>815</b>	<b>100,00%</b>

**Tabella 2:** Ripartizione del campione di misure tra i comparti

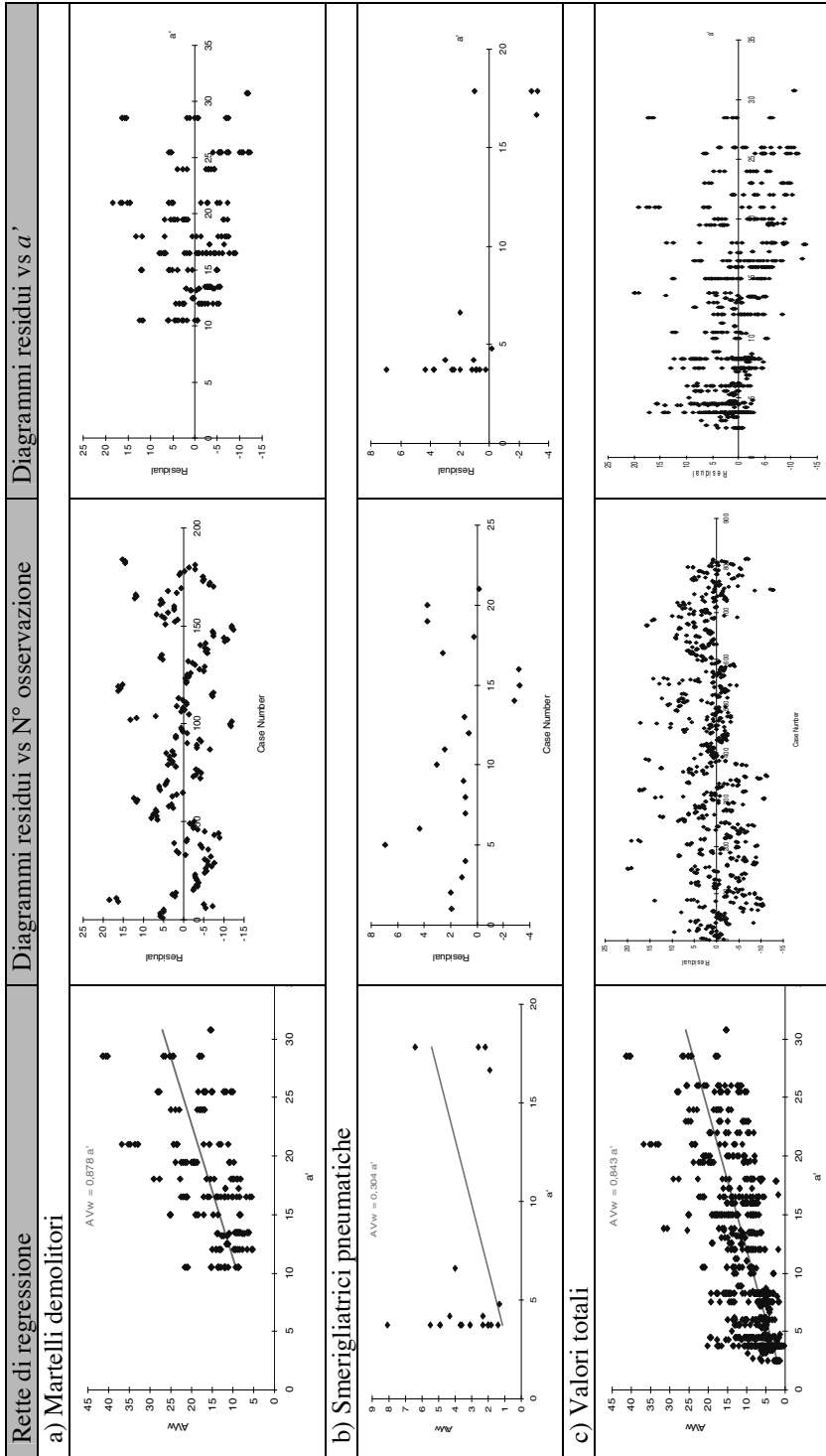


**Figura 1:** Istogramma della distribuzione statistica delle AVw

**Tabella 3:** Ripartizione del campione di misure in base alle marche



**Figura 2:** Distribuzione log-normale equivalente delle AVw



**Figura 3** – Diagrammi delle rette di regressione e dei residui di alcuni insiemi di attrezzature

**Tabella 4** – Sintesi delle risultanze delle elaborazioni statistiche sul totale e sui singoli insiemi di dati

Macchine a comb. interna	$\mu a$	$\mu g$	$\sigma$	$\sigma g$	CV	IQR	IQR/ $\mu$	0	25	50	75	100	Skew	Out	KS N P-val	KS I g N P-val	$\rho P$ (c=0)	$\rho P$ (c≠0)
Motosega a catena	5,24	5,06	1,45	1,31	28%	1,30	25%	2,73	4,45	5,2	5,75	10	1,10	4	0,181	0,520	0,933	0,248
Decespugliatori a filo / lama	7,63	7,04	3,29	1,53	43%	3,80	58%	3,8	5,3	6,5	9,1	13,8	0,79	0	0,862	0,996	0,928	0,514
<b>Macchine elettriche</b>	$\mu a$	$\mu g$	$\sigma$	$\sigma g$	CV	IQR	IQR/ $\mu$	0	25	50	75	100	Skew	Out	KS N P-val	KS I g N P-val	$\rho P$ (c=0)	$\rho P$ (c≠0)
Martelli perforatori	14,07	13,10	5,49	1,46	39%	7,00	52%	5,99	10,00	13,55	17,00	31,60	0,97	3	0,158	0,846	0,926	0,236
Martelli demolitori	16,22	14,65	7,61	1,57	47%	10,46	70%	5,23	10,41	14,88	20,87	41,34	1,15	5	0,037	0,901	0,930	0,517
Trapani tutti eccetto percuss.	1,49	1,31	0,74	1,75	49%	1,04	79%	0,44	0,96	1,32	2,00	3,00	0,46	0	0,964	1,000	0,815	0,234
Trapani a percussione	11,47	10,47	4,42	1,59	39%	7,29	69%	2,89	7,88	10,60	15,18	19,04	-0,02	0	0,447	0,719	0,951	0,535
Levigatrici	4,48	3,22	2,79	2,75	62%	4,91	108%	0,3	1,8	4,54	6,71	9,1	-0,03	0	0,935	0,679	0,736	0,234
Smerigliatrici	8,06	7,05	4,07	1,72	51%	4,81	69%	0,8	5,25	6,93	10,06	19,54	0,89	10	1,01E-04	0,369	0,866	0,097



Seghetti altern. e seghe circolari	9,14	7,23	5,64	2,15	64%	9,4	107%	1,5	4,2	8,8	13,6	20,33	0,395	0	0,537	0,949	0,799	0,403
<b>Macchine pneumatiche</b>	$\mu a$	$\mu g$	$\sigma$	$\sigma g$	CV	IQR	IQR/ $\mu$	0	25	50	75	100	Skew	Out	KS N P-val	KS IgN P-val	$\rho P$ ( $c=0$ )	$\rho P$ ( $c\neq 0$ )
Smerigliatrici	3,35	2,95	1,80	1,66	56%	2,25	92%	1,3	2	2,45	4,25	8,1	1,13	1	0,359	0,589	0,729	0,070
Cacciaviti, avvitatori	4,63	3,88	3,34	1,77	72%	2,22	65%	2	2,58	3,41	4,8	12,9	1,87	2	0,182	0,928	0,977	0,957
Levigatrici	2,91	2,37	2,74	1,79	94%	1	40%	0,8	1,9	2,5	2,9	13,2	3,67	1	0,006	0,223	0,826	0,967
<b>Macchine totali</b>	$\mu a$	$\mu g$	$\sigma$	$\sigma g$	CV	IQR	IQR/ $\mu$	0	25	50	75	100	Skew	Out	KS N P-val	KS IgN P-val	$\rho P$ ( $c=0$ )	$\rho P$ ( $c\neq 0$ )
Totali (815)	10,50	8,45	6,73	2,03	65%	8,66	98%	0,3	5,50	8,81	14,16	41,34	1,27	18	<1E-5	0,082	0,903	0,663

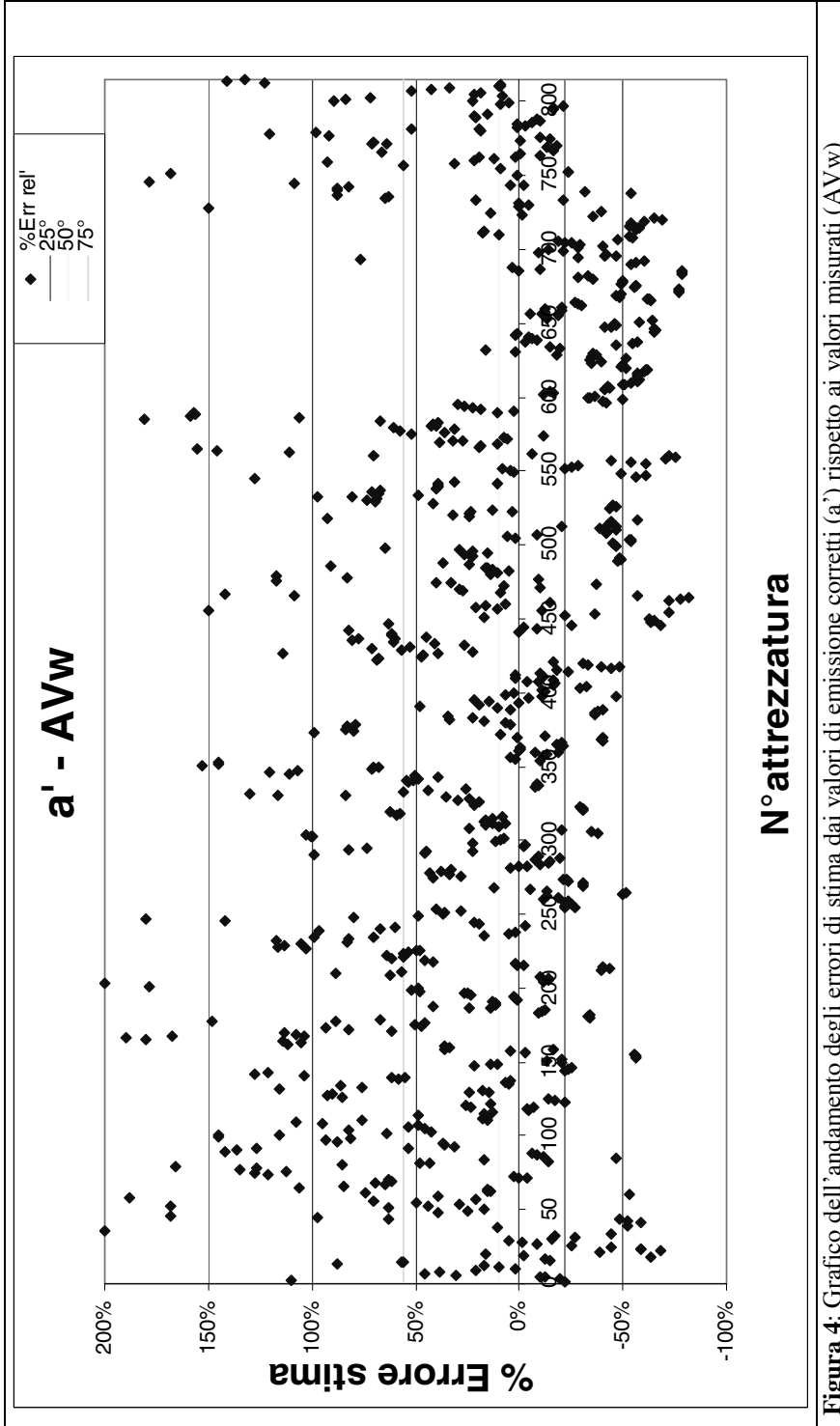
Macchine a combustione interna.		Valore emissione corretto						Valore emissione non corretto						Valore misurato	
		Coeff. Regr.	Media Ina'	SD Ina'	Z'	P-value (Z-test) errore	Casi di Err. neg.	Media Ina	SD Ina	Z	P-value (Z-test) errore	Casi di Err. neg.	Media InavW	SD InavW	N° Casi
Macchina	FC														
	1	0,86	1,7	0,3	0,721	0,2356	56%	46%	1,0	1,7	0,3	0,72	0,2356	56%	46%
	1	1,627	0,7	1,4	0,4	-2,826	0,9976	-38%	0,7	1,4	0,4	-2,83	0,9976	-38%	89%

Macchine elettriche		Valore emissione corretto						Valore emissione non corretto						Valore misurato	
		Coeff. Regr.	Media Ina'	SD Ina'	Z'	P-value (Z-test) errore	Casi di Err. neg.	Media Ina	SD Ina	Z	P-value (Z-test) errore	Casi di Err. neg.	Media InavW	SD InavW	N° Casi
Macchina	FC														
	2	1,456	1,1	2,9	0,3	8,530	0,0000	50%	0,9	2,2	0,3	-9,72	1,0000	-25%	78%
	1,5	1,316	1,1	2,9	0,3	4,154	0,0000	27%	0,9	2,4	0,3	-5,92	1,0000	-25%	78%
	1	0,428	3,7	1,0	0,3	4,111	0,0000	143%	3,7	1,0	0,3	4,11	0,0000	143%	8%
	1,5	1,174	1,1	2,6	0,1	3,986	0,0000	43%	1,0	2,3	0,1	-1,11	0,8675	5%	58%
	1,5	1,188	1,2	1,4	0,3	1,061	0,1443	149%	0,9	1,0	0,3	-0,53	0,7011	66%	71%
	1,5	1,854	0,9	1,7	0,3	-5,301	1,0000	-2%	0,7	1,3	0,3	-15,78	1,0000	-35%	87%
	1,5	2,186	0,8	1,6	0,6	-1,831	0,9664	-12%	0,6	1,1	0,5	-4,29	1,0000	-46%	90%
	2														
	1,5														

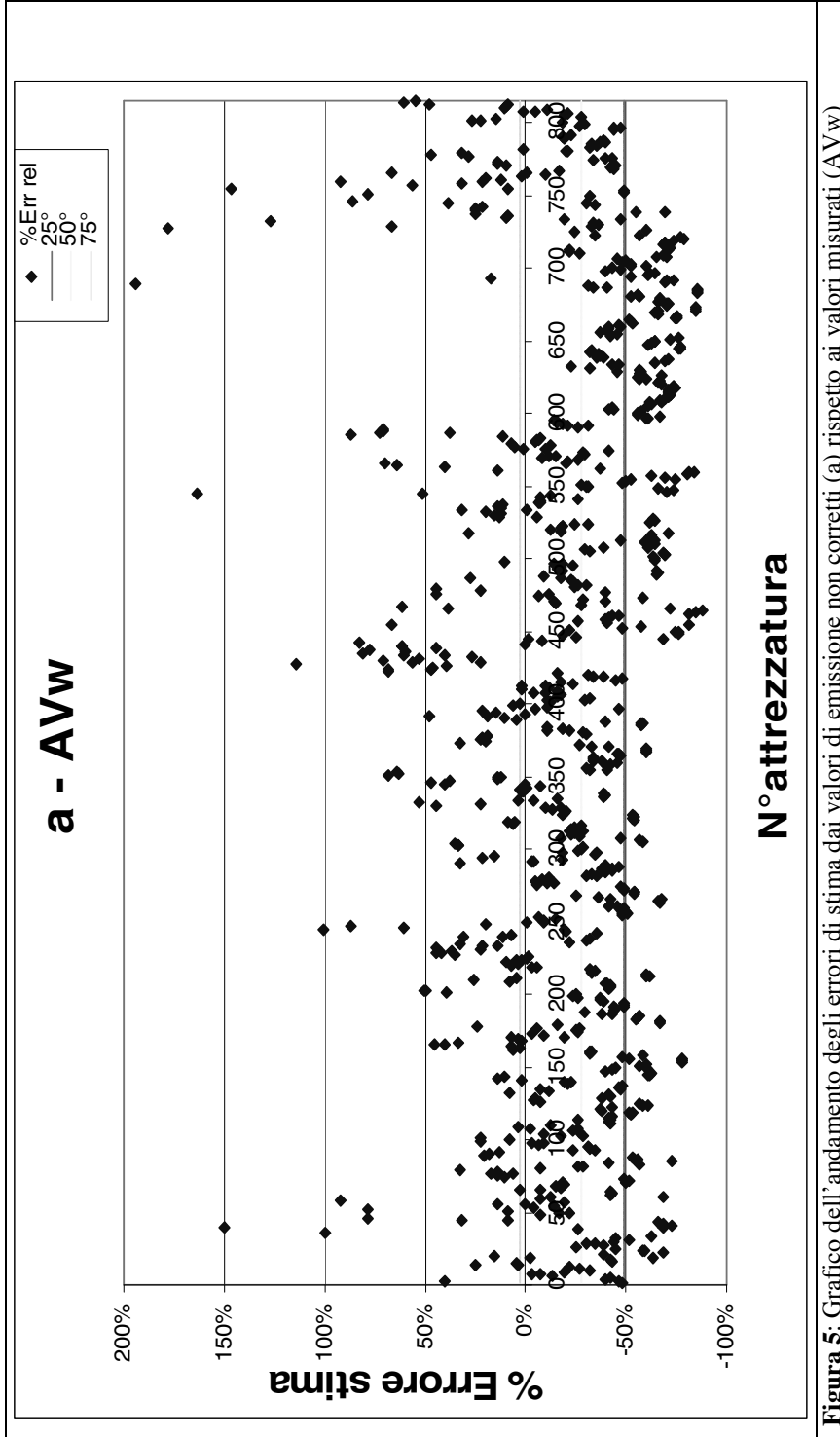
Macchine pneumatiche		Valore emissione corretto						Valore emissione non corretto						Valore misurato	
		Coeff. Regr.	Media Ina'	SD Ina'	Z'	P-value (Z-test) errore	Casi di Err. neg.	Media Ina	SD Ina	Z	P-value (Z-test) errore	Casi di Err. neg.	Media InavW	SD InavW	N° Casi
Macchina	FC														
	1,5	0,407	1,5	1,7	0,6	3,362	0,0004	151%	1,2	1,3	0,6	1,026	0,1526	67%	38%
	1,5	1,51	1,1	1,5	0,4	0,950	0,1710	22%	0,8	1,1	0,4	-1,499	0,9331	-18%	76%
	1,5	1,241	1,6	1,4	0,1	3,377	0,0004	82%	1,1	0,9	0,1	0,562	0,2870	22%	47%

TOTALI		Valore emissione corretto						Valore emissione non corretto						Valore misurato	
		Coeff. Regr.	Media Ina'	SD Ina'	Z'	P-value (Z-test) errore	Casi di Err. neg.	Media Ina	SD Ina	Z	P-value (Z-test) errore	Casi di Err. neg.	Media InavW	SD InavW	N° Casi
Macchina	FC														
Totale	1/1,5/2	1,361	1,0	2,2	0,7	2,013	0,0221	27%	0,8	1,8	0,6	-10,53	1,0000	-16%	73%
	2														

**Tabella 5** – Sintesi delle risultanze delle verifiche di idoneità dei valori di emissione dichiarati, corretti e non corretti, dopo la trasformazione logaritmica



**Figura 4:** Grafico dell'andamento degli errori di stima dai valori di emissione corretti (a') rispetto ai valori misurati (AVw)



**Figura 5.** Grafico dell'andamento degli errori di stima dai valori di emissione non corretti (a) rispetto ai valori misurati (AVw)



## **LA RIDUZIONE ALLA FONTE DEL RISCHIO VIBRAZIONI; APPROCCIO GENERALE E CASI DI STUDIO**

**Giovanni Moschioni, Bortolino Saggin, Marco Tarabini**

Politecnico di Milano, Dipartimento di Meccanica, Polo Regionale di Lecco

### **SOMMARIO**

L'effetto nocivo delle vibrazioni sul corpo umano è testimoniato da diversi lavori di ricerca nel settore nonché da numerose norme atte a valutare e ridurre i rischi per i lavoratori esposti. Le vibrazioni trasmesse al corpo umano si dividono in due categorie principali: le vibrazioni mano braccio (HAV) trasmesse al corpo principalmente durante l'utilizzo di utensili vibranti e le vibrazioni corpo intero (WBV) trasmesse al corpo attraverso il piano di seduta o il pavimento. I limiti di esposizione sono sanciti dalla Direttiva 2002/44/CE, che stabilisce che qualora le vibrazioni superino limiti specifici, il datore di lavoro è tenuto ad attuare interventi correttivi per limitare l'esposizione. Le vibrazioni possono essere ridotte disaccoppiando meccanicamente l'oggetto vibrante dall'arto dell'operatore: scopo del presente articolo è presentare un metodo per l'ottimizzazione delle caratteristiche dei sistemi di riduzione delle vibrazioni basate sul disaccoppiamento meccanico tra utensile e arto.

### **1. INTRODUZIONE**

La direttiva 2002/44/CE, recepita in Italia con il DLgs.187/05 e successivamente con il DLgs.81/08, stabilisce i limiti di esposizione alle vibrazioni trasmesse al corpo umano, siano esse di tipo mano-braccio o corpo intero. Le norme internazionali che stabiliscono le procedure di calcolo dell'esposizione ([1], [2]) prevedono che il rischio venga quantificato tramite la misura dell'accelerazione ponderata equivalente  $A(8)$ ; il tipo ed il fissaggio dei trasduttori, le caratteristiche della catena di misura e le curve di ponderazione da adottare sono descritte nelle norme sopra citate. Data la procedura di calcolo del valore  $A(8)$ , l'esposizione risulta essere influenzata da tre fattori, che sono:

- ampiezza e contenuto spettrale della vibrazione;
- caratteristiche biomeccaniche dell'operatore;
- durata dell'esposizione.

La direttiva 2002/44/CE stabilisce i valori limite per le vibrazioni mano braccio ( $5 \text{ m/s}^2$  equivalenti su 8 ore,  $20 \text{ m/s}^2$  su periodi brevi) e corpo intero ( $1 \text{ m/s}^2$  equivalenti su 8 ore,  $1.5 \text{ m/s}^2$  su periodi brevi); la direttiva identifica inoltre i valori di azione, ovvero quei valori oltre i quali il datore di lavoro deve attuare misure correttive per la riduzione ed il controllo delle sollecitazioni meccaniche trasmesse agli operatori ( $2.5 \text{ m/s}^2$  HAV,  $0.5 \text{ m/s}^2$  WBV).

Le azioni correttive che il datore di lavoro può intraprendere in caso di superamento dei valori EAV e ELV sono basate sulla riduzione delle vibrazioni della sorgente e sulla riduzione del tempo di esposizione.

Vista la dipendenza di  $A(8)$  dalla radice quadrata del tempo di esposizione [1], [2], per ridurre  $A(8)$  di un fattore  $k$  occorre ridurre il tempo di utilizzo di un fattore  $k^2$ . Questo aspetto rende la diminuzione del tempo di esposizione una linea di intervento adottabile solo in casi in cui il lavoratore possa essere adibito durante la giornata lavorativa a mansioni che comportino un'esposizione ridotta alle vibrazioni.

La riduzione delle vibrazioni della sorgente (che risulta quindi la scelta più adottata nella maggior parte dei casi) può essere ottenuta, in accordo con il DLGS 81/08, in due modi:

- scelta di attrezzature o utensili che producono meno vibrazioni (riduzione delle vibrazioni alla fonte)
- dispositivi di prevenzione individuali per la riduzione delle vibrazioni

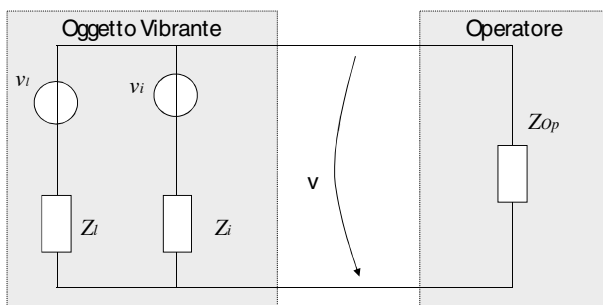
Scopo del presente articolo è l'illustrazione di un metodo in qualche modo intermedio tra le due soluzioni proposte dal legislatore, ovvero quello di disaccoppiare meccanicamente l'operatore e la sorgente delle vibrazioni. Di fatto questo può essere visto in alcuni casi come una modifica all'attrezzatura che riduce l'intensità della sorgente, in altri come un dispositivo addizionale indipendente. Nelle pagine che seguono, verranno dapprima illustrati i principi di riduzione della trasmissione delle vibrazioni sulla base della schematizzazione con modelli a parametri concentrati. In seguito verranno presentati tre casi studio (due per le vibrazioni di tipo mano braccio, uno per le vibrazioni di tipo corpo intero) in cui il metodo proposto ha consentito una significativa riduzione delle vibrazioni trasmesse.

## 2. METODO PROPOSTO

L'interazione tra un oggetto vibrante e il corpo umano può essere schematizzata mediante il modello a parametri concentrati di **Figura 1**. Il generatore di vibrazioni viene schematizzato tramite due generatori di velocità  $v_l$  e  $v_i$  e due impedenze  $Z_l$  e  $Z_i$ . Nel caso più generale, tutte le grandezze in esame sono funzione della frequenza.

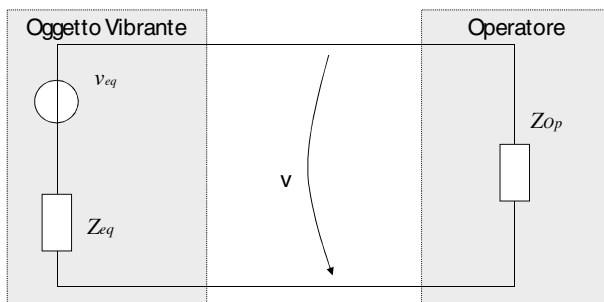
- $v_l$  è responsabile della generazione di vibrazione durante la fase di lavorazione
- $v_i$  genera la vibrazione "a vuoto" (idle) ovvero quando l'utensile non sta lavorando nessun materiale
- $Z_l$  è l'impedenza generalizzata (ammettenza meccanica) dell'utensile durante la fase di lavoro
- $Z_i$  è l'impedenza generalizzata a vuoto dell'utensile.

Una procedura per l'identificazione dei parametri sopra elencati è illustrata in [3]. L'operatore può essere modellato tramite l'impedenza di estremità, oggetto di diversi studi sia nel campo di vibrazioni di tipo mano-braccio [5]-[7] e corpo intero [8], [9].



**Figura 1:** Modello a parametri concentrati (schema a impedenze) dell'interazione tra un generatore di vibrazioni e un operatore

Lo schema di **Figura 1** può essere semplificato nel caso in cui non sia necessario modellare il comportamento dell'utensile "a vuoto", in molti casi di scarso interesse nella misura di vibrazioni trasmesse al corpo umano. Lo schema proposto diventa quindi quello di **Figura 2**.



**Figura 2:** Modello a parametri concentrati semplificato.

La velocità all'interfaccia (da cui può essere calcolata l'accelerazione all'interfaccia per derivazione) può essere calcolata lungo l'asse della vibrazione come:

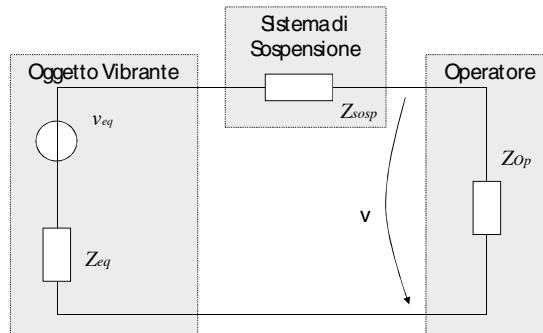
$$v = \frac{v_{eq}}{Z_{eq} + Z_{Op}} Z_{Op} \tag{1}$$

L'equazione (in cui per semplicità è stata omessa la dipendenza di tutti i termini dalla frequenza) mostra come l'esposizione dell'operatore dipenda dalle caratteristiche dell'utensile inteso come generatore di vibrazioni ( $v_{eq}$ ) nonché dal



rapporto tra l'impedenza dell'operatore e la somma delle impedenze dell'utensile e dell'operatore.

La velocità all'interfaccia può essere ridotta inserendo un'impedenza (idealmente infinita) tra l'oggetto vibrante e l'operatore. Lo schema concettuale del sistema disaccoppiato è illustrato in **Figura 3**.



**Figura 3:** Modello a parametri concentrati del sistema disaccoppiato.

All'atto pratico tale intervento viene attuato inserendo degli oggetti a impedenza elastico-smorzante opportunamente dimensionati tra l'impugnatura dell'oggetto e l'arto dell'operatore; esempi tipici sono i guanti anti-vibranti (anti vibration gloves, AVG) o i cosiddetti dispositivi anti vibrazione (anti vibration devices AVD). Nel caso in cui il sistema di sospensione preveda la presenza di componenti inerziali lo schema di **Figura 3** deve essere modificato inserendo un'impedenza inerziale in parallelo a  $Z_{op}$ . Per semplicità di trattazione nel prosieguo faremo riferimento al caso in cui la componente inerziale sia trascurabile rispetto a quella dell'operatore.

Con riferimento allo schema di **Figura 3**, la velocità all'interfaccia può essere calcolata con la relazione:

$$v = \frac{v_{eq}}{Z_{eq} + Z_{sosp} + Z_{Op}} Z_{Op} \quad (2)$$

L'equazione mostra come l'uso di un sistema di sospensione con impedenza generalizzata nulla (infinitamente rigido) faccia degradare il sistema a quello di **Figura 2**. Al contrario, l'uso di un sistema con ammettenza meccanica infinita (infinitamente cedevole) comporta una velocità nulla indipendentemente dagli altri parametri.

Sebbene la scelta ottimale sia apparentemente quella di adottare sospensioni con impedenza generalizzata infinita, l'implementazione pratica porta a valori ottimali dell'impedenza di collegamento che sono legati ai requisiti particolari da valutarsi caso per caso.

Le linee guida per la scelta dei parametri ottimali del sistema di isolamento sono descritte nel capitolo che segue.

### 3. OTTIMIZZAZIONE DEL SISTEMA ISOLANTE

I parametri  $m$ ,  $c$  e  $k$  del sistema di sospensione devono essere scelti per minimizzare la velocità  $v$  trasmessa all'interfaccia tra il sistema isolante e l'operatore. Il problema, concettualmente semplice, può essere formalizzato come un problema di ottimizzazione nonlineare vincolata:

- la nonlinearietà è dovuta al fatto che la grandezza da ottimizzare è il valore quadratico medio della vibrazione ponderata in un certo campo di frequenza
- i vincoli sono dovuti sia a ragioni costruttive (massa del sistema di sospensione non trascurabile, rigidità e coefficiente dissipativo fissati in base alle geometrie realizzabili e al materiale scelto) sia di utilizzabilità dello strumento (deflessione statica del sistema di sospensione consentito, manovrabilità dello strumento, ecc.)

Il problema può quindi essere risolto mediante metodi numerici di ottimizzazione vincolata, una volta tradotti tutti i requisiti in condizioni sui parametri.

#### 3.1 CARATTERIZZAZIONE DELLA SORGENTE

Come illustrato in [3], l'oggetto vibrante può essere caratterizzato tramite due prove con carichi di impedenza diversi; le condizioni ottimali sono solitamente quelle "a vuoto" ossia con impedenza generalizzata infinita e quella "bloccata" con impedenza generalizzata nulla. I parametri descrittivi della sorgente ( $F_{eq}$ ,  $v_{eq}$ ,  $Z_{eq}$ ) possono essere ricavati tramite il seguente sistema:

$$\begin{cases} F_1 = F_{eq} \\ v_2 = v_{eq} \\ Z_{eq} = \frac{v_{eq}}{F_{eq}} \end{cases} \quad (3)$$

Nei casi in cui risulti difficile riprodurre le condizioni di impedenza nulla o infinita è possibile misurare la velocità (o la forza trasmessa) in due condizioni note (imponendo due vincoli diversi con impedenze  $Z_1$  e  $Z_2$ ).

$$\begin{cases} v_1 = \frac{v_{eq}}{Z_{eq} + Z_1} Z_1 \\ v_2 = \frac{v_{eq}}{Z_{eq} + Z_2} Z_2 \end{cases} \quad (4)$$

### 3.2 OTTIMIZZAZIONE

Una volta caratterizzato il generatore di vibrazioni è possibile ottimizzare il sistema di disaccoppiamento minimizzando le accelerazioni RMS ponderate lungo la direzione  $i$ ; con riferimento allo schema di **Figura 3** si ha:

$$a_{w,i} = \sqrt{\sum_{\omega=0}^{\omega_{\max}} \left[ \left( \frac{v_{eq}(\omega)}{Z_{eq}(\omega) + Z_{sosp}(\omega) + Z_{Op}(\omega)} Z_{Op}(\omega) \right) \cdot j\omega \cdot w(\omega) \right]^2} \quad i = x, y, z \quad (5)$$

Il coefficiente  $w(\omega)$  è il coefficiente di ponderazione specifico per il tipo di vibrazione in oggetto; anche il modo in cui le accelerazioni  $a_{w,z}$ ,  $a_{w,y}$  e  $a_{w,x}$  vengono utilizzate nel calcolo dell'esposizione dipende dal fatto che la vibrazione sia di tipo manobraccio (le tre vibrazioni saranno combinate vettorialmente) o corpo intero (l'esposizione sarà data dall'asse più severo).

Come accennato in precedenza, è necessario imporre i vincoli costruttivi e di utilizzabilità al fine di non incorrere nella soluzione banale di  $Z_{sosp}(\omega) = 0$ , ossia di un sistema a rigidità nulla o a massa infinita.

## 4. CASI STUDIO

Di seguito verranno presentati tre casi studio, in cui il metodo descritto in precedenza è stato utilizzato con successo per diminuire l'esposizione dei lavoratori alle vibrazioni. Due casi riguardano interventi relativi alla riduzione di vibrazioni di tipo mano-braccio, mentre un intervento è volto alla riduzione di vibrazioni trasmesse al corpo intero attraverso i piedi.

### 4.1 CARRELLI TRASPORTATORI

I carrelli elevatori frontali utilizzati per la movimentazione dei materiali e delle merci sono solitamente utilizzati da lavoratori che svolgono esclusivamente la mansione di carrellista; ne deriva un'esposizione alle vibrazioni corpo intero spesso continuativa con valori che possono raggiungere o superare il valore di azione EAV [10]. La pavimentazione industriale è generalmente costituita da lastre in calcestruzzo, caratterizzate da giunti che tendono a deteriorarsi nel tempo anche a causa del passaggio dei carrelli. Proprio tali giunzioni, insieme a crepe, fessure, riparazioni mal eseguite, tombini, ecc. sono tra le cause principali delle vibrazioni trasmesse al guidatore [10].

Le vibrazioni generate da due mezzi (Colibri 500/S e OM Pimespo E10N) sono state dapprima misurate al fine di caratterizzare la sorgente in esame. La sorgente è stata considerata come sorgente ideale (la sorgente ha impedenza interna nulla da un punto di vista pratico perché la vibrazione non è influenzata in modo apprezzabile da variazioni dell'impedenza dell'entità di quella dell'operatore). Sono state quindi

progettate delle pedane da interporre tra il piede dell'operatore e il piano d'appoggio sospese mediante quattro elementi antivibranti scelti tra quelli presenti in commercio. In questo caso visto il numero ridotto di soluzioni invece dell'ottimizzazione è stata eseguita semplicemente un'analisi comparativa tra le diverse soluzioni sfruttando i dati di rigidità e smorzamento forniti dal costruttore.



**Figura 4:** Elementi antivibranti utilizzati per l'analisi comparativa

Non sono stati posti particolari vincoli riguardo allo spostamento statico massimo; la massa della pedana in legno è stata ritenuta trascurabile rispetto all'impedenza del corpo umano e quindi è stato adottato integralmente il modello di **Figura 3**.

Per ciascuna soluzione è stata individuata la riduzione teorica delle vibrazioni ottenibile dal sistema in esame con l'approccio descritto in precedenza. Sono stati poi realizzati due prototipi con le soluzioni nominalmente migliori (**Figura 5**). Le riduzioni teoriche previste erano prossime al 30 %.



**Figura 5:** Foto delle due pedane antivibranti (1 a sinistra, 2 a destra) nelle reali condizioni di utilizzo.

La fase successiva è stata quella di identificare la riduzione effettiva delle vibrazioni. Alla guida del trattore e del carrello è stato posto un unico conducente di peso pari a 75 kg. In accordo con la norma ISO 8041 (2005) sono stati adottati i filtri di ponderazione  $w_d$  per gli assi orizzontali  $x$  e  $y$  e  $w_k$  per l'asse verticale  $z$ . L'efficacia delle soluzioni proposte è stata valutata confrontando i valori di vibrazione misurati lungo uno stesso tratto con pavimentazione sconnessa con e senza le pedane antivibranti.

In tutti i casi (senza pedana, con pedana 1, con pedana 2) l'asse più critico è risultato essere quello verticale: la vibrazione è stata ridotta da  $1.24 \pm 0.043 \text{ m/s}^2$  ponderati (misurati senza la pedana) a  $1.00 \pm 0.068 \text{ m/s}^2$  ponderati con la pedana 2 (riduzione del 19 %). La riduzione con la pedana 1 è stata meno evidente (12 – 15 %).

#### 4.2 MARTELLETTO PNEUMATICO.

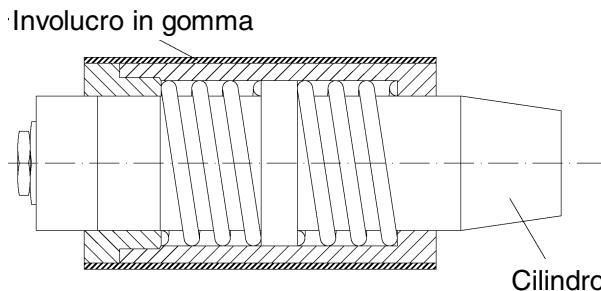
Nel secondo caso studio presentato, gli autori hanno verificato l'efficienza nella riduzione delle vibrazioni di martelletti pneumatici per la lavorazione artistica della pietra. Tali attrezzi sono caratterizzati dal movimento alternativo dell'utensile (scalpello, bocciarda, ecc.), per cui le vibrazioni presenti sull'impugnatura sono rilevanti.

I martelletti pneumatici sono costituiti da un cilindro esterno, generalmente rivestito da una guaina in gomma, al cui interno scorre un pistone che muovendosi cambia il volume di due camere a tenuta. L'alimentazione alternata delle due camere provoca il movimento alternato del pistone e, quindi, dell'utensile ad esso collegato. I martelletti hanno solitamente diametro compreso tra 3 e 6 cm e lunghezza compresa tra 10 e 20 cm (massa 0.5 – 3 kg); le immagini di alcuni utensili sono illustrate in Figura 6. Una descrizione dettagliata del problema e della soluzione adottata è illustrata in [11].



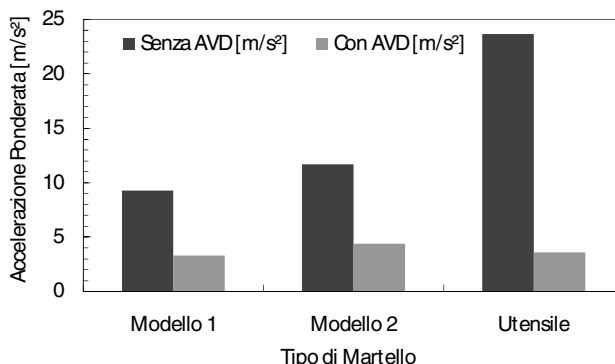
**Figura 6:** Immagini di alcuni martelletti pneumatici usati per la lavorazione della pietra.

Il dispositivo antivibrante (brevettato dal costruttore) è costituito da un manicotto metallico (sempre rivestito da una guaina in gomma) coassiale al cilindro. Mentre nei martelletti normali l'operatore impugna direttamente il cilindro, in quelli dotati di dispositivo antivibrante l'operatore afferra il manicotto. Il problema è stato affrontato dal costruttore con un approccio ingegneristico e l'ottimizzazione è stata condotta, di fatto, con la comparazione di alcune soluzioni a diversi valori di rigidità dell'elemento di sospensione, cercando anche un compromesso con la manovrabilità dell'utensile.



**Figura 7:** Immagini di alcuni martelletti pneumatici usati per la lavorazione della pietra.

Le vibrazioni con e senza dispositivo antivibrante sono state misurate in accordo con la norma ISO 5349. La differenza tra i valori di vibrazioni misurati con e senza dispositivo anti vibrazioni è illustrata in **Figura 8**.



**Figura 8:** Confronto tra i valori di vibrazione con e senza AVD

Il limite principale della soluzione proposta riguarda il limite di forza che l'utilizzatore può esercitare durante la lavorazione. In caso di forze di spinta troppo elevate una delle due molle lavora a fine corsa e la trasmissibilità diventa unitaria, o addirittura si presentano delle amplificazioni. La formazione dei lavoratori, in questo caso, risulta quindi fondamentale.

#### 4.2 AVVITATORE PNEUMATICO

Il terzo ed ultimo caso studio riguarda la riduzione delle vibrazioni generate da un avvitatore pneumatico Ingersoll – Rand 3940 P2 Ti (peso 9.6 kg, coppia massima 3390 Nm, 800 impatti/minuto), illustrato in **Figura 9**.



**Figura 9:** Avvitatore Pneumatico IR 3940 P2 Ti

Lo studio è cominciato con la caratterizzazione delle vibrazioni generate dall'utensile nelle seguenti condizioni:

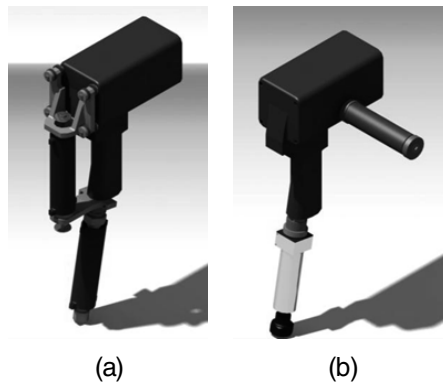
- a vuoto (sospeso mediante elastici, velocità di rotazione libera)

- sospeso in lavorazione (sospeso mediante elastici, avvitemento di un bullone bloccato, rotazione impedita da una molla a rigidità nota)
- in lavorazione (tenuto in posizione dal tester nelle reali condizioni di equilibrio)

Gli spettri della vibrazione sono stati acquisiti ed utilizzati per l'identificazione del generatore di vibrazione equivalente (secondo lo schema di **Figura 2**).

Sono stati poi progettati due diversi sistemi di riduzione delle vibrazioni, entrambi basati sull'applicazione di impugnature ausiliarie collegate al corpo utensile da elementi elastici-smorzanti opportunamente progettati. Il primo sistema antivibrante (**Figura 10 – a**) prevedeva due impugnature parallele poste sul dorso dell'utensile, mentre il secondo sistema (**Figura 10 – b**) era costituito da due impugnature perpendicolari, una posta in corrispondenza dell'attacco dell'aria compressa e una laterale.

Nel primo sistema il comando dell'aria compressa era costituito da un rinvio meccanico a leva, mentre nel secondo sistema l'azionamento è garantito da una servovalvola posta sull'impugnatura secondaria.

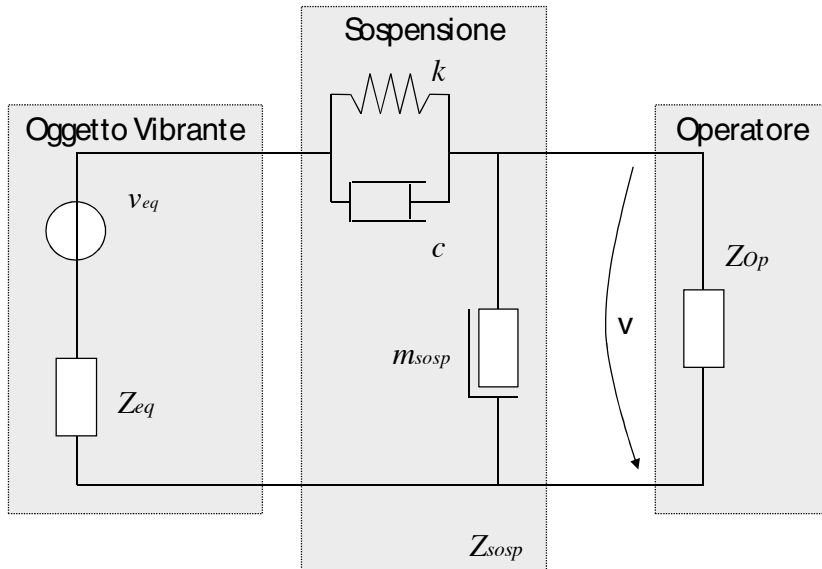


**Figura 10:** Sistemi antivibranti progettati per l'avvitatore pneumatico

In entrambi i casi sono stati progettati e realizzati degli elementi elastici-smorzanti mediante il metodo degli elementi finiti; i vincoli di progetto riguardavano:

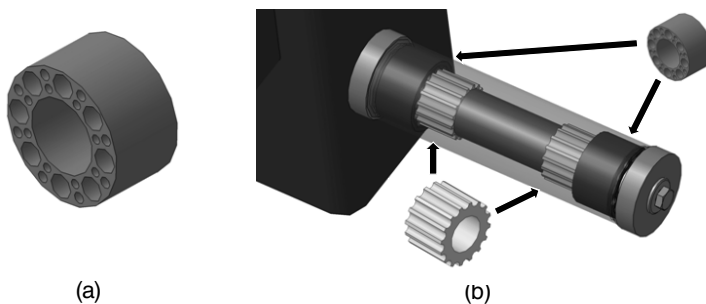
- massa dell'impugnatura minore di 1 kg (aumento complessivo di massa inferiore al 10%);
- un unico elemento con funzioni sia di elemento elastico che di smorzatore;
- tutti i materiali devono essere resistenti alla contaminazione di alcuni agenti chimici;
- deflessione statica dovuta al peso dell'utensile inferiore a 10 mm;
- attenuazione delle vibrazioni in tre direzioni per ciascuna impugnatura.

Vista la non trascurabilità della componente inerziale dell'impugnatura in alta frequenza, lo schema di **Figura 3** è stato modificato con l'inserimento di una componente inerziale (**Figura 11-a**). La rigidità e la massa di progetto sono state ottenute minimizzando l'espressione derivata da equazione (5).



**Figura 11:** Schema a parametri concentrati del sistema antivibrante per la maniglia.

Alla luce delle incertezze di modellazione del contatto gomma – impugnatura, si è optato per il disegno di supporti modulari con rigidità inferiore a quella di progetto (**Figura 12-a**) che consentivano di ottenere la cedevolezza voluta regolando il numero di elementi in parallelo. Oltre agli elementi smorzanti principali sono stati aggiunti dei finecorsa in gomma sia assiali sia radiali (**Figura 12-b**), che garantiscono un filtraggio meccanico (anche se non ottimale) delle vibrazioni nel caso di forze di spinta anomale da parte dell'operatore, che porterebbero fine corsa gli elementi della sospensione principale.



**Figura 12:** Elementi elastici-dissipativi (a) e loro posizionamento (b). La figura (b) indica anche il posizionamento dei finecorsa radiali (elementi chiari con superficie dentata) e dei finecorsa assiali.

Sono state realizzati i prototipi di entrambe le soluzioni; entrambi sono stati sottoposti oltre che ai test di caratterizzazione al giudizio degli utenti che hanno



scelto come più confortevole la soluzione (b), illustrata in **Figura 13**. La soluzione adottata ha permesso di ridurre il valore di accelerazione ponderata ( $a_v$  – ISO 5349) a  $5.4 \text{ m/s}^2$  sulla maniglia posteriore e  $8,2 \text{ m/s}^2$  sulla maniglia laterale (valori medi su un totale di 30 prove di avvitatura e svitatura effettuate da 3 soggetti diversi). I valori elevati vanno però confrontati con i dati originali riscontrati sull'impugnatura e sul tubo dell'aria di  $15.7$  e  $13.3 \text{ m/s}^2$  rispettivamente.



**Figura 13:** Aspetto finale dell'avvitatore con le due impugnature supplementari disaccoppiate meccanicamente dal corpo utensile.

## 5. CONCLUSIONI

Nel presente articolo sono stati illustrati sia i principi teorici su cui si basa la progettazione di un sistema di disaccoppiamento meccanico delle vibrazioni sia tre casi studio in cui il metodo è stato adottato con successo. In tutti i casi le vibrazioni sono state ridotte in quantità variabili tra il 19 e il 70 %; ciò ha consentito di ridurre l'esposizione dei lavoratori e quindi il rischio di patologie derivanti da vibrazioni.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- [1] International Organization for Standardization (ISO) 5349-1, 2, "Mechanical Vibration: Measurement and Evaluation of Human Exposure to Hand Transmitted Vibration", Maggio 2001
- [2] International Organization for Standardization (ISO) 2631-1
- [3] G. Moschioni, B. Saggini, M. Tarabini, E. Alberti: "Prediction of hand arm vibration exposure by tool characterization: A Case Study", 11th International Conference on Hand-Arm Vibration June 2007, Bologna, Italy
- [4] F. Fahy, J. Walker, Advanced Applications in Acoustics, Noise and Vibration, Spoon Press, London, 2004

- [5] R. Gurrum, S. Rakheja, G.J Gouw, "Mechanical impedance of the human hand-arm system subject to sinusoidal and stochastic excitations", *International Journal of Industrial Ergonomics* Vol: 16, Issue: 2, August, 1995
- [6] L. Burstrom , "The influence of biodynamic factors on the mechanical impedance of the hand and arm", *National Institute for Working Life, Elsevier science*, 1995;
- [7] International Organization for Standardization (ISO) 10068 Mechanical vibration and shock - Free, mechanical impedance of the human hand-arm system at the driving point, 1998
- [8] Y. Matsumoto M. J. Griffin Comparison of Biodynamic Responses in Standing and Seated Human Bodies, *Journal of Sound and Vibration*, 238 (4), 2000
- [9] N. J. Mansfield R. Lundström, The apparent mass of the human body exposed to non-orthogonal horizontal vibration, *Journal of Biomechanics* Volume 32, Issue 12, December 1999, Pages 1269-1278
- [10] A. Peretti, F. Bonomini, A. Pasqua di Bisceglie, M. Tarabini, G. Cappello, M. Forcolin, C. Campagnolo, F. Campello, C. Concini, G. Lorenzon, G. Orlando, "Vibrazioni trasmesse dai carrelli elevatori frontali", *Atti del convegno dell'associazione italiana degli igienisti industriali (AIDII)*, Siena, giugno 2008
- [11] A. Peretti, G. Moschioni, M. Tarabini, M. Baiamonte, F. Bonomini, M. Tonazzo, F. Pedrielli Reduction of Vibrations Produced by Small Pneumatic Hammers, *11th International Conference on Hand-Arm Vibration*. Bologna, Italy, June 2007



## **EFFICACIA E CERTIFICAZIONE DEI GUANTI ANTIVIBRANTI**

**Raoul Di Giovanni<sup>(1)</sup>, Federica Morgia<sup>(1)</sup>, Angelo Tirabasso<sup>(2)</sup>,  
Alessandro Lunghi<sup>(1)</sup>, Enrico Marchetti<sup>(1)</sup>**

(1) INAIL

(2) Università di Roma Tor Vergata, Dipartimento di Otorinolaringoiatria

### **1. INTRODUZIONE**

La protezione delle vibrazioni al sistema mano-braccio richiede che dopo la fase di valutazione sia disponibile la tecnologia adeguata per attenuare la vibrazione.

Data però la necessità di operare su utensili di dimensione ridotta, è necessario intervenire sugli attrezzi stessi. Oltre agli interventi di isolamento dei manici, l'unica ulteriore possibilità è usare dei guanti che smorzino le vibrazioni.

Il Comitato Tecnico CEN/TC 162 "Indumenti di protezione, compresa la protezione della mano o del braccio e giubbotti da salvataggio", ha così elaborato un metodo per la valutazione dell'efficacia smorzante dei guanti antivibranti.

La norma, denominata UNI EN ISO 10819:1998 prevede di sollecitare i guanti da provare con due distinti spettri di vibrazioni: lo spettro M (16 Hz – 400 Hz) e lo spettro H (10 Hz – 1600 Hz), con lo scopo di indagare, rispettivamente, il comportamento dei guanti alle alte frequenze e alle medie frequenze, dichiarando espressamente che nessun guanto è efficace alle frequenze inferiori ai 150 Hz.

Le due curve ( H e M) spaziano su un intervallo di frequenze molto ampio (da 16 Hz a 1600 Hz) che copre quasi tutto l'intervallo di frequenze di interesse per l'igiene del lavoro ( 6,3 Hz – 1250 Hz). Purtroppo la norma non si può ritenere del tutto rappresentativa nella descrizione del comportamento del guanto sul campo, in quanto non prende adeguatamente in considerazione l'intervallo delle basse frequenze.

Il presente lavoro è nato con lo scopo di confrontare alcune osservazioni effettuate su guanti antivibranti di recente realizzazione con la norma di certificazione dei guanti antivibranti soprattutto in relazione al fatto che dalla data di uscita (giugno 1998) ci sono state alcune innovazioni nella realizzazione dei guanti.

La norma infatti dichiara che nessun guanto è efficace in un certo intervallo di basse frequenze mentre, a dar credito ad alcune nostre osservazioni, questa affermazione non risulta più esatta.

*“Allo stato attuale delle conoscenze i guanti non forniscono una attenuazione significativa nella gamma di frequenza al di sotto di 150 Hz. Alcuni guanti possono provocare amplificazione in questa gamma di frequenza. Inoltre l'uso dei guanti può alterare la forza di prensione alterando a sua volta la trasmissione della vibrazione al braccio, aumentando così il rischio di danni.”*

In seguito ad alcune misure svolte in laboratorio con una catena di misura appositamente studiata è stato riscontrato un comportamento buono da parte di alcuni guanti alle basse frequenze. Il nostro obiettivo principale è stato quello di approfondire e sistematizzare questa osservazione realizzando una catena strumentale di laboratorio in grado di ridurre l'incertezza di misura ben al di sotto dei valori solitamente accettati in campo, al fine di confrontare le sollecitazioni della norma con quelle presenti con gli attrezzi di lavoro più comuni.

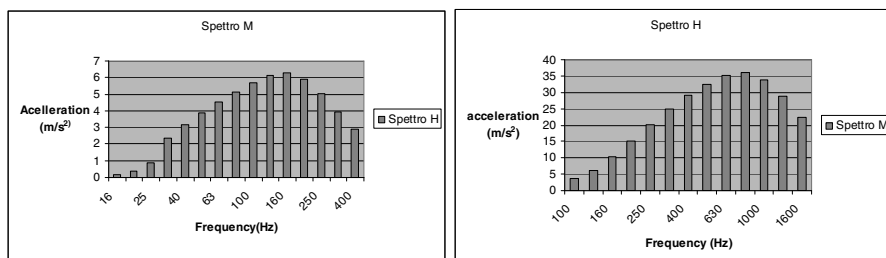
## 2. MATERIALI E METODI

Sono stati effettuati due tipi di test per valutare l'efficacia dei guanti antivibranti: le misure di certificazione secondo quanto prescritto dalla norma ISO 10819:1998 e prove su segnali provenienti da utensili misurati in campo.

Si è realizzata una catena di misura riproducibile procedendo come di seguito descritto.

### 2.1. PROVE DI CERTIFICAZIONE SECONDO LA UNI EN ISO 10819:1998

Le misure di certificazione dei guanti sono state effettuate prendendo come riferimento il metodo proposto dalla UNI EN ISO 10819 che prescrive di utilizzare due curve, chiamate spettro H e spettro M i cui andamenti sono riportati in **figura 1**.



**Figura 1:** Andamento in frequenza dello spettro M (a sinistra) e andamento in frequenza dello spettro H (a destra).

Tutte le misure di certificazione sono state effettuate su tre soggetti ripetendo la stessa misura due volte per ogni prova.

E' stata misurato il valore ottenuto tramite il rapporto tra accelerazione ponderata in frequenza misurata al palmo della mano e accelerazione misurata sulla maniglia

$$Tr_{sb} = a_{wsPb} / a_{wsRb}$$

dove :

- $a_{wsPb}$  = valore efficace di accelerazione ponderata in frequenza per lo spettro di vibrazione H o M calcolata sulla mano nuda
- $a_{wsRb}$  = valore efficace di accelerazione ponderata in frequenza per lo spettro di vibrazione H o M calcolata sulla maniglia tramite l'utilizzo di guanto

Successivamente è stato calcolato il valore  $Tr_{sg}$  utilizzando la stessa procedura con la mano guantata.

$$Tr_{sg} = a_{wsPg} / a_{wsRg}$$

dove :

- $a_{wsPg}$  = valore efficace di accelerazione ponderata in frequenza per lo spettro di vibrazione H o M calcolata sulla mano guantata
- $a_{wsRb}$  = valore efficace di accelerazione ponderata in frequenza per lo spettro di vibrazione H o M calcolata sulla maniglia tramite l'utilizzo di guanto

Con questi due valori è stato possibile calcolare la trasmissibilità corretta ottenuta dal rapporto tra i due valori di trasmissibilità

$$Tr_s = Tr_{sg} / Tr_{sb}$$

Per ottenere la certificazione del guanto i valori devono rispettare i seguenti valori limite :

$$Tr_H < 0,6$$

$$Tr_M < 1$$

Per valutare la trasmissibilità dei guanti in condizioni più simili a quelle riscontrate in attività lavorative reali si sono prese delle misure eseguite in campo, in condizioni realistiche di lavoro per un tempo di misura molto lungo. In questo modo si è resa la media dei valori elaborati significativa statisticamente.

## 2.2. PROVE SU UTENSILI

Si è scelto di riprodurre in laboratorio segnali provenienti da utensili misurati su campo in modo da garantire la stessa sollecitazione per tutti i guanti testati. La scelta degli utensili è stata fatta in modo da averne uno con una componente vibratoria consistente per ogni fascia di frequenza: bassa (6 – 160 Hz), media (160 – 600 Hz) ed alta (600 – 1600 Hz). Questi sono, rispettivamente, il martello pneumatico, il trapano e la smerigliatrice.

Gli utensili replicati con lo shaker e riportati in figura 2 sono:

- trapano Makita
- smerigliatrice Metabo SRE 357
- martello pneumatico Tex 32



**Figura 2:** Da sinistra a destra sono raffigurati gli utensili misurati su campo e cioè un trapano Makita, una levigatrice Metabo ed un martello pneumatico TEX 32.

Le misure sul campo sono state effettuate con una catena di misura costituita da un accelerometro triassiale PCB SEN 026 (Depew, New York, USA) e da un analizzatore a 32 canali OROS OR 38 (Grenoble, Francia).

In post-elaborazione il segnale lungo Z è stato trasformato in un file di tipo *.fdr* (*field replication data*) dal *software* del controllore dello shaker. Questo file gestisce l'emissione *random* di sollecitazione vibratoria avente lo spettro definito dal file di origine.

Il valore di accelerazione misurato è stato, pertanto, riprodotto dal controllore Vibration Research (Jenison, USA) dello Shaker RMS SW 1508/1 (Reinbek, Germania) dotato di un accelerometro di chiusura del ciclo posizionato sul corpo del generatore di vibrazioni in maniera tale di poter verificare ad ogni istante il segnale riprodotto.

Il controllore dello shaker può riprodurre i file con un'accuratezza elevata (0,5 dB per ciascuna banda di frequenza), tanto da rendere trascurabile l'errore di riproducibilità del segnale di sollecitazione rispetto all'errore di misura della catena strumentale, pur essendo questo segnale uno spettro vibratorio tipico degli attrezzi impiegati sul campo (**Figura 2**).

Anche nel caso della riproduzione dei segnali provenienti dal campo è stato adottato il metodo di calcolo della trasmissibilità proposto dalla norma UNI EN ISO 10819:1998.

Le misure hanno preso in considerazione 5 guanti di una ditta italiana realizzati per attenuare le vibrazioni indicati con le lettere da A ad E. Su ciascun guanto sono state fatte due serie di misure: secondo la norma tecnica UNI EN ISO 10819 (prove di certificazione) e secondo un protocollo operativamente uguale, ma che invece della curva M e H adotta le tre sollecitazioni derivate dal campo (prove su utensili).

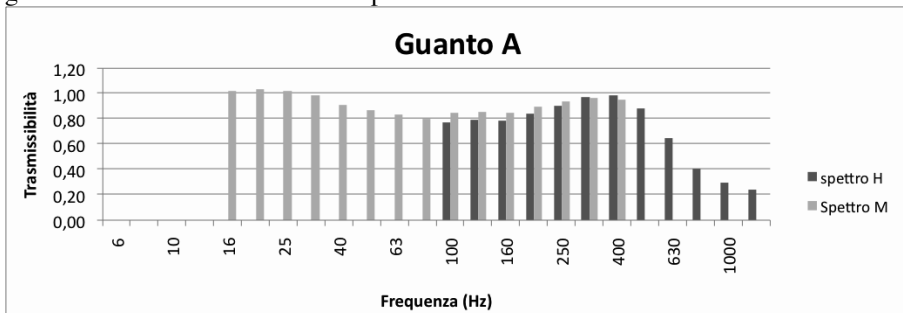
### 3. RISULTATI

I valori di trasmissibilità globale ottenuti per i cinque tipi di guanti nelle prove di certificazione svolte in laboratorio sono riportati in **Tabella 1**

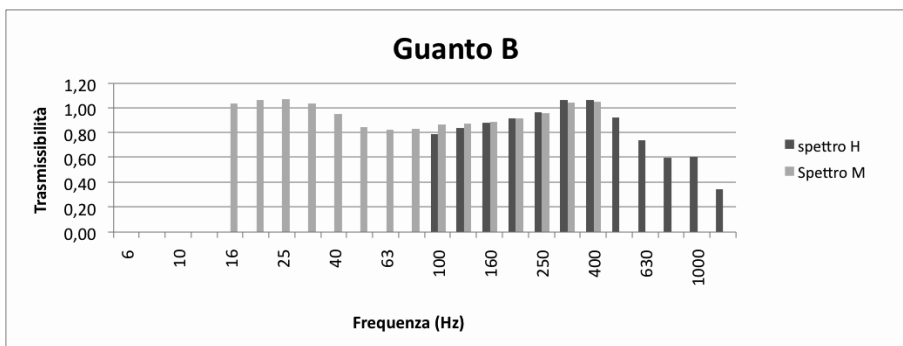
**Tabella 1:** valori globali di trasmissibilità per i cinque tipi di guanti nelle prove di certificazione

Modello	Valori $Tr_{sg}$	
	Spettro H	Spettro M
Guanto A	0,54 ± 0,03	0,91 ± 0,06
Guanto B	0,60 ± 0,04	0,96 ± 0,05
Guanto C	0,65 ± 0,07	0,95 ± 0,03
Guanto D	0,59 ± 0,06	0,88 ± 0,05
Guanto E	0,51 ± 0,07	0,92 ± 0,06

Di seguito (**Figure da 3 a 7**) sono riportati i grafici dell'andamento in frequenza dei guanti sollecitati con le due curve prescritte dalla norma.

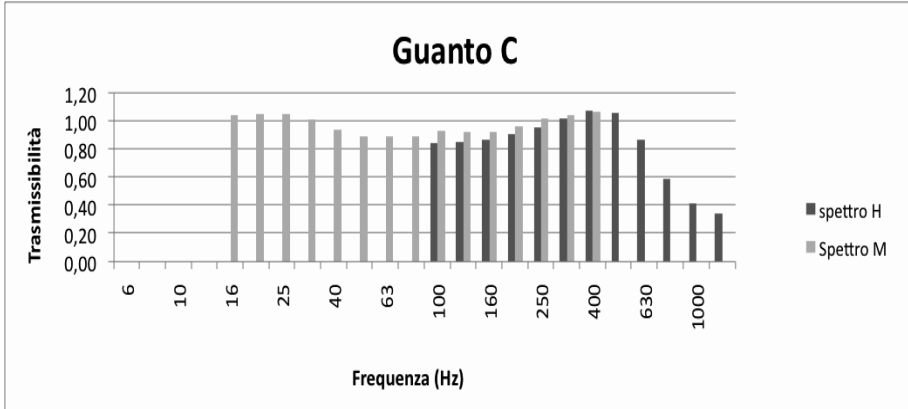


**Figura 3:** Andamento in frequenza del guanto A sollecitato con gli spettri H e M

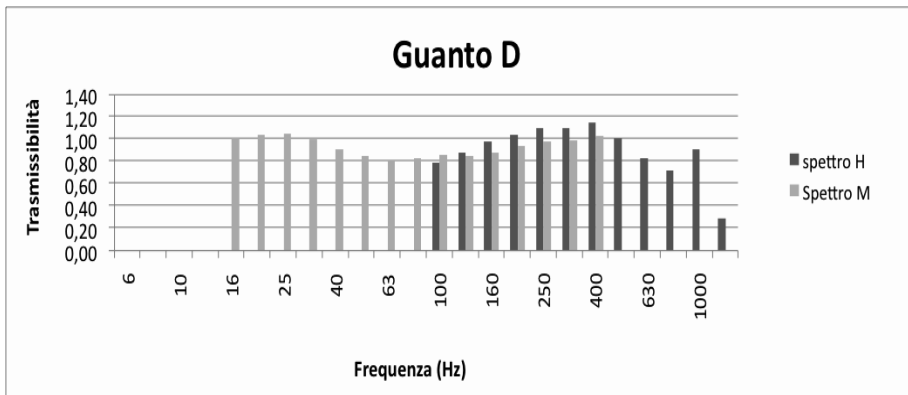


**Figura 4:** Andamento in frequenza del guanto B sollecitato con gli spettri H e M

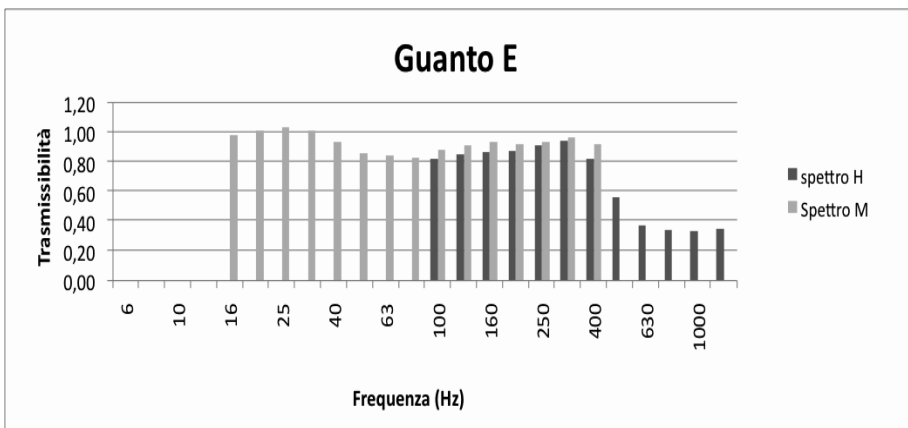




**Figura 5:** Andamento in frequenza del quanto C sollecitato con gli spettri H e M



**Figura 6:** Andamento in frequenza del quanto D sollecitato con gli spettri H e M

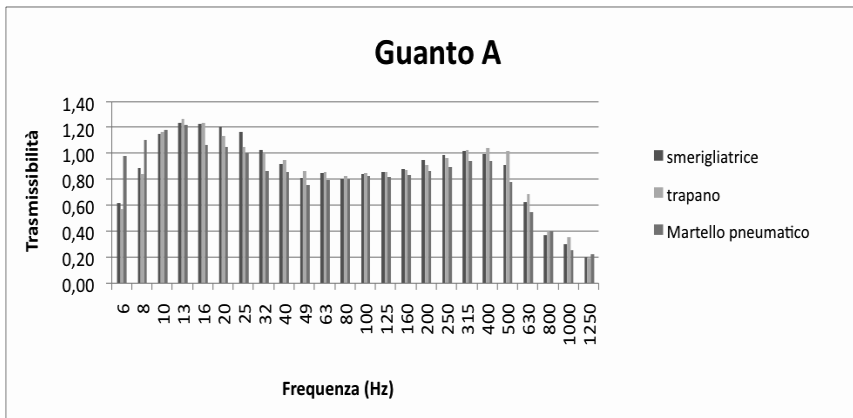


**Figura 7:** Andamento in frequenza del quanto E sollecitato con gli spettri H e M

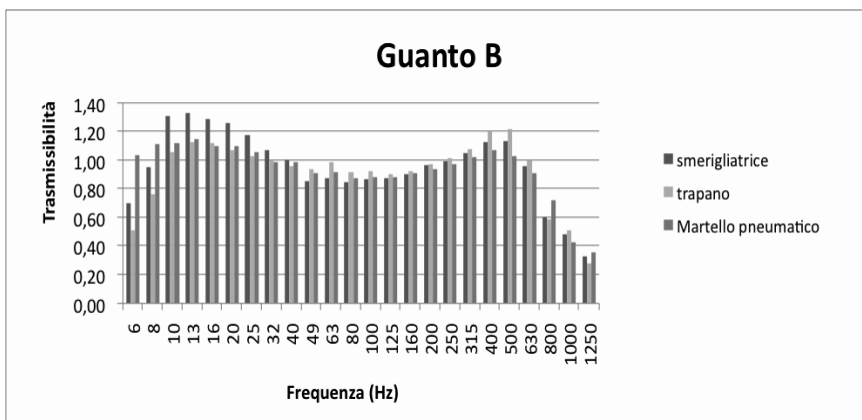
I valori globali di trasmissibilità ottenuti per i cinque tipi di guanti nelle misure svolte con i tre utensili sono riportati in **Tabella 2**

**Tabella 2:** Valori globali di trasmissibilità nelle prove di simulazione sul campo per i cinque tipi di guanti.

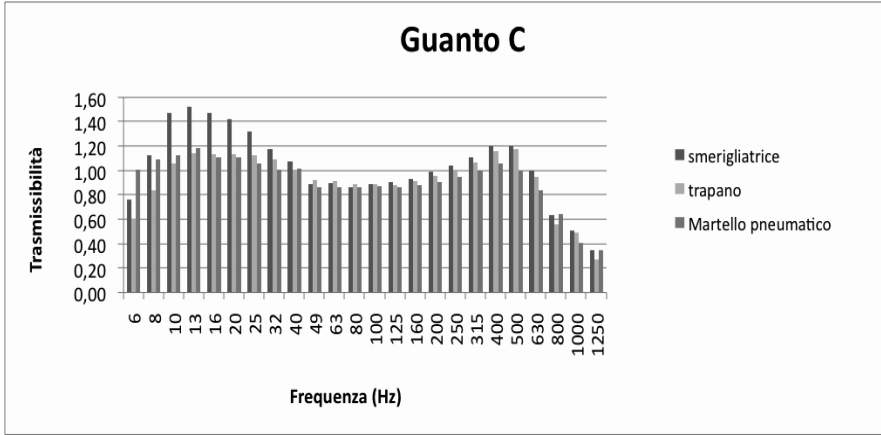
Modello	Valori $Tr_{sg}$		
	Martello pneumatico	Trapano	Smerigliatrice
Guanto A	0,85	0,83	0,93
Guanto B	0,93	0,86	1,01
Guanto C	0,92	0,87	1,09
Guanto D	0,87	0,87	1,03
Guanto E	0,64	0,78	0,92



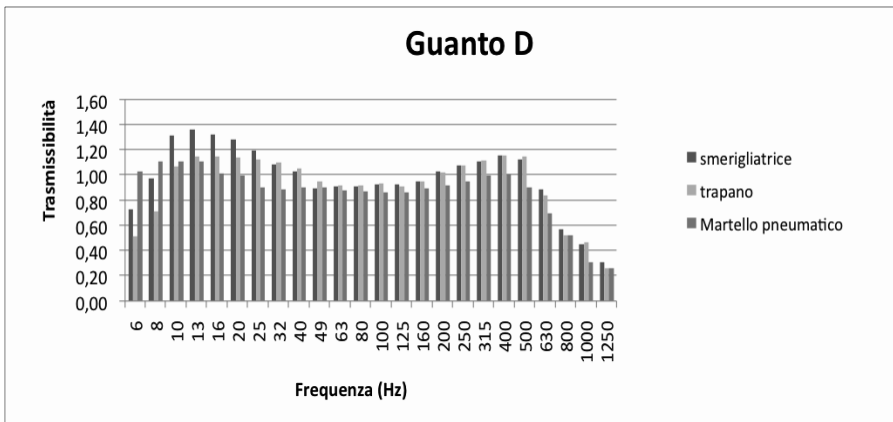
**Figura 8:** Andamento in frequenza del guanto A sollecitato con i segnali provenienti dai 3 strumenti



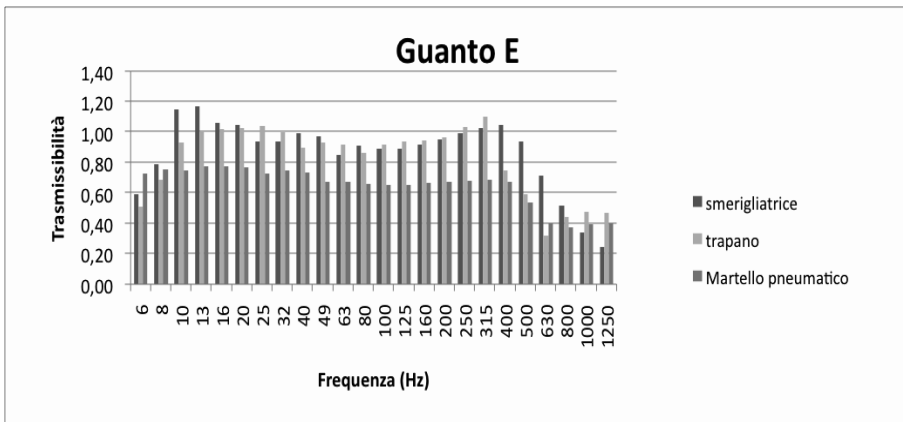
**Figura 9:** Andamento in frequenza del guanto B sollecitato con i segnali provenienti dai 3 strumenti



**Figura 10:** Andamento in frequenza del guanto C sollecitato con i segnali provenienti dai 3 strumenti



**Figura 11:** Andamento in frequenza del guanto D sollecitato con i segnali provenienti dai 3 strumenti



**Figura 12:** Andamento in frequenza del guanto A sollecitato con i segnali provenienti dai 3 strumenti

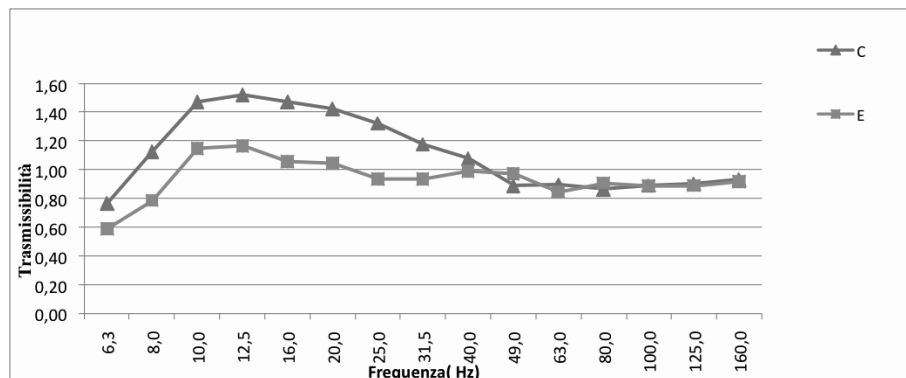
#### 4. DISCUSSIONE

Dalla **Tabella 1** (laboratorio) risulta che tutti i guanti rispettano il valore limite di 0,6 per lo spettro H e 1 per lo spettro M, rendendoli così suscettibili di superare le prove vibratorie sperimentali di certificazione.

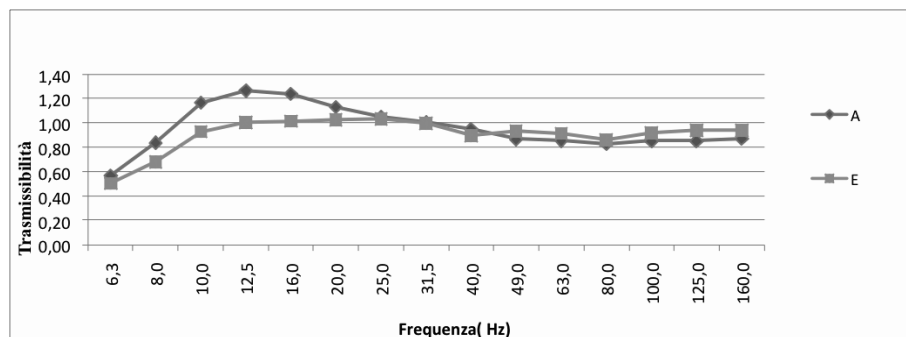
Per quanto riguarda invece il comportamento con i segnali provenienti dai tre utensili anche in questo caso i guanti sono abbastanza performanti, il valore di trasmissibilità è sempre al di sotto dell'unità fatta eccezione per tre guanti (B, C e D) in corrispondenza del segnale della smerigliatrice. Questo dato conferma quanto trovato sollecitando gli stessi guanti con la curva H nelle prove di certificazione (**Figure 4, 5 e 6**). D'altro canto il fatto che, con il segnale della smerigliatrice, i guanti A ed E abbiano valori di trasmissibilità minore di uno è consistente con quanto rilevato nelle prove di certificazione.

Non va sottovalutato, inoltre, come in corrispondenza della fascia delle basse frequenze i guanti hanno riscontrato un buon comportamento. Nelle **Figure da 8 a 12** è riportato l'andamento in frequenza (bande di terzi d'ottava) per quanto riguarda il comportamento su campo.

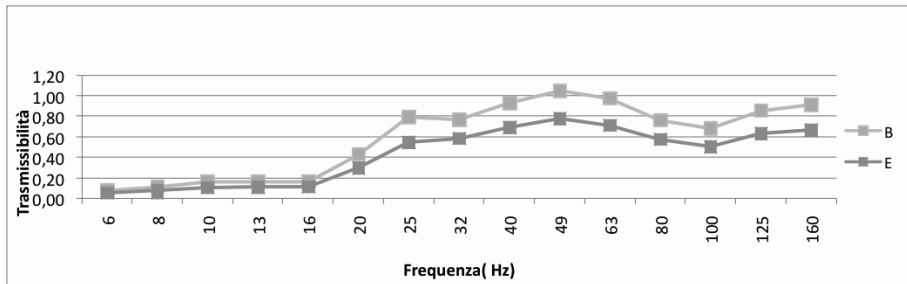
Di seguito sono riportati i grafici dell'andamento in questo intervallo di frequenza prendendo come riferimento il caso peggiore e il caso migliore (**Figure 13, 14 e 15**).



**Figura 13:** Andamento dei guanti C ed E alle basse frequenze con il segnale della smerigliatrice

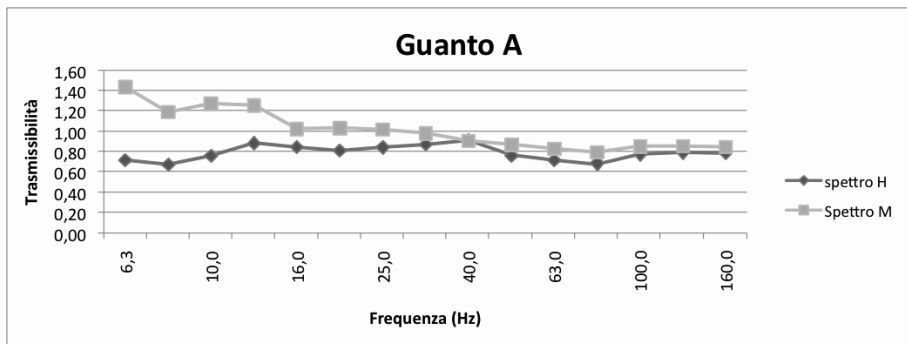


**Figura 14:** Andamento dei guanti A ed E alle basse frequenze con il segnale del trapano

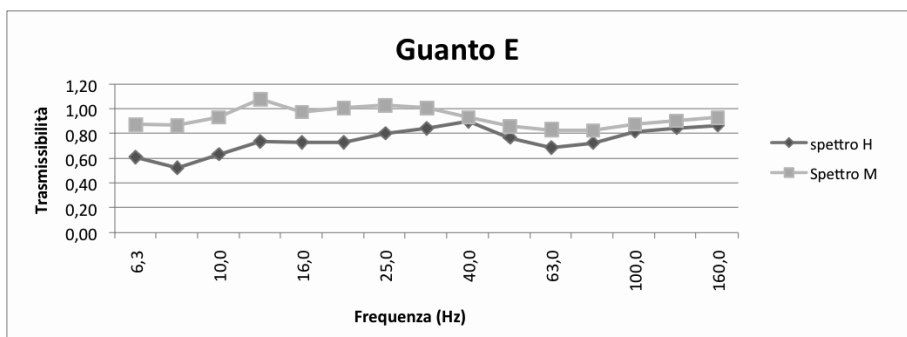


**Figura 15;** Andamento dei guanti B ed E alle basse frequenze con il segnale del trapano.

Come si evince dai grafici il guanto E mantiene sempre con tutti e tre gli utensili il comportamento migliore raggiungendo un valore massimo di trasmissibilità pari a 1,2 mentre gli altri due guanti, ovvero B e C, arrivano a toccare il valore massimo di 1,6.



**Figura 16:** Andamento del guanto A alle basse frequenze sollecitato con gli spettri H e M.



**Figura 17:** Andamento del guanto E alle basse frequenze sollecitato con gli spettri H e M.

Anche per quanto riguarda i segnali di certificazione sono stati presi in considerazione il caso migliore e il caso peggiore. Dai grafici (**Figure 16 e 17**) possiamo osservare che in questo caso per diverse bande di terzi d'ottava il valore di

trasmissibilità raggiunge un valore massimo di 1,4 mentre il guanto E supera di poco l'unità, nonostante ciò il loro comportamento risulta migliore di tanti guanti presi in considerazione nel corso di prove effettuate negli anni passati [3], [4], [5] e [6].

## 5. CONCLUSIONI

La lettura dei grafici nei risultati, e delle relative coincidenze e discrepanze tra certificazione e campo, porta a riconoscere un comportamento interessante, da parte di alcuni guanti, per la maggior parte dell'intervallo di frequenze che vanno da 6,3 a 150 Hz, rendendo così di fatto l'affermazione della norma sulle frequenze di attenuazione non più generale. Nonostante la norma dica che alle frequenze inferiori a 150 Hz nessun guanto avrà un buon comportamento, in seguito a questa campagna di misure possiamo affermare che vi sono dei guanti che sembrano efficaci nell'attenuazione delle basse frequenze. Questa affermazione deve essere letta in relazione con quanto affermato da Griffin [7] sulla riduzione dell'attenuazione dei guanti se misurati applicando la ponderazione della UNI EN ISO 5349-1 [2]. Griffin infatti mette in evidenza come la ponderazione penalizza la misura della trasmissibilità, soprattutto per quegli utensili che hanno una componente dominante alle basse frequenze. Per quegli utensili che hanno, invece, una componente dominante alle alte frequenze tale riduzione è meno rilevante. Questo è, quindi, evidente nelle misure più realistiche fatte con utensili sul campo. E questo è in sostanziale accordo con quanto da noi trovato nel presente lavoro.

Griffin mette anche in evidenza come i due spettri di sollecitazione M ed H siano profondamente diversi dalla maggior parte degli spettri di vibrazioni degli utensili impiegati sul campo. Questo fatto è evidentemente verificato anche dal nostro lavoro, in cui si può vedere come tale differenza sia non solo presente nello spettro di frequenze, ma anche nell'intensità dell'accelerazione presente nelle singole bande di frequenza. Pertanto facciamo nostro il suggerimento proposto originalmente da Griffin di modificare la norma nel senso di usare un doppio metodo: di accettare la certificazione del guanto se la trasmissibilità senza ponderazione riduce effettivamente le vibrazioni e se la trasmissibilità con ponderazione non è maggiore dell'unità.

La lettura della norma tecnica evidenzia inoltre la necessità di realizzare i guanti antivibranti con un unico materiale sia sul palmo che sulle dita “ *il materiale presente sul palmo e sulle dita deve essere lo stesso*” nonostante non dia alcuna indicazione circa la misura della trasmissibilità alle dita della mano, che sono il tessuto più a rischio di danno da vibrazioni dell'intero corpo umano. Questo, ovviamente, dipende dalla difficoltà tecnica di misurare l'accelerazione sulla punta delle dita internamente al guanto. Possono esistere casi in cui l'entità delle vibrazioni a contatto con il palmo della mano sia differente rispetto quelle a contatto con le dita ma questo aspetto non viene preso assolutamente in considerazione: “*La misurazione si effettua al palmo della mano e pertanto non indica la trasmissione della vibrazione alle dita*”. Questo aspetto critico, già messo in luce da Griffin [7], viene ulteriormente sottolineato anche dal lavoro di Dong [8]. Per quanto riguarda i nostri dati si pone in relazione col fatto che diverse intensità dell'accelerazione per banda di frequenza portano ad una diversa trasmissibilità della banda stessa, come si

può notare dal confronto tra i grafici da 3 in poi. Questo dipende dal fatto che la potenza assorbita, e quindi la trasmissibilità, non è lineare con l'energia che la sollecita. Pertanto le curve M ed H hanno dei valori troppo bassi di accelerazione per le singole bande in confronto ai normali valori sul campo, come già osservato da Griffin. Questo aspetto spiega, però, per quale motivo i guanti hanno una resa diversa nelle prove sul campo e in quelle in laboratorio.

Una sostanziale revisione della norma UNI EN ISO 10819 si rende ormai necessaria, dato il fatto che le difficoltà tecniche che ne limitavano le potenzialità sono in gran parte venute meno grazie allo sviluppo della ricerca avvenuto nel corso dell'ultimo decennio.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- [1] UNI EN ISO 10819:1998, *Vibrazioni al sistema mano-braccio Metodo per la misurazione e la valutazione della trasmissibilità delle vibrazioni dai guanti al palmo della mano*, UNI, Milano, 1998.
- [2] UNI EN ISO 5349-1:2004 “*Vibrazioni meccaniche. Misurazione e valutazione dell'esposizione dell'uomo alle vibrazioni trasmesse alla mano – Parte 1: Requisiti generali*”.
- [3] Nataletti P., Lunghi A., Pieroni A., Marchetti E., *Dispositivi di protezione individuali delle mani: disponibilità commerciale, certificazione efficacia*, Atti dBA 2004, Modena, 95 - 106.
- [4] Nataletti P., *Stato attuale della certificazione in materia di guanti anti- vibranti*, Atti del convegno DPI2000, Modena, 251 - 256.
- [5] Pinto I. e Stacchini N., *Criteri di valutazione, scelta dei guanti anti- branti e livelli di protezione attesi*, Atti del convegno DPI2000, Modena, 257 - 264.
- [6] Pinto I. e Stacchini N., *La riduzione dell'esposizione a vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio nelle lavorazioni forestali*, Atti del convegno Lavoro in foresta e salute, Trento, 2002, 123 - 131.
- [7] Griffin M.J., *Evaluating the effectiveness of gloves in reducing the hazards of hand-transmitted vibration*, Occup. Environ. Med., 1998; 55: 340 - 348.
- [8] Dong R.G., McDowell T.W., Welcome D.E., Warren C., Wu J.Z., Rakheja S., *Analysis of anti-vibration gloves mechanism and evaluation methods*, J. Sound and Vib., 321 (2009) 435 – 453.

## **EFFICIENZA DI SMORZAMENTO DEI CUSCINI PER SEDILI DI TRATTORI AGRICOLI**

**Angelo Tirabasso<sup>(2)</sup>, Federica Morgia<sup>(1)</sup>, Alessandro Lunghi<sup>(1)</sup>, Raoul Di Giovanni<sup>(1)</sup>, Andrea Catarinozzi<sup>(1)</sup>, Pietro Nataletti<sup>(1)</sup>, Aldo Pieroni<sup>(1)</sup>, Enrico Marchetti<sup>(1)</sup>**

(1) INAIL

(2) Università di Roma Tor Vergata, Dipartimento di Otorinolaringoiatria

### **RIASSUNTO**

La vita lavorativa dei trattori agricoli è molto lunga e supera la vita dei loro sedili. Questo implica, oltre al possibile cambio del sedile, il fatto che ci siano ancora in attività trattori con sedili rigidi. Per attenuare le vibrazioni su tali sedili non vi è altro metodo che dei cuscini. La trasmissibilità di tali cuscini viene qui valutata insieme ad altre considerazioni ergonomiche. La ricerca prevede di valutare la trasmissibilità di tre cuscini su tre trattori: due recenti e gommati e tre cingolati di oltre quarant'anni di vita lavorativa. Per realizzare tali misure sono stati posizionati tre accelerometri triassiali, uno sulla scocca, uno sotto il cuscino ed uno sopra il cuscino (direttamente a contatto con il conducente). I due guidatori dei trattori sono esperti e di conformazione fisica differente. Si è cercato di riprodurre, per quanto possibile, sempre lo stesso percorso.

La trasmissibilità dei cuscini con trattori nuovi indica uno scarso vantaggio in termini di esposizione del guidatore. Invece per i vecchi trattori agricoli tale vantaggio è ben evidente. Inoltre l'alterazione dell'ergonomia, sui nuovi trattori, è fatale per una corretta posizione di guida.

### **1. INTRODUZIONE**

L'esposizione occupazionale ad elevati livelli di vibrazioni trasmesse a tutto il corpo da macchine e/o veicoli agricoli è associata ad un aumentato rischio di insorgenza di disturbi e lesioni a carico del rachide lombare. Indagini di tipo trasversale e longitudinale hanno fornito una sufficiente evidenza epidemiologica per una relazione causale tra esposizione professionale a vibrazioni trasmesse a tutto il corpo e patologia del rachide lombare [1, 2, 6]. Nel caso dei veicoli agricoli, inoltre, alcuni recenti studi hanno confermato che i livelli più alti di vibrazioni rilevati a livello dei sedili si manifestano all'interno dell'intervallo di frequenza (1-10 Hz) che comprende le risonanze caratteristiche della maggior parte degli organi interni al corpo umano [3, 4]



L'esposizione a vibrazioni trasmesse a tutto il corpo, oltre a risultare nociva per i conducenti dei veicoli, può anche semplicemente causare una diminuzione delle prestazioni lavorative.

Nel caso di vibrazioni prodotte da veicoli, per poter valutare correttamente il rischio da esposizione a vibrazioni trasmesse al corpo intero, è necessario acquisire, tra le altre, informazioni sui fattori che possono influenzare maggiormente l'esposizione a vibrazioni ed incrementarne i potenziali effetti dannosi. Tali informazioni sono ad esempio la velocità di avanzamento del veicolo, la caratterizzazione del terreno, lo stato di manutenzione del veicolo, la tipologia di sedile, la vetustà del macchinario e le posture assunte dal guidatore durante la guida, eventualmente condizionate dal sedile stesso e dall'ergonomia del posto di guida.

Nonostante negli ultimi anni siano stati fatti notevoli passi avanti in termini di ergonomia del conducente, esistono veicoli (come ad esempio alcune macchine agricole) la cui vita lavorativa è talmente lunga che ancora oggi è possibile trovarne molte in servizio attivo funzione. I sedili di tali veicoli sono tutt'altro che ergonomici, risultando spesso un tutt'uno col telaio e privi quindi di alcun elemento smorzante. Per ottimizzare l'ergonomia e minimizzare la trasmissione di vibrazioni al conducente in questo genere di veicoli l'unico intervento possibile è quello di interporre tra sedile e conducente dispositivi smorzanti come i cuscini. La sostituzione dei vecchi sedili con quelli a norma attualmente in commercio, infatti, risulta impossibile a causa dell'incompatibilità degli spazi per gli attacchi.

Nel presente lavoro si è voluto valutare l'efficacia dell'isolamento dalle vibrazioni di cuscini posti sui sedili e la variazione ergonomica che gli stessi cuscini apportano.

## 2. MATERIALI E METODI

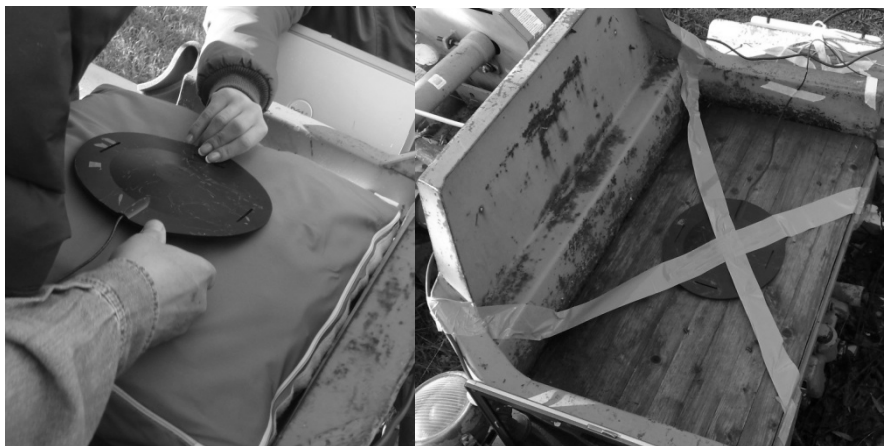
Gli esperimenti sono stati eseguiti su tre cuscini (nominati per semplicità C1, C2 e C3) di diverso spessore e concezione posizionati a turno sui sedili dei trattori. Le caratteristiche dei cuscini sono riportate in **Tabella 1**.

I trattori utilizzati sono stati cinque: tre trattori cingolati degli anni '70 e due trattori gommati più recenti (uno immatricolato nel del 2005 e l'altro nel 2008). Alla loro guida si sono alternati due conducenti esperti e di caratteristiche fisiche differenti. Entrambi i conducenti hanno guidato i veicoli sulla medesima pista di prova e nelle stesse identiche condizioni operative.

**Tabella 1:** Caratteristiche dei cuscini C1, C2 e C3 analizzati.

	STRATO DI POLIMERO ESPANSO	PRESENZA DI CAMERA D'ARIA
C1	Singolo	Sì (160 mmHg)
C2	Doppio	No
C3	Singolo	No

Per poter valutare la trasmissione delle vibrazioni al conducente sono stati installati in ciascun trattore tre accelerometri triassiali (PCB) per l'acquisizione delle vibrazioni sul pianale, sotto il cuscino e sopra al cuscino. La **Figura 1** mostra il posizionamento degli accelerometri triassiali con gli appositi adattatori sopra e sotto il cuscino in un trattore cingolato.



**Figura 1:** Posizionamento sopra al cuscino dell'accelerometro (foto a sinistra); posizionamento dell'accelerometro direttamente sul sedile (foto a destra).

L'analisi dell'accelerazione è stata condotta per gli intervalli di frequenza da 0,5 a 80 Hz, così come indicato dalla norma tecnica UNI ISO 2631-1 [7].

I segnali sono stati registrati utilizzando l'analizzatore a 32 canali Or38 (Oros, Grenoble, Francia).

Le accelerazioni misurate sono state analizzate in bande di 1/3 di ottava ed è stata loro applicata la ponderazione in frequenza, utilizzando i filtri definiti nella norma UNI ISO 2631-1 per la valutazioni degli indicatori di rischio.

Le curve di ponderazione utilizzate sono state  $W_d$  per gli assi  $x$  ed  $y$ , e  $W_k$  per l'asse  $z$ .

La trasmissibilità  $T$  è stata calcolata come il rapporto:

$$T = \frac{a_{wC}}{a_{wS}}$$

dove  $a_{wC}$  e  $a_{wS}$  sono i valori r.m.s. delle accelerazioni misurate rispettivamente sul cuscino e sulla seduta.

I valori  $a_w$  sono stati calcolati secondo la norma UNI ISO 2631:

$$a_w = \max\left\{\left|k_x a_{wx}\right| \left|k_y a_{wy}\right| \left|k_z a_{wz}\right|\right\}$$

dove  $a_{wx}$  rappresenta il valore quadratico medio dell'accelerazione lungo l'asse  $x$  ponderata con il filtro  $W_d$ ,  $a_{wy}$  rappresenta il valore quadratico medio dell'accelerazione lungo l'asse  $y$  ponderata con il filtro  $W_d$ ,  $a_{wz}$  rappresenta il valore

quadratico medio dell'accelerazione lungo l'asse  $z$  ponderata con il filtro  $W_k$ , mentre  $k_x$ ,  $k_y$  e  $k_z$  sono coefficienti indicati nella sopracitata norma tecnica che valgono rispettivamente 1.4, 1.4 e 1.0 per gli assi  $x$ ,  $y$  e  $z$ .

Oltre all'acquisizione dei dati accelerometrici per l'analisi della trasmissibilità, è stata studiata anche quella parte dell'ergonomia della seduta che attiene alla guida del veicolo. Questo è stato fatto integrando ai dati oggettivi di pressione, acquisiti tramite sensori capacitivi posti sul cuscino e sul pedale del freno, con i giudizi soggettivi dei conducenti. Non è stato possibile predisporre i medesimi sensori sullo schienale dei sedili, in quanto i trattori cingolati ne erano sprovvisti.

Il sistema utilizzato è stato il Pedar della Novel (Novel, Monaco di Baviera, Germania) che misura la distribuzione locale della pressione. Tale sistema è composto da sensori capacitivi disposti a matrice su un foglio sottile di gomma flessibile in grado di adattarsi bene alla superficie sulla quale viene disposto. Tali sensori sono connessi tramite fibra ottica ad un sincronizzatore ed un trasmettitore che invia i dati ad un PC.

Posizionando contemporaneamente i tappetini Novel sopra al cuscino e sopra al pedale del freno (come in **Figura 2**) si possono avere informazioni sulla distribuzione delle pressioni, e quindi delle forze, durante la frenata.

Da questi dati è possibile risalire alla variazione dell'ergonomia della seduta. Infatti una disposizione dei pedali di guida che sia ergonomica richiede che non ci sia variazione della posizione di seduta per effetto della manovra dei comandi.

La variazione di seduta è rilevabile tramite la variazione di pressione sul sedile, cui deve corrispondere, attraverso il calcolo del momento della forza, la variazione della pressione sul pedale di guida.

Inoltre, al termine di ogni percorso è stato chiesto un giudizio soggettivo al conducente sulla "comodità" della seduta con il particolare cuscino appena utilizzato. La valutazione sulla comodità poteva andare da "scarsa" a "buona", passando per "discreta".



**Figura 2:** Posizionamento dei sensori capacitivi sul sedile di un trattore gommato (foto a sinistra); posizionamento dei sensori capacitivi sul pedale del freno (foto a destra).

### 3. RISULTATI

Per i nuovi trattori i risultati mostrano uno scarso smorzamento dei cuscini; per di più, tale smorzamento non si mantiene costante ma presenta una significativa dipendenza dalla frequenza, come è ovvio che sia.

I valori globali (per entrambi i conducenti) della trasmissibilità sono riportati nella **Tabella 2** in cui i risultati sono esposti come media  $\pm$  deviazione standard, calcolata a partire dalle tre diverse ripetizioni di ogni singola misura.

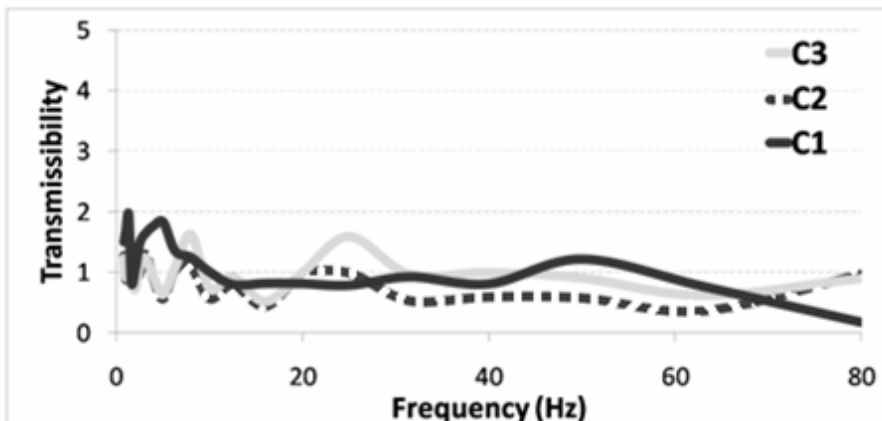
Nel caso dei trattori cingolati i cuscini hanno dato generalmente risultati migliori, con valori medi della trasmissibilità inferiori ad 1.

**Tabella 2:** Valori di trasmissibilità dei cuscini per le due tipologie di trattore

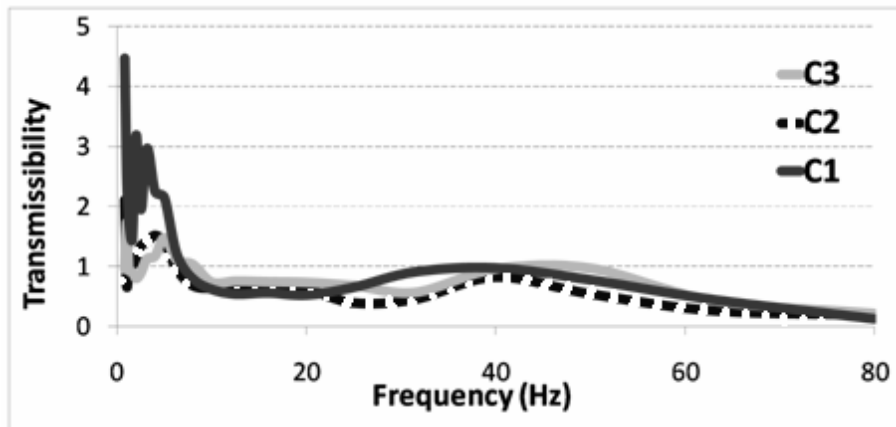
	CINGOLATI	GOMMATI
<b>C1</b>	0.71 $\pm$ 0.03	1.24 $\pm$ 0.15
<b>C2</b>	0.69 $\pm$ 0.07	1.06 $\pm$ 0.03
<b>C3</b>	0.77 $\pm$ 0.05	1.09 $\pm$ 0.04

La differenza tra i valori globali riflette il differente comportamento in frequenza dei cuscini su trattori di diversa concezione.

L'analisi delle trasmissibilità in bande di 1/3 ottava dei cuscini sui trattori vecchi e su quelli recenti è riportata rispettivamente nelle **Figure 3 e 4**.



**Figura 3:** Andamento della trasmissibilità dei cuscini C1, C2 e C3 sui trattori agricoli cingolati.



**Figura 4:** Andamento della trasmissibilità dei cuscini C1, C2 e C3 sui trattori di recente fabbricazione.

Lo studio delle pressioni registrate sui sensori capacitivi Novel è stata correlata con le modificazioni in termini di comodità che i cuscini apportano alla seduta. In particolare, in **Tabella 3** è stata relazionata la variazione della pressione sul cuscino durante la frenata ai giudizi dei conducenti sulla comodità della seduta per ciascun trattore e ciascun cuscino.

**Tabella 3:** Relazione tra giudizio soggettivo della comodità dei cuscini e variazione della pressione sui diversi cuscini durante la frenata nei vari trattori.

		GIUDIZIO COMODITÀ		PRESSIONE SUL CUSCINO
		CUSCINI	Conducente 1	
GOMMATI	C1	scarso	scarso	- 60%
	C2	discreto	discreto	- 56%
	C3	discreto	scarso	- 62%
CINGOLATI	C1	scarso	discreto	- 12%
	C2	buono	buono	- 10%
	C3	discreto	discreto	- 9%

I dati nell'ultima colonna della tabella sopra riportata rappresentano il rapporto tra le variazioni delle pressioni misurate sul cuscino prima e durante la frenata e le pressioni misurate sul pedale del freno, calcolato durante la frenata:

$$\frac{P_{\text{cuscino-post}} - P_{\text{cuscino-pre}}}{P_{\text{freno}}} \Big|_{t=t(\text{frenata})}$$

dove tutte le pressioni sono state mediate a partire da quelle misurate per entrambi i conducenti.

L'andamento della pressione sul sedile infatti è funzione sia dell'intensità della frenata (e quindi della pressione sul pedale del freno), sia dell'istante temporale in cui la pressione sul pedale viene esercitata (istante di frenata).

#### 4. DISCUSSIONE

Nei trattori di recente progettazione l'ergonomia della seduta è sviluppata unitamente alla capacità della stessa di produrre un adeguato smorzamento delle vibrazioni trasmesse al conducente. L'apposizione di elementi sui nuovi sedili, anche smorzanti come i cuscini, infatti, è risultato peggiorare l'ergonomia e la stabilità della seduta del conducente, all'interno di un intervallo di frequenza (0-8 Hz) di enorme interesse per quanto riguarda la trasmissione delle vibrazioni al corpo intero [2, 6].

Il picco più elevato e le oscillazioni più ampie registrate sotto i 5 Hz sono presenti nell'andamento della trasmissibilità del cuscino C1 misurato sui trattori moderni. Leggermente meglio sembrerebbero comportarsi i cuscini C2 and C3 (il primo costituito da un doppio strato polimerico ed il secondo da uno strato polimerico singolo) che danno comunque valori di trasmissibilità globali intorno all'unità (trasferendo, cioè, tutta l'energia proveniente dal sedile al guidatore).

La situazione è completamente diversa, invece, per i trattori molto vecchi, dove in fase di progettazione erano pressoché assenti considerazioni di tipo ergonomico. Nei trattori cingolati con sedili a panca utilizzati in questo studio, infatti, il cuscino ha fornito un buon contributo di smorzamento alle vibrazioni.

In particolare tutti i cuscini hanno dato buoni e, tutto sommato, uniformi valori di trasmissibilità nell'intero intervallo di frequenze analizzato.

Lo smorzamento migliore è risultato essere quello ottenuto dal cuscino C2, costituito da due strati di materiale polimerico espanso.

Dal punto di vista ergonomico, ci si aspetterebbe che durante le normali manovre di guida (e quindi anche durante la frenata) il conducente rimanga stabilmente posizionato sul sedile. Pertanto qualsiasi brusca variazione della pressione acquisita sul cuscino in concomitanza dell'aumento della pressione sul pedale del freno potrebbe essere considerato come un elemento in grado di influenzare negativamente l'ergonomia della seduta.

Dai dati ottenuti si osserva come, durante la frenata, all'aumento della pressione sul pedale del freno corrisponda, nel caso dei trattori gommati, una considerevole diminuzione della pressione sulla seduta (intorno al 60%). Al contrario, per i trattori cingolati, si osserva una variazione di pressione nettamente minore (circa del 10%). In entrambi i casi ha giocato un ruolo determinante la posizione di guida: i trattori più recenti di questo studio presentavano il piano di seduta sul cuscino e quello di

escursione del pedale del freno quasi paralleli, al contrario dei trattori più vecchi, i cui piani tra loro avevano invece un'angolazione più marcata. Questa considerazione, unitamente al terzo principio della dinamica ed al calcolo dei momenti delle forze, spiegano la stretta relazione tra pressione sul pedale del freno e diminuzione della pressione sulla seduta.

Anche i giudizi dei conducenti relativi alla comodità dei cuscini durante la guida risultano migliori quando posizionati sui sedili dei trattori più vecchi invece che su quelli dei trattori più recenti.

In tabella 3 si osserva come i giudizi sulla comodità dei cuscini siano tanto più positivi quanto minori siano le variazioni di pressione sulla seduta durante le frenate.

## 5. CONCLUSIONI

I trattori di recente progettazione dispongono di sedili dotati di sistemi smorzanti che riducono le vibrazioni dal pianale al conducente. Nel tempo tali sistemi possono perdere di efficienza ed avere problemi di sostituzione [5], ma non vengono comunque alterati dall'uso dei cuscini che influiscono soltanto sugli aspetti ergonomici di cui si è già discusso in precedenza.

Per vecchi trattori con sedile rigido, invece, risulta estremamente difficile predisporre soluzioni per ridurre l'esposizione alle vibrazioni. Per questo motivo nei casi in cui i lavoratori si trovassero ad operare con vecchi veicoli, come quelli utilizzati in questo studio, potrebbe essere auspicabile l'uso di dispositivi di smorzamento delle vibrazioni meccaniche come i cuscini precedentemente analizzati.

Non bisogna infine trascurare come tali dispositivi nel caso di sedili rigidi di vecchia progettazione, oltre ad attenuare la trasmissione delle vibrazioni al conducente, tendenzialmente migliorano in maniera significativa anche l'ergonomia della seduta e della guida.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Barbieri G, Mattioli S, Grillo S, Geminiani AM, Mancini G, Raffi GB. Spinal diseases in an Italian tractor drivers group. *Agric Health Safety* 1995, **10**, 319-323.
- [2] Bovenzi M, Hulshof CT. An updated review of epidemiologic studies on the relationship between exposure to whole-body vibration and low back pain (1986-1997). *Int Arch Occup Environ Health* 1999, **72**, 351-365.
- [3] Fairley TE. Predicting the discomfort caused by tractor vibration. *Ergonomics* 1995, **38**, 2091-2106.
- [4] Futatsuka M, Maeda S, Inaoka T, Nagano M, Shono M, Miyakita T. Whole-body vibration and health effects in the agricultural machinery drivers. *Ind Health* 1998, **36**, 127-132

- [5] Marchetti E., Morgia F., Tirabasso A., Pirozzi M., Catarinozzi A., Di Giovanni R., Lunghi A., Preti C., Deboli R. Efficacia e certificazione dei sedili per trattori agricoli: dati di laboratorio e valutazioni sul campo, presentato al *Convegno dBA, Modena, 9 ottobre 2008*.
- [6] Palmer KT, Griffin MJ, Syddall HE, Pannett B, Cooper C, Coggon D. The relative importance of whole body vibration and occupational lifting as risk factors for low-back pain. *Occup Environ Med* 2003, **60**, 715-721.
- [7] UNI ISO 2631-1:2008. “*Valutazione dell’esposizione dell’uomo alle vibrazioni trasmesse al corpo intero. Parte 1: Requisiti generali*”, Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano, gennaio 2008.





## PROPOSTA DI CLASSIFICAZIONE DEGLI AMBIENTI TERMICI MODERATI

Michele del Gaudio, Daniela Freda, Paolo Lenzuni

INAIL

### 1. INTRODUZIONE

Il Decreto Legislativo 81/2008 [1] nell'allegato IV al punto 1.9.2 specifica che il datore di lavoro ha l'obbligo di garantire condizioni microclimatiche adeguate all'attività che si sta svolgendo. In assenza di specifiche disposizioni di legge, la valutazione del rischio deve essere fatta utilizzando la normativa tecnica, che lo stesso D.Lgs 81/2008 definisce chiaramente all'art. 2 come *"specifica tecnica, approvata e pubblicata da una organizzazione internazionale, da un organismo europeo o da un organismo nazionale di normalizzazione la cui osservanza non sia obbligatoria"*.

Il comfort termico è probabilmente l'unico tipo di comfort per il quale esiste una consolidata normativa tecnica che ne consente la valutazione su solide basi oggettive. Storicamente, l'intervallo di accettabilità è stato definito in modo univoco richiedendo che il voto medio previsto (PMV) sia compreso nell'intervallo  $-0,5 \div +0,5$  [2]. La vigente norma tecnica UNI EN ISO 7730:2006 [3] ha introdotto, invece, tre classi di comfort e quindi tre valori limite come riassunto nella **Tabella 1**.

**Tabella 1:** UNI EN ISO 7730, classi di comfort

Classe di comfort	Intervallo di accettabilità di PMV
A	$-0,2 \leq \text{PMV} \leq +0,2$
B	$-0,5 \leq \text{PMV} \leq +0,5$
C	$-0,7 \leq \text{PMV} \leq +0,7$

L'assegnazione della postazione di lavoro ad una di queste tre categorie non viene però trattata dalla norma, che delega la materia a norme locali o nazionali supponendo che queste tengano nella adeguata considerazione le loro priorità, gli sviluppi tecnici, e le specificità climatiche. Nelle parole del Prof. Bjarne W. Olesen, coordinatore del WG che si occupa del microclima all'interno dell'ISO TC 159, *"il livello al quale settare l'accettabilità termica può essere influenzato da ciò che è tecnicamente possibile, da considerazioni economiche, energetiche, di inquinamento ambientale e performance. I singoli paesi, o i contratti fra cliente e impresa possono specificare quali criteri devono essere adottati"* [4].

Purtroppo l'assenza di proposte istituzionali sulla classificazione termica è stata interpretata, da qualche tecnico sprovveduto, come la possibilità di utilizzare il limite più permissivo. Anche la sanzione (penale, oltre che amministrativa – D.Lgs 81/2008, art.68) al datore di lavoro che non garantisce una temperatura “*adeguata all'organismo umano, tenuto conto dei metodi di lavoro applicati e degli sforzi fisici*”, è poco efficace perché si presta ad interpretazioni e manipolazioni.

Per avviare il dibattito tra gli esperti del settore, già dal 2009 l'ISPESL ha proposto [5] [6] un metodo di classificazione basato su un algoritmo che tiene conto della sensibilità dei soggetti esposti, dell'accuratezza del compito eseguito e della praticabilità di modifiche strutturali all'ambiente esaminato. A distanza di un anno tale metodo è stato testato dagli autori su numerosi casi reali e soprattutto ha ricevuto commenti positivi da parte degli esperti del settore. Una sempre più ampia diffusione del metodo è sicuramente auspicabile, sia per favorire una comunione di intenti e sia per sollecitare ulteriori suggerimenti di quanti ancora non lo conoscono o non hanno avuto ancora modo di testarlo.

A questo scopo il presente lavoro ripropone in dettaglio la procedura da seguire per individuare la corretta classe di comfort e una serie di esempi pratici esemplificativi di casi reali in cui il metodo è stato finora applicato.

## 2. SVILUPPO DI UN CRITERIO PER LA CLASSIFICAZIONE

### 2.1 – LO SCHEMA DI CLASSIFICAZIONE

Il criterio di classificazione proposto in questo lavoro tiene conto di tre diversi aspetti:

1. La “sensibilità termica” dell'individuo, quantificata mediante il descrittore  $F_S$ . La quantità  $F_S$  è associata al soggetto esposto, ed assume valori più alti per soggetti con ridotta tolleranza a condizioni termicamente non ideali. Le principali categorie oggetto di speciali tutele sono le donne in gravidanza, gli anziani, i bambini e i portatori di handicap e altri soggetti “deboli” [7]. La letteratura fornisce notevole supporto all'idea che la sensibilità a superfici calde/fredde diminuisca con l'età. Tuttavia l'evoluzione nel tempo della sensibilità ai parametri ambientali di interesse microclimatico è assai meno definita. Esiste giusto qualche indicazione [8] [9] di una graduale riduzione della efficienza della termoregolazione oltre i 60 anni, che appare imputabile ad una risposta meno incisiva da parte del meccanismo incaricato di mantenere la temperatura del nucleo vicina ai valori ideali. Sulla base di queste indicazioni la dipendenza della sensibilità termica dall'età è stata modellata assumendo che essa resti costante ( $F_S = 5$ ) fra 14 e 60 anni. Per soggetti di età  $y > 60$  anni è stata adottata la relazione:

$$F_S = 7,5 + 2,5 \times \tanh\left(\frac{y-72}{6}\right) \quad (1a)$$

mentre per ragazzi di età inferiore a 14 anni è stata adottata la relazione:

$$F_S = 7,5 + 2,5 \times \tanh\left(\frac{7-y}{3}\right) \quad (1b)$$

La funzione tangente iperbolica, che compare in entrambe le equazioni (1a) e (1b), è stata scelta per la sua capacità di produrre la desiderata transizione graduale fra il livello di sensibilità “standard” ( $F_S = 5$ ) ed il livello massimo ( $F_S = 10$ ). Il denominatore della frazione è un indicatore della rapidità con cui avviene tale transizione. In particolare, il valore che compare nell’equazione (1b) è decisamente inferiore a quello dell’equazione (1a), in riconoscimento del fatto che la durata della transizione è necessariamente più breve nei ragazzi, dove è limitata a 14 anni, che non negli anziani. La **Tabella 2** contiene i valori di  $F_S$  attribuiti alle diverse tipologie di soggetti.

**Tabella 2:** Classificazione degli individui

Individuo	Fattore di sensibilità $F_S$
Età $y < 14$ anni	$F_S = 7,5 + 2,5 \times \tanh\left(\frac{7-y}{3}\right)$
Età $y > 60$ anni	$F_S = 7,5 + 2,5 \times \tanh\left(\frac{y-72}{6}\right)$
Disabili o soggetti affetti da handicap motorio	10
Donne in gravidanza	8
Tutti gli altri	5
Presenza di patologie che riducono la termoregolazione del soggetto	+2

2. L’ “accuratezza” del compito lavorativo da eseguire, quantificata mediante il descrittore  $F_A$ . La quantità  $F_A$  è associata all’attività svolta, ed assume valori più alti per compiti che si suppone richiedano maggior concentrazione. Per assegnare l’appropriato valore di  $F_A$  a ciascuna attività, si è proceduto a partire dalla classificazione delle unità professionali ISTAT [10] incrociata con la norma tecnica UNI EN ISO 12464-1 [11] sull’illuminazione. La rilevanza di quest’ultima è da ricondurre a due aspetti: a) la presenza di una dettagliatissima tabella che consente di assegnare un valore di  $F_A$  ad una grande varietà di compiti, lavorativi e non; b) la “filosofia” con la quale vengono assegnati i valori (nel caso specifico le luminosità da garantire), che considera come maggiormente rilevanti i seguenti elementi:

- “il compito visivo è di importanza critica”;
- “gli errori sono costosi da rimediare”;
- “l’accuratezza e la produttività rappresentano elementi di grande rilevanza”.

Prescindendo dal riferimento agli aspetti strettamente visivi, che qui naturalmente sono stati eliminati, questi elementi sono gli stessi che giustificano un più elevato punteggio anche nel contesto della classificazione degli ambienti termici. La **Tabella 3** contiene i valori di  $F_A$  attribuiti alle diverse tipologie di attività in funzione della valutazione delle conseguenze di un eventuale errore e in relazione all'accuratezza e all'impegno richiesto per lo svolgimento del compito".

**Tabella 3:** Classificazione delle attività

	<b>Attività</b>	<b>Fattore di accuratezza <math>F_A</math></b>
	<b>attività artigianali</b>	
1.	artigiano ed operaio	6
2.	artigiani e operai specializzati	6/8
3.	artigiano ed operaio specializzato delle lavorazioni comportanti rischi particolari per la salute	8
4.	cliente	4
5.	addetto alle pulizie	4
6.	guardarobiere	2
7.	assistente di sala	4
8.	portiere/custode	4/6
9.	addetto alla security	6/8
10.	addetto al magazzino/carico e scarico merci	4
11.	barbiere	6
12.	estetista	6
13.	disegnatore /designer	8
14.	parrucchiere	4/6
15.	orafo	6/8
16.	sarto	6/8
17.	fiorista	4
18.	decoratore / restauratore	6/8
19.	fornaio / pasticciere	6
20.	ottico	6
	<b>attività commerciali</b>	
21.	commesso/ addetto vendita	4
22.	addetto alla cassa	6/8
23.	addetto ad attività di perizia e precisione comportante rischio particolare per la salute	6/8
24.	cliente	4

	<b>attività industriali</b>	
25.	operaio	6
26.	operaio specializzato	6/8
27.	operaio specializzato in attività comportanti rischi particolari per la salute	8
28.	tecnici di laboratorio/tecnici di produzione	8
	<b>servizi, pubbliche amministrazioni, enti di ricerca</b>	
29.	professione intellettuale elevata, scientifica e di elevata specializzazione	10
30.	autista/conducente di autobus, tram, metro, taxi	8/10
31.	dirigente/imprenditore /amministratore	8/10
32.	impiegato	6/8
33.	impiegato a diretto contatto con il pubblico	6/8
34.	professione tecnica nelle scienze, ingegneria e assimilabili	8
35.	segretaria	4/6
36.	addetto al centralino	4/6
37.	impiegato di banca	6/8
38.	pubblico/clienti	4
	<b>spettacoli, teatri, sale cinematografiche, sale di registrazione, tv</b>	
39.	attore/giornalista	8
40.	artigiani specializzati (es. costumista/truccatore ecc)	6/8
41.	spettatore	4
42.	regista/tecnico di scena/ registrazione/ tecnico di regia/montatori	8
43.	vigilante alla sale /guida/hostess	6
44.	addetto alla biglietteria	6
	<b>edifici scolastici e di studio</b>	
45.	bibliotecario	6/8
46.	studente/lettore (biblioteca)	10
47.	insegnante/alunno	8
48.	bidello	4
49.	medico generico	6/8
	<b>ospedali, case di cura</b>	
50.	medico specialista	6/8
51.	chirurgo (sala operatoria/pronto soccorso)	10
52.	infermiere specialistico	8/10

53.	infermiere/portantino	4/6
54.	fisioterapista	6/8
55.	persone in attesa di cura	4
	<b>aeroporti, stazioni, metro</b>	
56.	impiegati al check in / addetti alla security/ hostess di terra	10
57.	addetto alla biglietteria /punti di informazione	8
58.	persone in attesa	4
	<b>strutture ricettive</b>	
59.	addetti alla reception/ accompagnatori turistici	6
60.	clienti/turisti/ospiti	4
	<b>sale di divertimento/manifestazione sportive</b>	
61.	spettatore/cliente	4
62.	sportivo	8
63.	istruttore sportivo	6/8
	<b>carceri</b>	
64.	secondino	6/8
65.	carcerato	4
	<b>mensa, ristoranti, bar</b>	
66.	cuoco/addetto alla preparazione alimenti	6/8
67.	cliente	4

3. la “praticabilità” di soluzioni di manipolazione termica (condizionamento o riscaldamento) dell’ambiente, quantificata mediante il descrittore  $F_T$ . La quantità  $F_T$  è associata all’ambiente nel quale avviene l’esposizione. Essa assume un valore più alto quando non esistono seri impedimenti alla realizzazione di condizioni di comfort, mentre assume un valore più basso quando tali impedimenti esistono. La **Tabella 4** contiene i valori di  $F_T$  attribuiti alle diverse tipologie di ambienti.

**Tabella 4:** Classificazione degli ambienti

Ambiente	Fattore di controllo termico $F_T$
<b>Manipolabilità piena</b>	10
<b>Manipolabilità limitata</b>	5

## 2.2 – ALGORITMO DI CLASSIFICAZIONE

Il punteggio complessivamente associato ad una data postazione è calcolato mediante l’equazione

$$F_C = (F_S)^{P_S} \times (F_A)^{P_A} \times (F_T)^{P_T} \quad (2)$$

Ciascuno dei fattori  $F_X$  è pertanto elevato ad una potenza data dal rispettivo peso  $P_X$ . E' stato utilizzato un prodotto pesato piuttosto che una media pesata, considerandone la più pronunciata sensibilità alle singole variabili. Se in un prodotto pesato una delle variabili si avvicina a zero, ciò forza il risultato finale ad un valore molto piccolo, il che è esattamente l'esito desiderato quando si desidera che tutte le tre condizioni si realizzino simultaneamente. Ciò non avviene con la media pesata. Ciascuna delle tre quantità  $F_S$ ,  $F_A$  e  $F_T$  varia in una scala fra 0 e 10. Si nota che, poiché stiamo affrontando un problema di comfort, sono stati privilegiati, attribuendo loro pesi più elevati, elementi di natura soggettiva rispetto a elementi di natura oggettiva (vedi **Tabella 5**).

**Tabella 5:** Peso di ciascun fattore sul risultato finale

Elemento	Descrittore	Peso
Sensibilità termica del soggetto	$0 < F_S \leq 10$	$P_S = 5/3$
Accuratezza del compito	$0 < F_A \leq 10$	$P_A = 4/3$
Praticabilità delle soluzioni	$0 < F_T \leq 10$	$P_T = 1$

Si deduce dalla equazione (2) e dalla **Tabella 5** che  $F_C$  può assumere valori compresi fra 0 e 10000. La classificazione nelle tre categorie avviene con lo schema illustrato nella **Tabella 6**:

**Tabella 6:** Schema di classificazione

Categoria	Criterio
<b>A</b>	$3000 < F_C \leq 10000$
<b>B</b>	$500 < F_C \leq 3000$
<b>C</b>	$0 < F_C \leq 500$

## 2.3 IL RUOLO CRITICO DEL FATTORE $F_T$ .

### 2.3.1 – Ambienti vincolati

E' fondamentale sottolineare come la quantità  $F_T$  non svolga un ruolo limitato alla classificazione, ma rappresenti l'elemento primario di ogni processo di valutazione degli ambienti termici [12]. Essa è infatti il parametro che consente di separare gli ambienti vincolati, ovvero gli ambienti per i quali non è possibile alcuna forma di manipolazione termica ( $F_T = 0$ ) dagli ambienti moderabili ( $F_T > 0$ ), oggetto del presente lavoro, nei quali al contrario il comfort è un obiettivo realistico.

Benché il concetto di ambiente vincolato sia stato sviluppato principalmente avendo in mente vincoli legati al processo produttivo [13], esso si applica anche in presenza di vincoli di natura ambientale. Se è vero che quest'ultima condizione caratterizza



tipicamente gli ambienti outdoor, esistono anche ambienti indoor nei quali l'ambiente pone un vincolo termico rigido. In questa categoria rientrano sicuramente gli edifici di particolare interesse storico (immobili ricadenti nell'ambito della disciplina della parte seconda e dell'articolo 136, comma 1, lettere b) e c), del Decreto Legislativo 42/2004 [14]), dove la tutela di legge impone il divieto di distruzione e modifiche che rechino pregiudizio al valore storico-paesaggistico dell'immobile, ovvero esprime pregiudizio nei confronti di qualsivoglia intervento, a meno di pochi casi, comunque sempre soggetti a preventivo parere ed autorizzazione da parte delle amministrazioni competenti. In tali ambienti, dove l'intervento tecnico, spesso invasivo, finalizzato al controllo termico, è impedito o fortemente limitato, l'obiettivo comfort non è realisticamente perseguibile. Pertanto è importante che al loro interno non vengano svolte attività per le quali, non sussistendo vincoli di natura produttiva, condizioni di comfort potrebbero essere facilmente realizzate altrove.

D'altra parte è lo stesso D.Lgs. 81/2008 [1] a specificare come sia responsabilità del datore di lavoro la ricerca di soluzioni alternative: *“ove vincoli urbanistici o architettonici ostino agli adempimenti di cui al comma 1, il datore di lavoro, previa consultazione del rappresentante dei lavoratori per la sicurezza e previa autorizzazione dell'organo di vigilanza territorialmente competente, adotta le misure alternative che garantiscono un livello di sicurezza equivalente”* (art. 63 comma 5).

### 2.3.2 – Ambienti moderabili

Nell'ambito degli ambienti ad obiettivo comfort, la cui classificazione è oggetto di questo lavoro, un'articolazione del fattore  $F_T$  su più livelli, benché tecnicamente giustificata ed anzi auspicabile, introduce un delicato elemento di discrezionalità legato al giudizio sulla maggiore o minore manipolabilità dell'ambiente. La consapevolezza di avere a che fare con un'arma a doppio taglio ha suggerito di optare per un più semplice schema con due soli livelli:  $F_T = 10$  se non esistono evidenti ostacoli allo stabilirsi di condizioni di comfort termico,  $F_T = 5$  se al contrario tali ostacoli sono presenti. La prima condizione è tipica di edifici in fase di costruzione o al limite di recentissima ultimazione, dove i bisogni degli occupanti possono facilmente essere tenuti in considerazione, una volta stabilita la destinazione d'uso. Il valore  $F_T = 5$  caratterizza edifici più datati, nei quali esistono vincoli all'installazione di un sistema di condizionamento. Inoltre, in riconoscimento del confine sfumato fra queste due tipologie di edificio, è stata messa a punto la seguente strategia in due fasi: inizialmente si esegue il calcolo previsto dall'algoritmo (2) utilizzando il valore più alto  $F_T = 10$ ; successivamente:

- se il risultato  $F_C$  è tale da classificare la postazione nella categoria A, questo segnala l'esistenza di un caso ad alta sensibilità che non è bene ignorare; la classificazione viene confermata e il processo termina;
- se il risultato  $F_C$  è tale da classificare la postazione nella categoria C, ogni ulteriore abbassamento di  $F_T$  risulterebbe privo di conseguenze (la categoria C è la più bassa), e di nuovo il processo ha termine;
- se il risultato  $F_C$  è tale da classificare la postazione nella categoria B, ed esistono fondati elementi che inducono a ritenere che la manipolabilità termica

dell'ambiente sia limitata, si ripete il calcolo con il valore più basso  $F_T = 5$  e si attribuisce alla postazione la categoria che così si ottiene.

In edifici con destinazione d'uso pubblica (es. scuole) dove il vincolo all'installazione di impianti di condizionamento è rappresentato spesso da un'indisponibilità di fondi più che da una effettiva "non manipolabilità" termica, si potrebbe pensare ad una strategia per fasi in cui il fattore  $F_C$  sia individuato in tempi diversi, con ciò disegnando un'alternativa alla rassegnazione all'irraggiungibilità dell'obiettivo comfort.

### 3. ESEMPI

Al fine di mostrare la corretta applicazione del metodo, si riportano di seguito una serie di esempi pratici.

**Esempio A. Sala operatoria** - Il DPR 37/97 [15] prescrive per questi ambienti una temperatura dell'aria compresa tra 20 e 24 °C e un'umidità relativa compresa fra il 40 e il 60 %. Queste condizioni sono richieste per garantire condizioni ideali sia per la presenza del paziente che per lo svolgimento dell'attività. Nella pratica, in occasione di interventi che richiedono la presenza di molte persone, queste condizioni possono essere difficili da realizzare con un impianto di condizionamento che deve essere necessariamente del tipo a tutt'aria. In un caso pratico:  $t_a = 24^\circ\text{C}$ , UR = 40%,  $V_a = 0,1$  m/s,  $t_g = 24^\circ\text{C}$ ; supponendo un impegno metabolico pari a 1,6 met e stimando la resistenza termica del vestiario in 1,0 Clo (pantalone, T-shirt, calzature, camice sterile, mascherina, copricapo) si ottiene un valore di PMV pari a 0,75. Considerando l'importanza del compito il valore corrispondente per i chirurghi è  $F_A = 10$ , mentre possono essere scelti  $F_S = 5$  e  $F_T = 10$  non esistendo vincoli specifici. Il valore  $F_C$  calcolato è 3145 corrispondente alla classe di comfort A. Le condizioni rilevate nella sala operatoria sono pertanto fuori dal limite necessario a rientrare nella classe A ma addirittura fuori anche dei limiti richiesti per la classe C. Supponendo di poter regolare la temperatura dell'aria e di globo, a parità di umidità relativa le condizioni ottimali si otterrebbero solo riducendo la temperatura ambientale a 20°C.

**Esempio B. Ufficio pubblico** - Un locale di un ufficio pubblico viene destinato ad archivio per atti di frequente consultazione. Normalmente vi è la presenza costante di un impiegato e di uno o più utenti. Il locale è provvisto di immissione di aria primaria e di una climatizzazione con fancoil. I parametri misurati nel periodo estivo sono:  $t_a = 25,3$  °C, UR = 37,3 %,  $t_g = 24,5$  °C,  $V_a = 0,08$  m/s. Supponendo un impegno metabolico pari a 1,4 met e stimando la resistenza termica del vestiario in 1,0 Clo (pantalone, camicia, calzature, biancheria) si ottiene un valore di PMV pari a 0,74. Considerando l'importanza del compito, il valore corrispondente per un impiegato a diretto contatto con il pubblico è  $F_A = 6$ . Scegliendo inoltre  $F_S = 5$  e  $F_T = 10$   $F_C$  risulta pari a 1593 corrispondente alla classe B. In questo particolare caso benché ci sia una temperatura di 25°C ed una umidità relativa del 37%, e quindi poco confortevoli, il valore di PMV è di poco superiore al valore corrispondente alla classe C. Questa è quindi una di quelle situazioni in cui la scelta approssimata della

classe di comfort C, più permissiva, avrebbe permesso di tollerare condizioni non ideali. L'applicazione del metodo invece suggerisce di rispettare i limiti della classe B raggiungibili solo diminuendo la temperatura ambiente ad almeno 23°C.

**Esempio C. Reception ufficio di rappresentanza** - Gli uffici di rappresentanza di una importante società sono ubicati in un palazzo storico in cui non è possibile fare modifiche strutturali importanti per installare impianti di climatizzazione. Nella reception durante la stagione estiva sono stati misurati i seguenti parametri  $t_a = 25^\circ\text{C}$ ,  $UR = 47\%$ ,  $v_{ar} = 0,04 \text{ m/s}$ ,  $t_g = 23^\circ\text{C}$ . Per l'addetto alla reception l'isolamento garantito dal vestiario è pari a 1 clo (biancheria, camicia, pantaloni giacca e cravatta) il dispendio metabolico può essere stimato a 1,4 met. Il valore di PMV calcolato è pari a 0,63. Applicando il metodo proposto con  $F_A = 4$ ,  $F_S = 5$  e  $F_T = 5$  il valore calcolato di  $F_C = 464$ , corrispondente alla classe C. La postazione di lavoro è quindi entro i limiti di comfort richiesti.

**Esempio D. Cucina ristorante** - Nella cucina di un ristorante in prossimità delle piastre per la cottura della carne sono stati misurati i seguenti parametri  $t_a = 29,9^\circ\text{C}$ ,  $UR = 45,4\%$ ,  $t_g = 32,0^\circ\text{C}$ ,  $V_a = 0,04 \text{ m/s}$ . L'impegno metabolico viene stimato pari a 2 Met. mentre il vestiario utilizzato ha un isolamento pari 0,77 Clo. Il PMV calcolato è pari a 2,15. Applicando il metodo proposto con  $F_A = 4$ ,  $F_S = 5$  e  $F_T = 10$  il valore di  $F_C$  è pari a 928, corrispondente alla classe B. Il miglioramento delle condizioni in questo caso è particolarmente complesso perché occorre agire sia sulla temperatura che sulla velocità dell'aria ma soprattutto sulla temperatura radiante studiando dei sistemi idonei di schermatura.

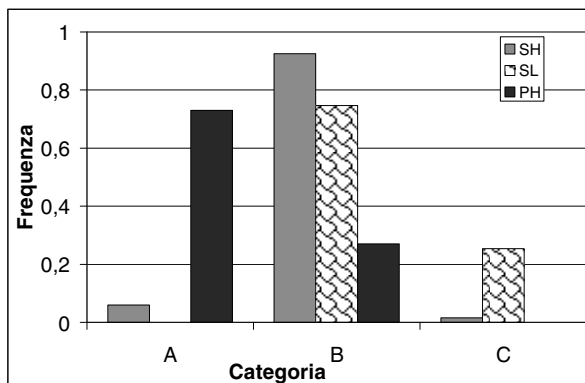
**Esempio E. Scuola materna** - In una scuola elementare nel mese di giugno alle ore 11:45 sono state misurate i seguenti parametri:  $t_a = 24,8^\circ\text{C}$ ,  $t_g = 25,4^\circ\text{C}$ ,  $UR = 45,3\%$ ,  $V_a = 0,01 \text{ m/s}$ . L'aula ha una ampia vetrata ed è occupata da 19 bambini dell'età di 7 anni e da due insegnanti. L'impegno metabolico viene stimato pari a 1,4 Met. per gli insegnanti e a 1,2 Met. per i bambini mentre il vestiario utilizzato da entrambi ha un isolamento pari 0,8 Clo. Il PMV è pari a 0,59 per gli alunni e 0,73 per gli insegnanti. Applicando il metodo proposto ed utilizzando  $F_T = 10$ ,  $F_a = 8$  per gli insegnanti,  $F_A = 10$  per gli alunni,  $F_S = 5$  per gli insegnanti e  $F_S = 7,5$  per gli alunni, tale ambiente viene classificato di classe A per gli alunni e di classe B per gli insegnanti. Il principio di maggior cautela suggerisce di utilizzare la classe di comfort calcolata per gli alunni, e quindi nell'ambiente esaminato il limite non viene rispettato.

**Commento** - Gli esempi proposti si riferiscono a situazioni diverse e pertanto con diverse esigenze. È importante sottolineare come il metodo proposto tenda a tutelare principalmente le esigenze dei soggetti esposti. Nel caso della sala operatoria e della scuola materna, infatti, il metodo propone giustamente il massimo della tutela per i chirurghi e per i bambini. Nei due casi in cui i soggetti esposti sono due impiegati di concetto (archivio e reception) anche con l'attribuzione di un valore  $F_A$  non elevato viene richiesta una classe di comfort B che per la reception diventa C solo a causa delle difficoltà di manipolabilità tecnica. Infine il caso della cucina risulta essere una situazione border-line perché non essendoci motivo per ritenere

questo ambiente severo (la eventuale climatizzazione non interferirebbe con l'attività produttiva) potrebbe sembrare, anche grazie ad una minore aspettativa da parte degli operatori, un caso da classificare nella classe C. La scelta di un valore di  $F_A$  necessario a garantire la giusta attenzione in un ambiente dove il rischio di infortunio è costante porta invece a suggerire la classe B.

#### 4. CONCLUSIONI

Lo schema proposto in questo lavoro è da considerarsi un punto di partenza per future revisioni. Esso costituisce un primo strumento utilizzabile per la scelta della classe di comfort, evitando interpretazioni troppo soggettive di cui peraltro è affetto lo stesso calcolo dell'indice PMV quando i parametri soggettivi sono attribuiti con troppa superficialità.



**Figura 1:** Ripartizione delle attività fra le tre categorie

Le tre quantità  $F_S$ ,  $F_A$  e  $F_T$  fanno riferimento al soggetto, all'attività e al luogo di lavoro e quindi permettono di tutelare i soggetti deboli, privilegiare attività di maggiore importanza e infine di considerare eventuali impedimenti tecnici legati all'edificio. Ovviamente il metodo non nasce da considerazioni fisiologiche ma è frutto di sperimentazioni che hanno suggerito anche le soglie fra le diverse categorie. La **Figura 1** mostra come le 67 attività listate nella **Tabella 3** si distribuiscono fra le tre classi, sotto tre diverse assunzioni relativamente ai fattori  $F_S$  e  $F_T$ . Soggetti che non appartengono a gruppi a tutela specifica ( $S = \text{standard}$ ,  $F_S = 5$ ), in ambienti con manipolabilità termica alta ( $H = \text{high}$ ,  $F_A = 10$ ) cadono quasi sempre nella categoria B (circa 92%), con una piccola frazione nella categoria A (6%). Con ciò si ottiene un ottimo accordo con l'esito al quale si sarebbe pervenuti secondo i criteri della precedente norma UNI EN ISO 7730:1997 [2]. Gli stessi soggetti ( $S$ ) in ambienti a bassa manipolabilità ( $L = \text{low}$ ,  $F_A = 5$ ) si dispongono prevalentemente nella categoria B (75%) mentre cadono nella categoria C nel restante 25% dei casi. Infine, soggetti che per i loro requisiti godono di tutele particolari ( $P = \text{protected}$ ,  $F_S = 10$ ) che operano in ambienti con manipolabilità termica alta ( $H$ ) popolano prevalentemente la categoria A (73%) e in minor misura

la categoria B (27%), senza alcuna presenza, come giusto che sia, nella categoria C. E' qui che si manifesta in modo più evidente l'effetto legato alla extra-protezione fornita a specifiche categorie sociali. Sebbene in questo caso la frazione ideale da assegnare alla categoria A sia 100%, una percentuale del 73% va considerata un ottimo risultato.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Decreto Legislativo 81 del 9.4.2008, Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro (art. 181), Suppl. Ord. n. 108 alla Gazz. Uff., 30 aprile 2008, n. 101
- [2] UNI EN ISO 7730:1997, Ambienti termici moderati - Determinazione degli indici PMV e PPD e specifica delle condizioni di benessere termico.
- [3] UNI EN ISO 7730:2006, Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale
- [4] Olesen B. W., International standards for the indoor environment: where are we, and do they apply worldwide ?  
[www.ashrae.org.sg/Olesen\\_International\\_Standards\\_indoor\\_environment.pdf](http://www.ashrae.org.sg/Olesen_International_Standards_indoor_environment.pdf)
- [5] Lenzuni P., Freda D., del Gaudio M., Classification of thermal environments for comfort assessment, *Annals of Occupational Hygiene* 2009 53 (4):325-332.
- [6] del Gaudio M., Freda D., Lenzuni P. La classificazione degli ambienti termici, *Giornale degli igienisti industriali* 34 (2), 186-197, 2009
- [7] ISO/TS 14415:2005, Ergonomics of the thermal environment -- Application of international standards to people with special requirements
- [8] Criqui M. H., Jamosmos M., Fronck A., Denenberg J. O., Anger R. D., Bergan J., Golomb B. A., Chronic Venous Disease in an Ethnically Diverse Population The San Diego Population Study, *Am J Epidemiol* 158:448-456, 2003
- [9] Kenney W. L., Munce T. A., Physiology of aging invited review: aging and human temperature regulation, *J Appl Physiol* 95: 2598-2603, 2003
- [10] ISTAT, Nomenclatura e classificazione delle unità professionali,  
<https://nuovafdl.istat.it/professioni/>
- [11] UNI EN ISO 12464-1:2004, Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro in interni
- [12] del Gaudio M., Lenzuni P., La valutazione del rischio termico in ambienti moderabili freddi, *Giornale degli Igienisti Industriali*, 3/2006, 220 - 230
- [13] Coordinamento delle Regioni e delle Province Autonome + ISPESL, Linee Guida Microclima Aerazione e Illuminazione nei luoghi di lavoro, 2006
- [14] Decreto Legislativo 42 del 22.1.2004, Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137, Suppl. Ord. n. 28 alla Gazz. Uff., 24 febbraio 2004, n. 45
- [15] Decreto del Presidente della Repubblica n.37 del 14.1.1997, Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento alle regioni e alle province autonome di Trento e di Bolzano, in materia di requisiti strutturali, tecnologici ed organizzativi minimi per l'esercizio delle attività sanitarie da parte delle strutture pubbliche e private, Suppl. Ord. n. 37 alla Gazz. Uff., 20 febbraio 1997, n. 42
- [16] Freda D., del Gaudio M., Lenzuni P., Indoor Air Quality in environments with anthropogenic pollution-descriptor and limit values, *Ital. J. Occup. Environ. Hyg.*, 1(1), 33 - 39, 2010.

## **LIMITI DI ACCETTABILITÀ TERMICA IN AMBIENTI LAVORATIVI INDOOR APERTI VERSO L'ESTERNO**

**Lenzuni Paolo**

INAIL

### **1. INTRODUZIONE**

Non è infrequente il caso di lavoratori, specie addetti ai magazzini o in generale alla logistica, la cui attività prevede frequentemente il transito da ambienti outdoor ad ambienti indoor e viceversa. La tutela di questi soggetti passa necessariamente per una valutazione dell'impatto dovuto ai ripetuti sbalzi termici ai quali essi risultano soggetti. Sfortunatamente la pertinente normativa tecnica (UNI EN ISO 7730:2006 [1], dato che lo sbalzo termico si configura più come un problema di discomfort che non di vero rischio) limita il proprio campo d'azione ad ambienti termicamente statici, o al più con modeste fluttuazioni/derive termiche. Né maggiori indicazioni possono essere ottenute dalle Linee Guida Microclima Aerazione Illuminazione nei luoghi di lavoro [2], le quali, pur dedicando un breve paragrafo a questo argomento, non contengono alcun limite di accettabilità.

Il presente lavoro contiene una proposta per colmare questa lacuna. In particolare esso tenta di identificare un'area di accettabilità estiva che tenga conto sia del comfort di chi opera staticamente all'interno dell'ambiente indoor, sia dello stress termico al quale è sottoposto chi opera dinamicamente muovendosi fra indoor e outdoor.

### **2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

#### **2.1 – LEGISLAZIONE**

##### **2.1.1 – Legislazione Locale Italiana**

Sul tema dell'accettabilità degli sbalzi termici si sono espresse negli ultimi anni diverse regioni: in particolare la regione Veneto [3] richiede che la differenza  $\Delta t$  fra la temperatura esterna e quella interna sia  $< 7^{\circ}\text{C}$ . Un simile requisito è contenuto in un documento [4] forse messo a punto dalla regione Toscana ma oggi diffuso fra i SUAP e le Unità Sanitarie Locali anche di altre regioni (Marche, Lazio, Piemonte, Campania). Lo stesso concetto è stato espresso dalla regione Lazio [5], seppure nell'ambito specifico dei centri per dialisi (che tuttavia, da un punto di vista termico,

non risultano possedere caratteristiche particolari). Su un piano diverso si è mossa la regione Piemonte [6] che, ispirata da considerazioni di risparmio energetico, ha definito un limite minimo alla temperatura estiva interna  $t_{int} > 24^{\circ}\text{C}$ .

### 2.1.2 – Legislazione Internazionale

Tradizionalmente la legislazione relativa ai luoghi di lavoro si è concentrata sulla determinazione di temperature massime estive da non eccedere, al fine di non esporre i lavoratori degli uffici ad un indebito stress da caldo. Nella maggior parte dei casi il riferimento è ai  $26^{\circ}\text{C}$  che si deducono sia dal criterio sul PMV [1] assumendo un abbigliamento tipico estivo, sia dalla zona di accettabilità della (ritirata) ASHRAE 55:1992. Gli unici paesi che considerano limiti più elevati, applicabili a situazioni eccezionali ma comunque da non oltrepassare, sono il Belgio [7] e la Francia [8] i quali ammettono temperature interne fino a  $30^{\circ}\text{C}$ .

Non sono molti al contrario i riferimenti relativi alla temperatura minima da mantenere nella fase estiva, nell'ottica di ridurre il costo energetico. In sintesi, due documenti forniscono qualche indicazione: una circolare del Ministero dell'Industria Turismo e Commercio spagnolo del 2008 pone a  $24^{\circ}\text{C}$  la temperatura minima estiva nei propri uffici; un documento a supporto della legge svizzera sull'ambiente di lavoro [9] individua invece la condizione limite  $\Delta t < 4^{\circ}\text{C}$ .

La Tabella 1 riassume il quadro che emerge dalle esistenti disposizioni di legge, sia italiane che estere.

**Tabella 1:** Sintesi delle disposizioni legislative

<b>Origine</b>	<b>Limite</b>
Veneto	$\Delta t < 7^{\circ}\text{C}$
Toscana	$\Delta t < 7^{\circ}\text{C}$
Lazio	$\Delta t < 6-7^{\circ}\text{C}$
Piemonte	$t_{int} > 24^{\circ}\text{C}$
Spagna	$t_{int} > 24^{\circ}\text{C}$
Svizzera	$\Delta t < 4^{\circ}\text{C}$
Belgio	$t_{int} < 30^{\circ}\text{C}$
Francia	$t_{int} < 30^{\circ}\text{C}$

## 2.2 – NORMATIVA

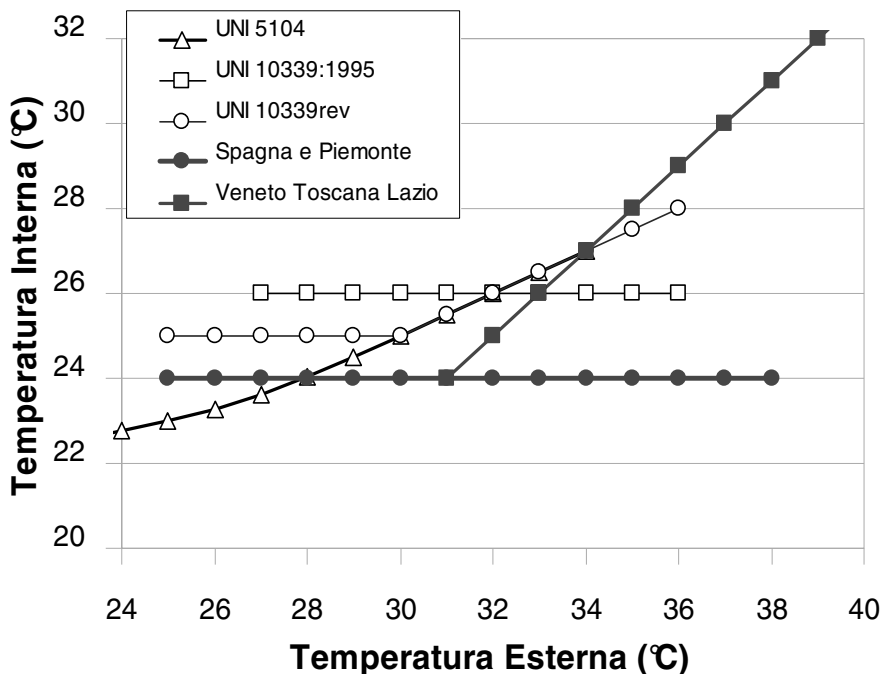
### 2.2.1 – Normativa Impiantistica

La vetusta (e dal 1995 ritirata) norma UNI 5104 [10] indicava, in un prospetto contenuto nella sezione 2.1.6 e riportato qui nella Tabella 2, una serie di coppie di valori di temperatura [ $t_{int}$ ,  $t_{ext}$ ] ai quali veniva associata una simile sensazione rispetto allo sbalzo termico. Per  $t_{ext} \geq 30^{\circ}\text{C}$  tali valori sono disposti secondo una retta di pendenza 0,5 ovvero con temperature interne che crescono della metà rispetto alle temperature esterne. Per  $t_{ext} < 30^{\circ}\text{C}$  la pendenza si riduce progressivamente. Va chiarito comunque che quella contenuta nella UNI 5104 non è tanto una curva limite quanto una curva di valori-guida a scopo progettuale.

**Tabella 2:** Indicazioni contenute nella UNI 5104:1963

	Inverno	Estate				
	Temperatura esterna °C	—	20	25	30	32
Temperatura interna °C	18 ÷ 20	22	23	25	26	27
Umidità relativa min. %	35	—	—	—	—	—
Umidità relativa max. %	—	65	65	60	55	50

Sorprendentemente, almeno nel regime  $t_{ext} \geq 30^{\circ}\text{C}$ , la bozza di revisione della UNI 10339 [11] (nel seguito 10339rev) ripropone questa stessa curva praticamente immutata dopo 45 anni. Per  $t_{ext} < 30^{\circ}\text{C}$  al contrario questo documento prevede un valore costante,  $t_{int} = 25^{\circ}\text{C}$ . La vigente versione UNI 10339:1995 [12] contiene, alla sezione 9.2.2.2, la semplice indicazione progettuale  $t_{int} \geq 26^{\circ}\text{C}$ , dove i valori superiori a  $26^{\circ}\text{C}$  vengono accettati limitatamente ai casi in cui la temperatura media radiante differisce da quella dell'aria. La **Figura 1** sintetizza le indicazioni contenute nella normativa tecnica e nella legislazione. I simboli pieni rappresentano limiti inferiori, i simboli vuoti valori guida.



**Figura 1:** Sintesi grafica delle indicazioni tecniche e legislative



### 2.2.2 – Normativa e Letteratura Tecnica sul Comfort Termico

Il criterio di accettabilità per il comfort termo-igrometrico contenuto nella norma tecnica UNI EN ISO 7730 [1] può essere rappresentato dalla forma

$$-X_j \leq PMV \leq +X_j \quad (1)$$

dove il valore numerico di  $X_j$  dipende dalla categoria (A, B o C) alla quale viene assegnato l'ambiente termico in esame:  $X_A = 0,2$ ;  $X_B = 0,5$ ;  $X_C = 0,7$ . Seguendo uno schema di classificazione recentemente proposto [13], gli ambienti nei quali i lavoratori si muovono frequentemente da/verso l'esterno sono attribuibili alla categoria C, per cui nel caso specifico si ha

$$-0,7 \leq PMV \leq +0,7 \quad (2)$$

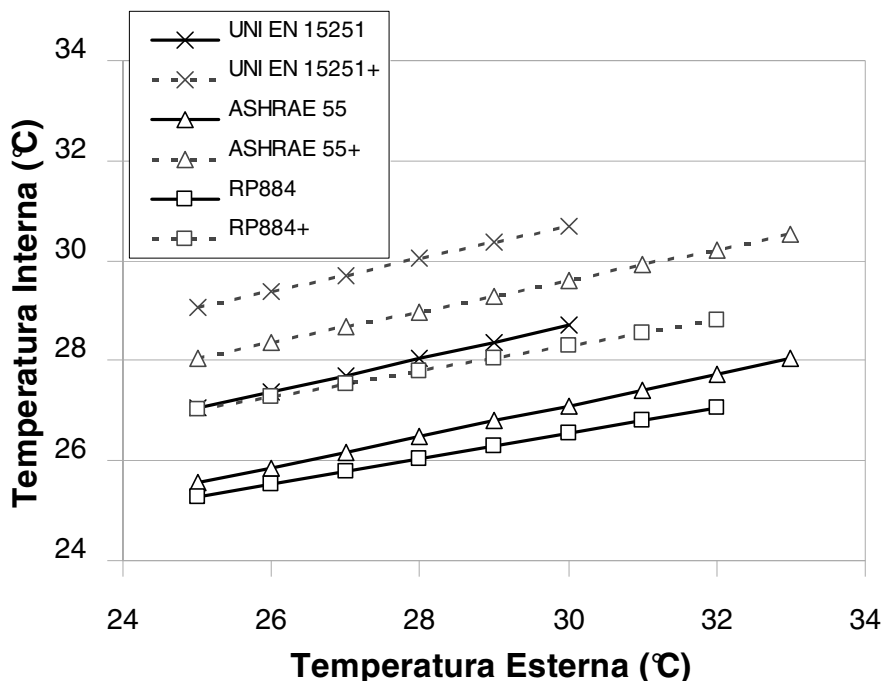
Gli ambienti termici moderabili caldi (ovvero quelli nei quali le condizioni ambientali di alta temperatura non sono strutturali ed il comfort rappresenta un obiettivo realisticamente perseguibile) risultano articolati su cinque livelli con diverso livello di discomfort [14]. La parte "calda" dell'equazione (2) rappresenta il limite superiore del livello 1, detto area di comfort. Per valori di umidità relativa intorno al 40%, tipici di ambienti estivi in Italia, il valore  $PMV = 0,7$  corrisponde ad una temperatura  $t_{int} = 27^\circ\text{C}$ . Il livello 2 immediatamente adiacente (detto area di discomfort leggero) ha invece come limite superiore la curva  $PMV = 1,3$ , che sotto le stesse ipotesi corrisponde approssimativamente a  $t_{int} = 29^\circ\text{C}$ .

### 2.3 – COMFORT ADATTIVO

Gli ambienti lavorativi aperti verso l'esterno rappresentano il candidato ideale per applicazioni dei principi del comfort adattivo. Trattandosi infatti di ambienti con forti interazioni termiche con l'esterno, il loro condizionamento risulta energeticamente gravoso, ed è assai discutibile che esso assicuri condizioni complessive di maggior comfort ai soggetti che vi operano. E' importante sottolineare come uno dei possibili usi delle curve di accettabilità del comfort adattivo sia quello di definire limiti che se superati indicano la necessità di far ricorso a sistemi di raffrescamento meccanico [15]. Questa particolare applicazione sembra rappresentare la miglior strategia di attacco ad ambienti come quelli oggetto del nostro studio, combinando le potenzialità dei sistemi di condizionamento con la flessibilità dell'approccio adattivo.

Diversi documenti hanno proposto negli ultimi 10 anni zone di accettabilità termiche basate sui principi del comfort adattivo che, ricordiamo, si applicano esclusivamente ad ambienti senza sistemi meccanici di raffreddamento, nei quali gli occupanti svolgano lavori con impegno metabolico medio-basso, possano liberamente adattare il loro abbigliamento e abbiano libero accesso alle finestre. I principali di questi documenti sono lo standard ASHRAE 55:2004 [16] e la norma tecnica UNI EN 15251 [17]. La **Figura 2** illustra le curve di massimo comfort (nere, continue) e le curve limite superiori di accettabilità (grigie, tratteggiate) per questi due documenti,

confrontate con i risultati dello studio originale ASHRAE RP-884 [18]. Le pendenze delle curve della **Figura 2** (0,25 – 0,33) sono simili a quella della UNI 5104 sotto 30°C, mentre sopra 30°C sono più piatte di quelle (0,5) definite dalla UNI 5104 e dalla 10339rev. Tuttavia rimane l'accordo di fondo nel definire temperature interne accettabili che crescono all'aumentare delle temperature esterne.



**Figura 2:** Comfort adattivo - curve di accettabilità

### 3. SINTESI

#### 3.1 – GENERALITÀ

Sulla base delle considerazioni fatte nella sezione 2, vengono avanzate in questo lavoro due proposte indipendenti una per ambienti condizionati, per i quali si applicano gli argomenti legati al classico comfort statico “alla Fanger”, l'altra per ambienti ventilati naturalmente, ai quali si applicano i principi del comfort adattivo.

#### 3.2 – AMBIENTI CONDIZIONATI

##### 3.2.1 – Temperatura Minima Accettabile

Per  $t_{\text{ext}} \leq 31^\circ\text{C}$ , alla temperatura interna possono tranquillamente applicarsi considerazioni energetiche come quelle formulate dalla regione Piemonte e dal

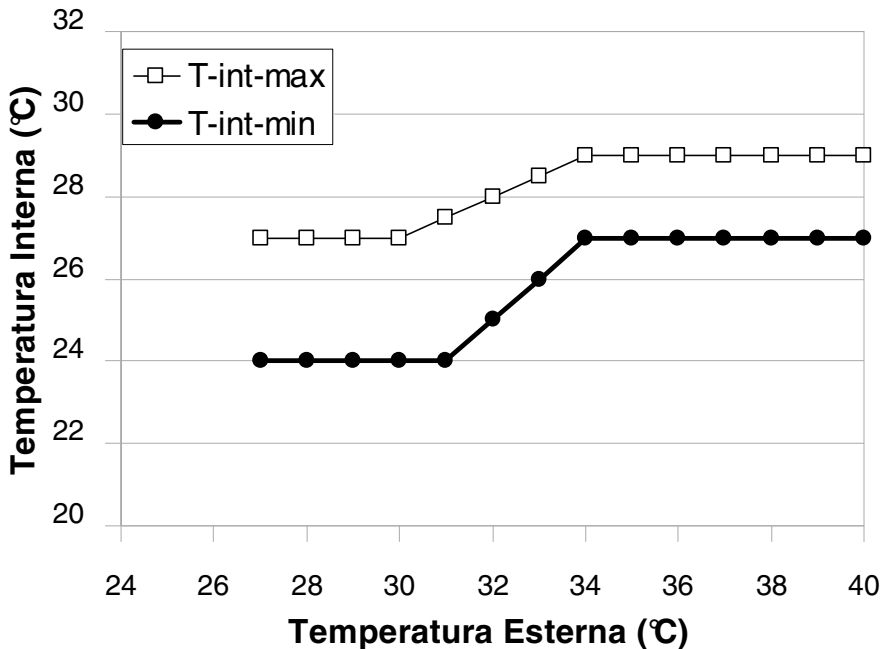
governo spagnolo, fissando di conseguenza  $t_{\text{int-min}} = 24^{\circ}\text{C}$ .

Per  $t_{\text{ext}} > 31^{\circ}\text{C}$ , conviene invece seguire le indicazioni delle regioni Veneto Toscana e Lazio, e far salire  $t_{\text{int-min}}$  parallelamente a  $t_{\text{ext}}$ , in modo da limitare lo sbalzo termico. Questa è senz'altro la soluzione migliore almeno finché si rimane all'interno dell'area di comfort secondo il metodo PMV.

Per  $t_{\text{ext}} = 34^{\circ}\text{C}$   $t_{\text{int-min}}$  raggiunge i  $27^{\circ}\text{C}$ . A questo punto la tutela del comfort nell'ambiente indoor (nell'ipotesi che in esso si svolga la maggior parte dell'attività lavorativa e/o che vi siano ubicate le postazioni di lavoro "statiche" di altri soggetti) deve prendere il sopravvento su qualsiasi considerazione che riguarda gli sbalzi termici. Di conseguenza per temperature esterne superiori,  $t_{\text{int-min}}$  resta costante a  $27^{\circ}\text{C}$ .

### 3.2.2 – Temperatura Massima Accettabile

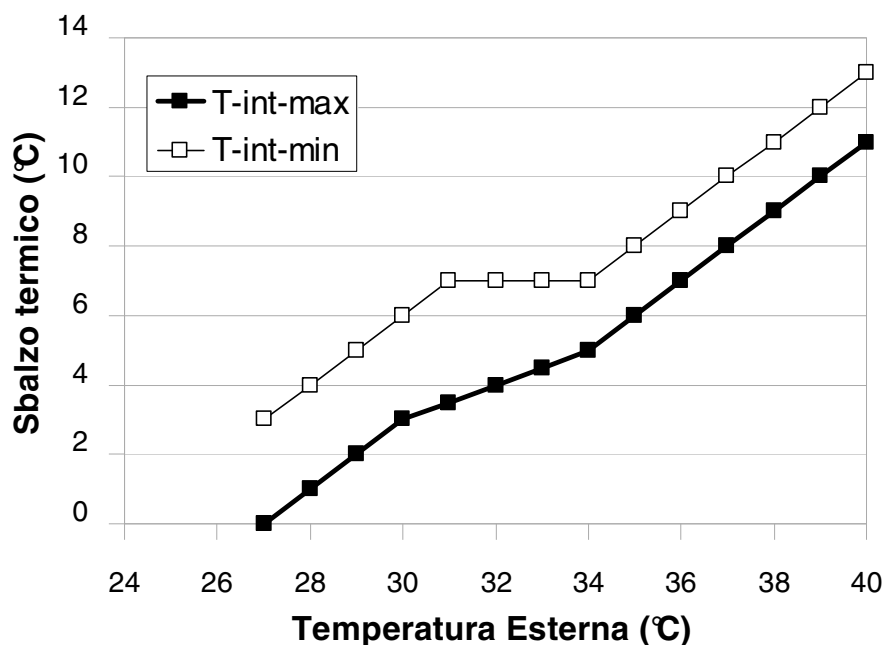
Finché la temperatura esterna è inferiore a  $30^{\circ}\text{C}$ , la massima temperatura accettabile è definita dal limite superiore dell'area di comfort del PMV, che per quanto detto al punto 2.2.2 può essere fissato in  $27^{\circ}\text{C}$ . Per  $t_{\text{ext}} > 30^{\circ}\text{C}$ , la temperatura interna minima sale ed è ragionevole che anche il vincolo dei  $27^{\circ}\text{C}$  sulla temperatura interna massima sia allentato.



**Figura 3:** Area di accettabilità per ambienti condizionati

Sulla scia della relazione suggerita dalla UNI 5104 e dalla 10339rev,  $t_{\text{int-max}}$  viene fatta salire di  $\frac{1}{2}$  grado per ogni grado della temperatura esterna, e per  $t_{\text{ext}} = 34^{\circ}\text{C}$   $t_{\text{int-max}}$  raggiunge i  $29^{\circ}\text{C}$ . Se la crescita proseguisse, diventerebbero accettabili

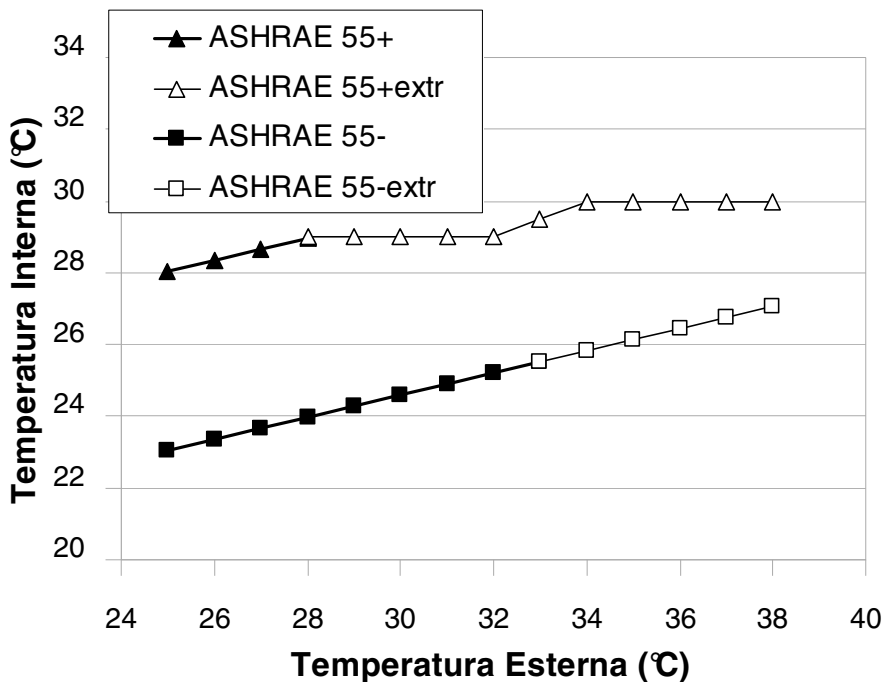
temperature superiori a 29°C, caratteristiche di regioni a discomfort medio [10], il che va evitato. Pertanto, come per la temperatura minima, è la tutela del comfort che assume un ruolo preminente rispetto a considerazioni che riguardano gli sbalzi termici, e di conseguenza  $t_{\text{int-max}}$  resta costante a 29°C. La **Figura 3** mostra in forma grafica l'area di accettabilità risultante dalle considerazioni appena svolte. Dal confronto con la **Figura 2** emerge un'ottima coerenza con le indicazioni di riferimento provenienti dalla normativa e dalla legislazione. La **Figura 4** mostra la stessa informazione dal punto di vista del differenziale (ovvero lo sbalzo termico) esterno – interno.



**Figura 4:** Area di accettabilità dello sbalzo termico, per ambienti condizionati

### 3.3 – AMBIENTI VENTILATI NATURALMENTE

Benché la UNI EN 15251 [17], in quanto norma tecnica nazionale, occupi un livello formale superiore nella gerarchia delle fonti, le curve limite del comfort adattivo che essa contiene individuano temperature accettabili anche molto alte (vedi **Figura 2**) che difficilmente potranno trovare applicazione pratica. Più sensate appaiono le proposte dello standard ASHRAE 55:2004 il quale, seppur di livello formale inferiore, è sicuramente un documento più applicato dalla comunità tecnica internazionale. Le curve limite di accettabilità di questo standard sono state quindi utilizzate in questo lavoro come base per definire la minima e la massima temperatura interna accettabile.



**Figura 5:** Area di accettabilità per ambienti ventilati naturalmente

La **Figura 5** mostra come, per la temperatura minima, la curva ASHRAE, originariamente definita per  $t_{\text{ext}} \leq 32^{\circ}\text{C}$ , sia stata estrapolata linearmente, onde limitare lo sbalzo termico alle temperature più alte. Al contrario la curva che definisce la temperatura massima è stata limitata a  $t_{\text{int}} = 30^{\circ}\text{C}$ , sia considerando che questa è la temperatura che corrisponde al limite superiore del range di  $t_{\text{ext}}$  realmente indagato nelle prove sperimentali [16], sia per tener conto dei limiti estremi di accettabilità termica che compaiono nella legislazione belga [7] e nel documento INRS in uso in Francia [8].

Va sottolineato anche che temperature inferiori a  $30^{\circ}\text{C}$  consentono di escludere qualsiasi ipotesi di stress termico anche nel caso la permanenza sia pari all'intera giornata lavorativa. Per questo motivo il presente lavoro non contiene considerazioni fisiologiche che al contrario sarebbe essenziale includere nel caso le temperature fossero più alte.

#### 4. CONCLUSIONI

In questo lavoro sono state definite due aree di accettabilità termica in fase estiva, una per ambienti condizionati e l'altra per ambienti ventilati naturalmente, specifiche per ambienti con frequenti transizioni esterno - interno.

Tali aree di accettabilità tengono conto di aspetti associati sia al comfort termico

degli individui che lavorano staticamente all'interno degli ambienti, sia alla tutela dagli sbalzi termici per individui che si muovono frequentemente fra interno e esterno, e includono anche considerazioni di risparmio energetico

Le aree di accettabilità sono state disegnate a valle di un'attenta analisi sia delle diverse fonti legislative regionali ed estere sia delle fonti normative esistenti.

Nel regime termico oggetto di questo lavoro non intervengono aspetti di stress termico, quindi la definizione delle aree di accettabilità prescinde da considerazioni di natura fisiologica. Naturalmente la permanenza dei lavoratori "dinamici" in ambienti outdoor con temperature che in estate possono facilmente essere superiori a circa 35°C richiede un'attenta valutazione del rischio di ipertermia, ma questo aspetto è già efficacemente coperto dalla normativa tecnica specifica (UNI EN 27243 [19], UNI EN ISO 7933 [20]) e non richiede integrazioni.

## 5. BIBLIOGRAFIA

[1] UNI EN ISO 7730:2006, Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale

[2] Coordinamento tecnico delle regioni e delle province autonome + ISPESL, Linee Guida Microclima Aerazione Illuminazione nei luoghi di lavoro, [www.ispesl.it/linee\\_guida/tecniche/LGMicroClima062006.pdf](http://www.ispesl.it/linee_guida/tecniche/LGMicroClima062006.pdf)

[3] Regione Veneto, Circolare del presidente della Giunta Regionale n. 13 del 1 luglio 1997, Revisione circolare regionale n.38/87 <<Criteri generali di valutazione dei nuovi insediamenti produttivi e del terziario>>, B.U.R.V. n. 59 del 22.7.1997, [http://www.apss.tn.it/Public/allegati/DOC\\_288292\\_0.pdf](http://www.apss.tn.it/Public/allegati/DOC_288292_0.pdf)

[4] Regione Toscana, Scheda Tecnica per Impianti di aerazione artificiale, Linee Guida per la progettazione e l'esercizio nel rispetto dei requisiti igienico-sanitari, (esempio <http://www.comune.cascina.pi.it/userimages/nip%20edilizio.PDF>)

[5] Regione Lazio, Delibera di Giunta Regionale 14 luglio 2006, n. 424, Legge regionale 3 marzo 2003 n. 4, Requisiti minimi per il rilascio delle autorizzazioni all'esercizio di attività sanitarie per strutture sanitarie e socio sanitarie (3.5.1.2) [http://www.asplazio.it/asp\\_online/att\\_territoriale/files/sias/normativa/DGR424\\_14\\_07\\_06.pdf](http://www.asplazio.it/asp_online/att_territoriale/files/sias/normativa/DGR424_14_07_06.pdf)

[6] Regione Piemonte, Proposta di legge regionale n. 560, presentata il 23.7 2008 <http://arianna.consiglioregionale.piemonte.it/ariaint/TESTO?LAYOUT=PRESENTAZIONE&TIPODOC=TESTOPDL&FASEITER=PRESENTAZIONE&PDL=80560>

[7] Algemeen Reglement voor de Arbeidsbescherming, Belgio (2001)

[8] INRS, Conception de lieux du travail, Institute Nationale de Recherche et de Securite, Francia (2000)

[9] Indicazioni relative all'Ordinanza 3 concernente la legge sul lavoro , Cap. 2 sez. 2, Art. 16 Clima dei locali,

<http://www.seco.admin.ch/themen/00385/00390/00392/02003/index.html?lang=it>

<http://web.unicam.it/ateneo/organizzazione/prevenzione/pdf/microclimalocali.pdf>

[10] UNI 5104:1963, Impianti di condizionamento dell'aria - Norme per

l'ordinazione, l'offerta e il collaudo

[11] CTI – 050101073 – Revisione UNI 10339, Impianti aeraulici al fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'ordine e la fornitura (Bozza settembre 2008)

[12] UNI 10339:1995, Impianti aeraulici al fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'ordine e la fornitura

[13] del Gaudio M., Freda D., Lenzuni P., Classificazione degli ambienti termici ai fini della definizione dei limiti di accettabilità per il comfort, *Giornale degli Igienisti Industriali*, 34 (2), 186 – 197, 2009

[14] del Gaudio M., Lenzuni P., La valutazione del rischio termico in ambienti moderabili caldi, *Giornale degli Igienisti Industriali*, 31 (3), 210 – 219, 2006

[15] Brager G. S., de Dear R., *Climate, Comfort & Natural Ventilation: A new adaptive comfort standard for ASHRAE Standard 55*, Center for the Built Environment, University of California at Berkeley, 2001

[16] ASHRAE 55:2004, *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*

[17] UNI EN 15251:2008, Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica

[18] de Dear R., Brager G., Cooper D., *Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preferences*, ASHRAE RP – 884, 1997

[19] UNI EN 27243:1996, Ambienti caldi. Valutazione dello stress termico per l'uomo negli ambienti di lavoro, basata sull'indice WBGT (temperatura a bulbo umido e del globotermometro)

[20] UNI EN ISO 7933:2005, Ergonomia dell'ambiente termico - Determinazione analitica ed interpretazione dello stress termico da calore mediante il calcolo della sollecitazione termica prevedibile

## 6. RINGRAZIAMENTI

Vorrei ringraziare la dottoressa Elisabetta Ferro dell'INAIL, che pure non ho il piacere di conoscere di persona, a cui devo l'idea iniziale di questo lavoro.

## **LA NORMA UNI EN ISO 9920: PRINCIPALI ASPETTI PER LA VALUTAZIONE DELL'ISOLAMENTO TERMICO DELL'ABBIGLIAMENTO**

Vincenzo Molinaro, Simona Del Ferraro

INAIL

### **1. PREMESSA**

L'abbigliamento ha un ruolo sia estetico che funzionale. Nella vita quotidiana è parte del nostro aspetto, del modo in cui ci presentiamo agli altri. Di un capo di abbigliamento valutiamo il modello, il colore, tenendo conto del contesto e della stagione in cui lo dovremo indossare. In ambito lavorativo questi aspetti hanno anche un significato funzionale legato, ad esempio, alla sicurezza dei lavoratori: basti pensare agli operatori stradali che hanno bisogno di essere ben visibili o, al contrario, ai militari che hanno necessità, in alcune circostanze, di mimetizzarsi con l'ambiente. Il ruolo fondamentale svolto dall'abbigliamento è quello di fornire un "isolamento" e una permeabilità all'aria adeguati, cioè non dobbiamo avere né troppo caldo né troppo freddo indossandolo e la nostra pelle deve poter "respirare". Questo contributo si inserisce in uno studio più ampio che gli autori stanno svolgendo allo scopo di approfondire ed evidenziare il ruolo dei cosiddetti parametri personali (attività metabolica e caratteristiche termiche dell'abbigliamento) nella valutazione degli effetti che un ambiente termico può produrre sull'organismo umano. In particolare si focalizzerà l'attenzione su una delle due grandezze che descrivono il comportamento termico dell'abbigliamento, cioè l'isolamento termico, così come trattato dalla UNI EN ISO 9920 [1], rinviando ad un successivo momento considerazioni più approfondite sulla resistenza evaporativa affrontata dalla stessa norma..

Numerose sono le problematiche connesse allo studio dell'interazione tra corpo umano – capo d'abbigliamento – ambiente termico:

i) relativamente al soggetto umano

la risposta dell'organismo alla sollecitazione termica è di tipo dinamico: è necessario avere un modello matematico che simuli il sistema di termoregolazione e riesca a descrivere ed a predire la risposta umana nel tempo;

ii) relativamente all'abbigliamento

l'abbigliamento, costituito da più capi, ovvero da più strati, offre un isolamento termico ed una resistenza evaporativa che da un lato possono non essere uniformi sul corpo, dall'altro possono non rimanere costanti nel tempo perché la postura, il movimento del soggetto legato all'attività che svolge, la penetrazione dell'aria tra un capo e l'altro, giusto per citarne alcuni, sono fattori che tendono



a modificare le caratteristiche termiche dell'abbigliamento. Questi aspetti vengono studiati mediante test su manichini termici eseguiti in camera climatica come verrà di seguito illustrato.

## 2. LA NORMA TECNICA UNI EN ISO 9920

La UNI EN ISO 9920, nella versione corretta del 2009, è il risultato di una serie di studi che si sono susseguiti negli ultimi decenni, come si vedrà successivamente.

A giudizio degli autori, la norma appare articolata ma comunque indica in modo chiaro ed esaustivo i passi da compiere, e da essa emerge la complessità dei fenomeni descritti e la difficoltà di trovare formulazioni analitiche in grado di valutare le caratteristiche termiche dell'abbigliamento.

Di seguito verranno evidenziati i principali aspetti affrontati dalla norma, alla quale si rimanda per ogni riferimento.

### 2.1 – CAMPI DI APPLICAZIONE E DEFINIZIONI

Bisogna premettere che la UNI EN ISO 9920 non considera l'effetto dell'assorbimento dell'acqua da parte dei tessuti, non tiene conto dell'influenza della pioggia o della neve sulle caratteristiche dell'abbigliamento e non considera capi di abbigliamento speciali con sistemi di raffreddamento ad acqua, di ventilazione o di riscaldamento.

Già dalle definizioni delle caratteristiche termiche dell'abbigliamento vengono introdotti alcuni concetti fondamentali:

1. Il generico isolamento termico  $I$  considerato nella norma è inteso come una *resistenza equivalente uniforme sul corpo*, ovvero come quella resistenza termica che offrirebbe un ideale abbigliamento, immaginato uniformemente distribuito sul corpo e nelle stesse condizioni di scambio termico dell'abbigliamento reale, che può non essere uniforme. La resistenza termica rappresenta, quindi, il quoziente tra il gradiente di temperatura fra due superfici e la potenza termica secca per unità di superficie corporea. Si tratta, pertanto, di un modello utilizzato per descrivere e valutare l'effetto dell'abbigliamento negli scambi termici tra corpo e ambiente, tanto più rappresentativo della situazione reale quanto più l'abbigliamento indossato è uniformemente distribuito.

Va precisato che la resistenza termica così come definita e misurata nella UNI EN ISO 9920, espressa generalmente in clo, non ha lo stesso significato della resistenza termica utilizzata per definire le proprietà fisiche dei tessuti [2],[3].

2. Oltre ai tre noti isolamenti termici descritti in Figura 1, comunemente utilizzati, ne vengono definiti altri due:

- l'isolamento termico del singolo capo (*effective thermal insulation*)  $I_{clu}$ .

Rappresenta l'incremento di resistenza termica fornito dal singolo capo al manichino rispetto all'isolamento termico del manichino nudo. Viene valutato attraverso la seguente relazione:

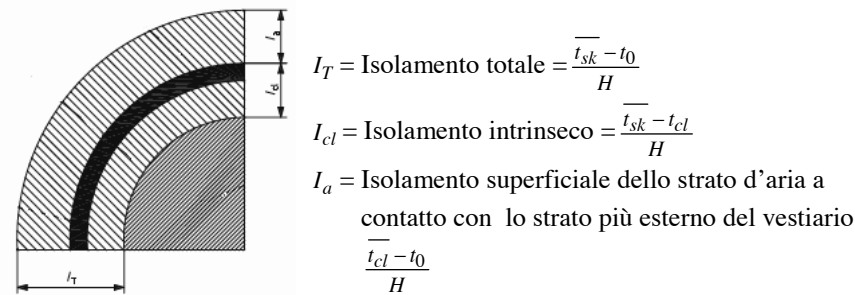
$$I_{clu} = I_T - I_a = \frac{t_{sk} - t_0}{H} - I_a \quad (1)$$

- l'isolamento efficace dell'abbigliamento (*effective clothing insulation*)  $I_{cle}$ . Viene valutato attraverso la seguente espressione:

$$I_{cle} = I_T - I_a \tag{2}$$

$I_{cle}$  può essere usato nei casi in cui è difficile valutare il fattore di area dell'abbigliamento  $f_{cl}$ . E' un isolamento aggiuntivo che l'abbigliamento offre rispetto al manichino nudo.  $I_{cle}$  non esiste come concetto fisico; esso trascura l'effetto della maggiore area di scambio offerta dal corpo vestito rispetto al corpo nudo. La relazione che lega  $I_{cle}$  a  $I_{cl}$  è la seguente:

$$I_{cl} = I_{cle} + I_a \left(1 - \frac{1}{f_{cl}}\right) \tag{3}$$



**Figura 1:** Rappresentazione schematica di  $I_T$ ,  $I_{cl}$  e  $I_a$  [1].

Ne segue l'importanza di specificare l'isolamento termico a cui si fa riferimento quando, ad esempio, si confrontano valori di isolamento ottenuti tramite test.

3. Vengono distinte le condizioni statiche (corpo fermo e bassi valori della velocità dell'aria) da quelle dinamiche, per tener conto degli effetti del movimento del corpo e del movimento dell'aria sull'isolamento termico e sulla resistenza evaporativa dell'abbigliamento, come verrà di seguito illustrato.

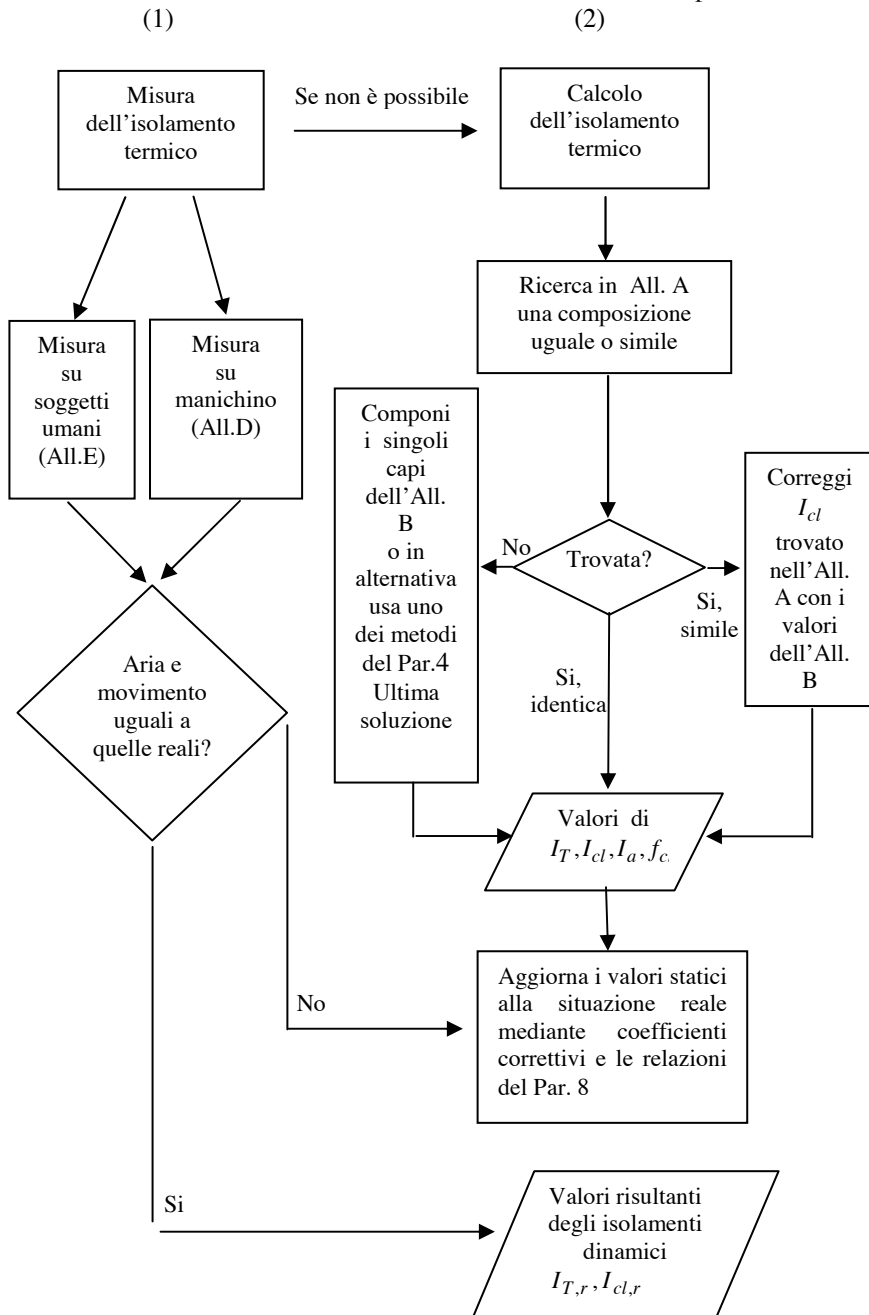
## 2.2 I DIVERSI MODI PER VALUTARE L'ISOLAMENTO TERMICO

Il diagramma di flusso di **Figura 2** mostra il procedimento da seguire per la valutazione dell'isolamento termico dell'abbigliamento (ne è previsto uno analogo per la valutazione della resistenza evaporativa). In particolare la parte sinistra del diagramma, indicata in Figura 2 con (1), prevede l'esecuzione di test in camera climatica, su manichino termico oppure su soggetto umano, per i quali sono richieste competenze specifiche; la parte destra, indicata con (2), rimanda a metodi più semplici per applicare i quali non sono richieste strumentazioni ma occorrono comunque competenze per la valutazione dei tessuti.

### 2.2.1 – Le misure di isolamento termico (1)

Sono previsti due procedimenti diversi a seconda che si decida di coinvolgere un soggetto umano oppure di utilizzare un manichino termico. Nel primo caso sono richieste misurazioni fisiologiche [4] per applicare l'equazione di bilancio termico così come descritto nell'Allegato E. Nel secondo caso è necessario disporre di

strumentazione sofisticata e costosa come un manichino termico, cioè di un manichino con forma e dimensioni standardizzate di un corpo umano adulto,



**Figura 2:** I passi da compiere per valutare l'isolamento termico [1].

costituito da almeno 15 segmenti corporei, di ciascuno dei quali vengono monitorati in maniera indipendente la temperatura superficiale e il flusso di calore.

Esistono diversi tipi di manichini a seconda della grandezza che si intende valutare:

- per l'isolamento termico statico dell'abbigliamento, serve un manichino termico;
- per l'isolamento termico risultante, il manichino termico deve essere dotato di un accessorio in grado di far muovere meccanicamente le braccia e le gambe con delle velocità assegnate;
- per la resistenza evaporativa statica è necessario avere uno "sweating manikin" ovvero un manichino termico dotato di un dispositivo speciale capace di creare un velo d'acqua sulla superficie della pelle;
- per la resistenza evaporativa risultante è necessario uno "sweating manikin" con l'accessorio meccanico per il movimento di braccia e gambe.

I test in camera climatica avvengono in condizioni controllate di temperatura, velocità ed umidità dell'aria. E' importante evidenziare che esistono diverse norme che prevedono test con manichini termici in cui le condizioni delle prove differiscono, ad esempio, in termini di velocità dell'aria, di posizione del manichino (fermo in piedi, supino, in movimento) (cfr [1], [5], [6], [7]). Ad esempio, la UNI EN ISO 15831 [5] prevede valutazioni sia di tipo statico che dinamico, infatti specifica la velocità dei movimenti di gambe e piedi, ma solo per la valutazione dell'isolamento termico; la UNI EN ISO 9920, invece, prevede nell'All.D test di natura statica, con manichino fermo in piedi e  $v_a < 0.15m/s$ : si determinano, pertanto, sia l'isolamento termico che la resistenza evaporativa (per la quale serve uno "sweating manikin") di tipo statico, ovvero le grandezze ottenute non tengono conto dell'effetto del movimento del corpo e dell'aria. In particolare, per valutare l'isolamento termico la norma prevede la formulazione generale (4):

$$I_T = \frac{\overline{t_{sk}} - t_a}{H_{sk}} = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot t_i - t_a}{\sum_{i=1}^n (\alpha_i \cdot H_i)} = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot (t_i - t_a)}{\sum_{i=1}^n (\alpha_i \cdot H_i)} \quad (\text{modello globale}) \quad (4)$$

dove  $\alpha_i$  = superficie dell'i-esimo segmento /superficie totale del manichino;

$n$  è il numero di segmenti corporei che costituiscono il manichino;

$t_i$  è la temperatura della pelle dell'i-esimo segmento corporeo;

$t_a$  è la temperatura dell'aria;

$H_i$  è il flusso di calore secco relativo all'i-esimo segmento corporeo.

Formulando ipotesi sulla temperatura della pelle e sulla distribuzione del flusso termico la (4) si semplifica ottenendo i seguenti due casi particolari:

- a. con l'ipotesi che la temperatura della pelle sia uniforme su tutti gli  $n$  segmenti corporei, ovvero con  $t_i = t_{sk}$  la (4) diventa

$$I_T = \frac{\overline{t_{sk}} - t_a}{\sum_{i=1}^n (\alpha_i \cdot H_i)} \quad (5)$$

Invertendo la (5) si ottiene:

$$\frac{1}{I_T} = \frac{\sum_{i=1}^n (\alpha_i \cdot H_i)}{t_{sk} - t_a} = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot \left( \frac{H_i}{t_{sk} - t_a} \right) = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot \frac{1}{I_{T,i}} \quad (\text{modello in parallelo}) \quad (6)$$

in altre parole, nel caso in cui la temperatura della pelle sia uniforme sul corpo, l'inverso dell'isolamento termico totale è pari alla somma dei reciproci degli isolamenti termici degli  $n$  segmenti corporei pesati sulla superficie;

- b. con l'ipotesi che il flusso locale sia uniforme su tutta la superficie corporea del manichino, ovvero  $H_i = H_{sk}$  la (4) assume la seguente forma

$$I_T = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot (t_i - t_a)}{\sum_{i=1}^n (\alpha_i \cdot H_i)} = \dots = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot \frac{t_i - t_a}{H_{sk}} = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot I_{T,i} \quad (\text{modello in serie}) \quad (7)$$

in altre parole, nell'ipotesi di flusso uniforme sul corpo, l'isolamento termico è pari alla somma degli isolamenti termici degli  $n$  segmenti corporei pesati sulla superficie.

Qualunque modello si utilizzi, il valore che si ottiene è relativo all'isolamento termico totale. Per calcolare l'isolamento intrinseco  $I_{cl}$  è necessario utilizzare la relazione:

$$I_{cl} = I_T - \frac{I_a}{f_{cl}} \quad (8)$$

### 2.2.2 – Calcolo dell'isolamento termico (2)

Come accennato precedentemente, la parte destra del diagramma di flusso di **Figura 2** mette a disposizione del valutatore una serie di metodi alternativi per la valutazione dell'isolamento termico per i quali non è necessario ricorrere a strumentazione sofisticata.

In particolare sono previsti i seguenti passaggi:

#### a) Consultazione delle tabelle dell'Allegato A

L'Allegato A della norma presenta delle tabelle in cui vengono forniti valori di  $I_{cl}$ ,  $I_T$ ,  $f_{cl}$  e della massa per un'ampia ed assortita gamma di combinazioni di capi di abbigliamento. I valori indicati sono stati ottenuti tramite test su manichini termici, fermi in posizione eretta, con bassi valori di velocità dell'aria ( $v_a < 0.2 m/s$ ).

Se nelle tabelle si trova una combinazione identica a quella in esame si ottengono direttamente i valori dell'isolamento termico. Questa rappresenta la situazione ideale perché i valori derivano da test su manichino, non subiscono correzioni intermedie, e presentano, pertanto, un elevato grado di accuratezza.

Nel caso in cui si trovi una combinazione simile ma non identica si deve seguire il passo b) di seguito descritto.

Se, invece, non si è trovata una combinazione né identica né simile bisogna allora andare al passo c).

### b) Correzione delle Tabelle dell'Allegato A

Le correzioni da apportare al valore ricavato dalle tabelle dell'Allegato A devono essere effettuate mediante la relazione

$$I_{cl,a} = I_{cl,A} + 0.835 \cdot \Delta I_{clu} \quad (8)$$

dove  $I_{cl,a}$  è l'isolamento intrinseco della combinazione reale dei capi di abbigliamento;

$I_{cl,A}$  è l'isolamento intrinseco della combinazione di capi simile a quella in esame, ricavato dall'Allegato A;

$\Delta I_{clu}$  è la correzione effettuata calcolata come differenza in isolamento intrinseco tra singoli capi, ottenuti dall'Allegato B (negativa se si deve sostituire uno di isolamento intrinseco inferiore); oppure può essere la differenza di isolamento intrinseco tra due capi uguali (ad esempio entrambi maglioni) ma con tessuti o con modelli diversi; o ancora, può essere l'isolamento di un singolo capo aggiuntivo (negativo se il capo d'abbigliamento deve essere tolto dalla combinazione).

La norma sottolinea che le correzioni devono essere contenute il più possibile e che vanno preferite le interpolazioni tra due combinazioni dell'Allegato A. Infatti bisogna ricordare che i valori di isolamento termico dell'Allegato B sono relativi al singolo capo di abbigliamento ( $I_{clu}$ ), cioè valutati su manichino nudo, con indosso il solo capo di abbigliamento, considerato che dà effetti diversi rispetto al caso in cui siano presenti altri capi di abbigliamento.

### c) Formulazioni empiriche utilizzando i valori dell'Allegato B.

Nel caso in cui non si riesca a comporre la combinazione desiderata dei capi d'abbigliamento né mediante le combinazioni dell'Allegato A né apportando le correzioni tramite l'Allegato B, si può ricorrere a valutazioni basate sulle formulazioni alternative di seguito riportate.

i) Si ricostruisce l'intero abbigliamento tramite i singoli capi e dall'Allegato B si estraggono i relativi isolamenti intrinseci ( $I_{clu}$ ) che verranno combinati secondo la seguente relazione espressa in clo:

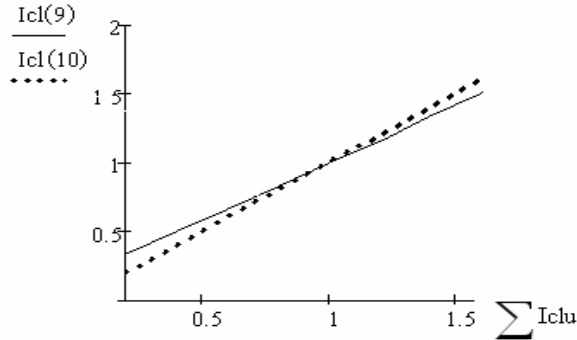
$$I_{cl} = 0.161 + 0.835 \cdot \sum I_{clu} \quad (9)$$

ii) o tramite la seguente relazione, ma con una minore accuratezza

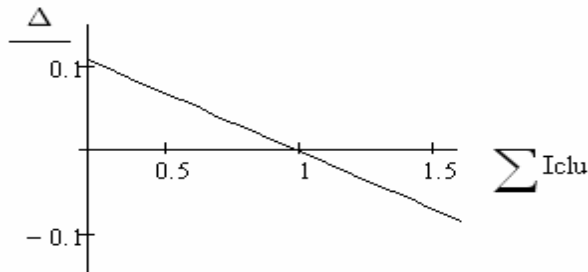
$$I_{cl} = \sum I_{clu} \quad \text{in } m^2K/W \text{ o in clo} \quad (10)$$

E' importante sapere che la (9) e la (10) sono basate su dati sperimentali in cui la distribuzione dell'isolamento sul corpo era piuttosto uniforme quindi non vanno utilizzate per situazioni che differiscono in maniera significativa da questa condizione (ad esempio nel caso di abbigliamento costituito da 3 strati per la parte inferiore del corpo ed 1 strato per la parte superiore). La (9) e a (10) sono state testate per valori compresi tra 0.2 clo e 1.6 clo.

Le figure 3 e 4 mostrano che per valori di  $\sum I_{clu}$  prossimi a 1 clo, le due formulazioni si equivalgono mentre differiscono dell'ordine di 0.1 clo verso gli estremi dell'intervallo di applicabilità.



**Figura 3:** Andamento di (9) e (10) in funzione di  $\sum I_{clu}$



**Figura 4:** Differenza  $\Delta$  tra la (9) e la (10).

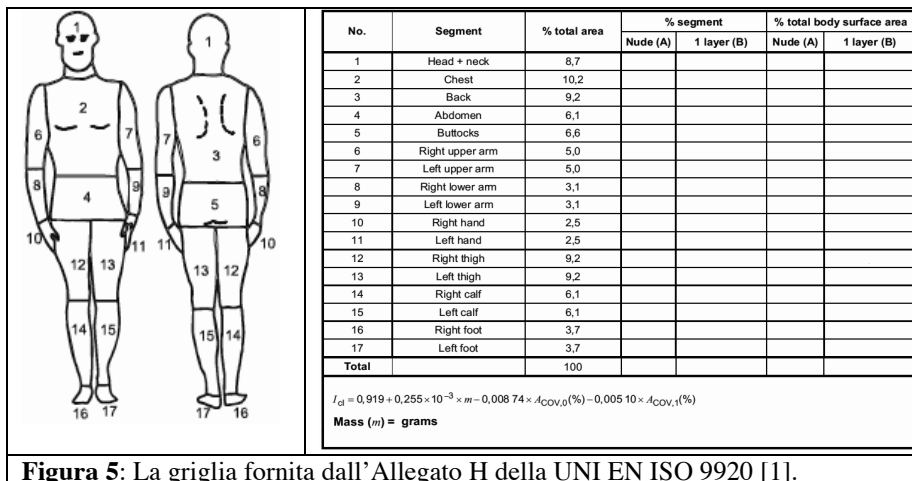
iii) L'ultima alternativa utilizza la formulazione di seguito riportata (Eq.(11)), basata sull'attribuzione di un assegnato isolamento intrinseco all'abbigliamento multistrato da valutare con massa  $m$ , al quale viene sottratto l'isolamento delle aree coperte da un singolo strato di abbigliamento e di quelle nude.

$$I_{cl} = 0.919 + 0.255 \cdot m - 0.00874 \cdot A_{COV,o} - 0.0051 \cdot A_{COV,1} \quad (11)$$

dove  $m$  è la massa dell'abbigliamento escluse le scarpe, espressa in Kg;

$A_{COV,o}$  è la percentuale di superficie corporea nuda;

$A_{COV,1}$  è la percentuale di superficie di corporea coperta da un singolo strato di abbigliamento;



**Figura 5:** La griglia fornita dall'Allegato H della UNI EN ISO 9920 [1].

La relazione (11) prevede la preliminare valutazione della percentuale di superficie corporea nuda, di quella coperta da un singolo strato o da più strati. Tale calcolo può essere effettuato utilizzando la griglia dell'Allegato H (**Figura 5**) in cui per ogni segmento corporeo viene indicata la corrispondente percentuale di area rispetto all'intera superficie corporea.

Anche per la (11) viene assegnato un campo di applicabilità che in questo caso varia tra 0.2 clo e 1.8 clo.

### 2.3 I COEFFICIENTI CORRETTIVI DELL'ISOLAMENTO TERMICO STATICO

L'isolamento termico può subire variazioni a causa di fattori come ad esempio l'attività svolta (che produce movimenti del corpo), la velocità relativa dell'aria, la postura del soggetto, la variazione di pressione in relazione all'altitudine, la presenza di aperture nei capi d'abbigliamento (ad esempio in corrispondenza del collo o dei polsini), il loro lavaggio. La norma valuta l'effetto del movimento del corpo e della velocità dell'aria. In particolare quando viene svolta un'attività, la presenza di aperture nei capi di abbigliamento permette il passaggio di aria, lo scambio termico tende ad aumentare modificando, in questo modo, l'isolamento termico (*pumping effect*). Inoltre, l'abbigliamento può essere compresso dall'aria, riducendo il proprio spessore e l'aria può entrare tra le fibre dei tessuti, oppure nelle aperture, mutando così gli scambi termici. Dal punto di vista analitico si tiene conto di tali effetti utilizzando dei coefficienti che correggono le caratteristiche termiche statiche dell'abbigliamento in modo da ottenere i valori delle caratteristiche termiche dinamiche. Per valutare questi coefficienti sono stati effettuati test su manichini fermi (dai quali si ottengono i valori statici  $I_a$ ,  $I_{cl}$ ,  $I_T$ ) ed in movimento (da cui si ricavano i valori dinamici  $I_{a,r}$ ,  $I_{cl,r}$ ,  $I_{T,r}$ ). Da queste misurazioni si sono dedotte le correzioni da apportare ai valori delle caratteristiche statiche dell'abbigliamento per tener conto dell'effetto del movimento del corpo e dell'aria. In letteratura si rintracciano alcuni studi sull'argomento di Havenith et al. [8],[9],[10],[11], di Nilsson et al. [12] per una formulazione specifica negli ambienti severi freddi.



Inoltre, bisogna evidenziare che i coefficienti correttivi delle caratteristiche statiche sono già presenti in precedenti standard per la valutazione degli ambienti severi, in particolare:

- nella UNI EN ISO 7933 [13] con formulazioni analitiche simili a quelle della UNI EN ISO 9920 ma con coefficienti dei singoli termini diversi;
- nella UNI EN ISO 11079:2008 [14], in cui viene ripresa la formulazione per gli ambienti freddi di Nilsson et al. [12]. Nella UNI EN ISO 9920 sono presenti coefficienti diversi dei singoli termini.

<b>COEFFICIENTE CORRETTIVO PER <math>I_a</math></b>	
$corrI_a = e^{[-0.533x(v_{ar}-0.15)+0.069x(v_{ar}-0.15)^2-0.462xv_w+0.201xv_w^2]}$ <p>Andamento di <math>corrI_a</math> in funzione di <math>v_{ar}</math> e <math>v_w</math></p> <p><b>Formulazione</b>  <math>I_{a,r} = corrI_a x I_a</math>  <math>I_{a,r} = I_{T,r,nude}</math></p>	<p><b>Campo di applicazione</b>  <math>I_{cl} = 0clo</math> soggetto nudo  <math>0.15m/s &lt; v_{ar} &lt; 3.5m/s</math>  <math>0 &lt; v_w &lt; 1.2m/s</math></p>
<b>COEFFICIENTE CORRETTIVO PER <math>I_T</math></b>	
$corrI_T = e^{[-0.281x(v_{ar}-0.15)+0.044x(v_{ar}-0.15)^2-0.492xv_w+0.176xv_w^2]}$ <p>Andamento di <math>corrI_T</math> in funzione di <math>v_{ar}</math> e <math>v_w</math></p> <p><b>Formulazione</b>  <math>I_{T,r} = corrI_T x I_T = I_{T,r,dressed}</math></p>	<p><b>Campo di applicazione</b>  <math>0.6clo &lt; I_{cl} &lt; 1.4clo</math>  oppure  <math>1.2clo &lt; I_T &lt; 2clo</math>  <math>0.15m/s &lt; v_{ar} &lt; 3.5m/s</math>  <math>0 &lt; v_w &lt; 1.2m/s</math></p>
<p><b>Formulazione</b>  <math display="block">I_{T,r} = \frac{[(0.6 - I_{cl}) \cdot I_{T,r,nude} + I_{cl} x I_{T,r,dressed}]}{0.6}</math></p>	<p><b>Campo di applicazione</b>  <math>0clo &lt; I_{cl} &lt; 0.6clo</math></p>
$corrI_T = e^{\{-0.512x(v_{ar}-0.4)+0.794x10^{-3}x(v_{ar}-0.4)^2-0.0639xv_w+ xv_w^{0.144}\}}$ <p><b>Formulazione</b>  <math>I_{T,r} = corrI_T x I_T</math></p>	<p><b>Campo di applicazione</b>  <math>I_T &gt; 2clo</math>  Capi con bassa permeabilità all'aria (ambienti freddi)  <math>0.4m/s &lt; v_{ar} &lt; 18m/s</math>, <math>0 &lt; v_w &lt; 1.2m/s</math>, <math>1l/m^2s &lt; p &lt; 1000l/m^2s</math></p>
$corrI_T = e^{[-0.881x(v_{ar}-0.4)+0.0779x(v_{ar}-0.4)^2-0.0317xv_w+ xv_w^{0.2648}]}$ <p><b>Formulazione</b>  <math>I_{T,r} = corrI_T x I_T</math></p>	<p><b>Campo di applicazione</b>  Per bassi valori di <math>v_a</math>  <math>0.4m/s &lt; v_a &lt; 1m/s</math>, <math>0 &lt; v_w &lt; 1.2m/s</math>, <math>1l/m^2s &lt; p &lt; 1000l/m^2s</math></p>

3 – LE APPLICAZIONI DELLA UNI EN ISO 9920.

Sono stati presi in considerazione 6 differenti lavoratori e per ognuno di loro si è voluto calcolare l'isolamento intrinseco dell'abbigliamento indossato, utilizzando le relazioni (8), (9), (10), (11). I risultati ottenuti sono riassunti in **Figura 6**.

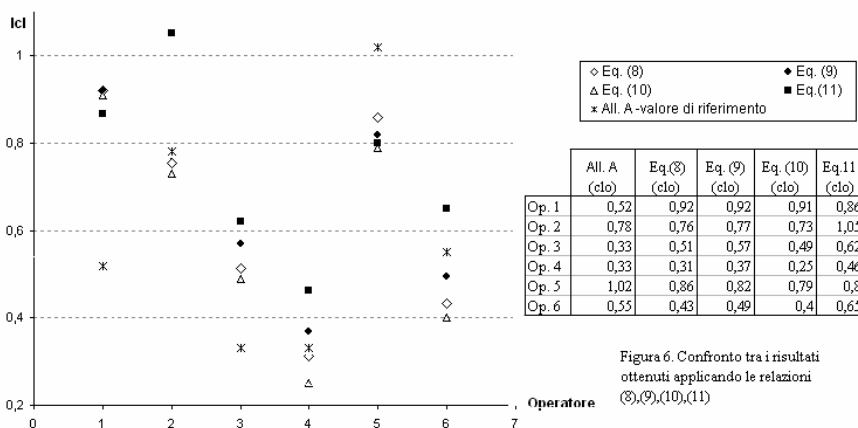


Figura 6. Confronto tra i risultati ottenuti applicando le relazioni (8),(9),(10),(11)

Figura 6

Si osserva che:

- Nel caso degli operatori 1,2,5, che indossano capi più pesanti e più strati di abbigliamento, le relazioni (8), (9), (10), (11) sembrano restituire valori più simili tra loro;
- in 4 casi su 6 la relazione (11) restituisce valori più elevati rispetto alle altre relazioni. Si osserva che di questi 4 casi, 3 sono relativi agli operatori che indossano capi più leggeri e hanno meno strati di abbigliamento. Infatti per gli operatori 1 e 5, con circa il 50% di superficie corporea coperta da 2 strati, i valori restituiti dalla (11) tendono ad uniformarsi ai risultati ottenuti con le altre relazioni. Fa eccezione l'operatore 2 per il quale la relazione (11) restituisce valori più alti. Per tale operatore accade che una massa più pesante di abbigliamento si combina con una alta percentuale (oltre il 70%) di superficie corporea coperta da 2 strati di abbigliamento. Nella relazione (11) quindi il termine 0.919 viene abbattuto poco dai termini in  $A_{COV,0}$  e  $A_{COV,1}$  e aumentato significativamente dal termine relativo alla massa;
- Nel caso dell'operatore 4, vestito con una maglietta in cotone leggero, pantaloncini corti leggeri, calzini e scarpe, nonostante si siano effettuate 3 correzioni al valore di isolamento termico scelto nelle tabelle dell'Allegato A, si è ottenuto un valore corretto molto prossimo al primo (0.31 clo contro 0.33 clo). Nel caso, invece, dell'operatore 3,

	n. correzioni	$\Delta I_{clu}$ (clo)	Valore comb. All.A (clo)	Eq.(8) (clo)
Op. 1	2 corr di cui 1 si bilancia + 1 aggiunta	0,48	0,52	0,92
Op. 2	2 corr. + 1 aggiunto	0,1	0,61	0,69
Op. 3	1 corr	0,22	0,33	0,51
Op. 4	3 corr	-0,02	0,33	0,31
Op. 5	4 corr. + 1 sottratto	-0,19	1,02	0,86
Op. 6	2 corr di cui 1 si bilancia	-0,14	0,55	0,43

per il quale si è trovata nell'Allegato A una combinazione di abbigliamento identica per 4/5 a quella reale (si è apportata una sola correzione sostituendo il pantaloncino dell'Allegato A con un pantalone della tuta) si è ottenuto un valore corretto incrementato di circa il 50% (0.51 clo contro 0.33 clo dell'Allegato A);

#### 4. LE CONCLUSIONI

In conclusione si intende evidenziare che la valutazione dell'isolamento termico dell'abbigliamento è complessa. La UNI EN ISO 9920, che rappresenta la norma tecnica di riferimento, indica due procedure:

- una prevede misurazioni in camera climatica su manichino termico oppure su soggetto umano; in questo caso sono richieste strumentazioni sofisticate (manichino termico, camera climatica, strumentazione per la misura dei parametri fisiologici) e competenze specifiche sulla strumentazione, sulle problematiche inerenti la modellazione sia della risposta del soggetto alla sollecitazione termica che del comportamento termico dell'abbigliamento;
- l'altra procedura, di più facile utilizzo perché non richiede la strumentazione specifica descritta, utilizza formulazioni alternative che richiedono comunque competenze sui tessuti.

In entrambi i casi il valutatore non conosce il valore reale dell'isolamento trattati; è comunque necessaria una conoscenza approfondita dei modelli matematici che sono alla base delle formulazioni indicate per poter valutare i risultati ottenuti.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

- [1] UNI EN ISO 9920. Ergonomia degli ambienti termici. Valutazione dell'isolamento termico e della resistenza evaporativa dell'abbigliamento.2009;
- [2] UNI EN 31092. Tessili. Determinazione delle proprietà fisiologiche. Misurazione della resistenza termica ed al vapor d'acqua in condizioni stazionarie (prova della piastra calda traspirante).1996;
- [3] Parsons K. C. Human thermal environment. The effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort and performance. London: Taylor & Francis.2003;
- [4] UNI EN ISO 9886. Ergonomia. Valutazione degli effetti termici (thermal strain) mediante misurazioni fisiologiche. 2004;
- [5] UNI EN ISO 15831. Indumenti – Effetti Fisiologici – Misurazione dell'isolamento termico per mezzo di un manichino termico.2004;
- [6] ASTM F 1291-05. Standard test method for measuring the thermal insulation of clothing using a heated manikin;
- [7] EN 13537. Requirements for sleeping bags. 2002;
- [8] Havenith G., Heus R., Lotens W.A., Resultant clothing insulation: a function of body movement, posture, wind, clothing fit and ensemble thickness. Ergonomics, 33,1 pp 67-84.1990;

- [9] Havenith G., Ronald H., Lotens W.A. Clothing ventilation vapour resistance and permeability index: changes due to posture, movement and wind. *Ergonomics*, 33,8,pp 989 – 1005. 1990;
- [10] Havenith G., Nilsson H.O. Correction of clothing insulation for movement and wind effects, a meta – analysis. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 92, pp 636 – 640. 2004;
- [11] Havenith G., Nilsson H.O. Correction of clothing insulation for movement and wind effects, a meta – analysis. *Eur. J. Appl. Physiol.* 93, pag. 506.2005 [Erratum to previous publication];
- [12] Nilsson H.O., Anttonen H., Holmér I. New algorithms for prediction of wind effects on cold protective clothing. *Proceedings of nokobetef 6 and 1st European Conference on Protective Clothing*. Kalev Kuklane and Ingvar Holmér (eds.). Stockholm, Arbete och Hälsa. 2000, pp 17-20;
- [13] UNI EN ISO 7933. Ergonomia dell'ambiente termico – Determinazione analitica ed interpretazione dello stress termico da calore mediante il calcolo della sollecitazione termica prevedibile. 2005;
- [14] UNI EN ISO 11079. Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione e interpretazione dello stress termico da freddo con l'utilizzo dell'isolamento termico dell'abbigliamento richiesto (IREQ) e degli effetti del raffreddamento locale. 2008.



## **AMBIENTE TERMICO MODERATO. INDAGINE STRUMENTALE E VALUTAZIONE DELL'AMBIENTE MICROCLIMATICO IN ALCUNE CABINE DI GUIDA DI LOCOMOTORI**

**Pierangelo Tura<sup>(1)</sup>, Marco Fontana<sup>(1)</sup>, Giorgio Biamino<sup>(2)</sup>**

(1) A.R.P.A. Piemonte – Rischio Industriale ed Igiene Industriale

(2) S.Pre.S.A.L. ASL AL di Alessandria

### **1. PREMESSA**

Le novità introdotte dal D.Lgs. n.81/2008 sono molteplici e in particolare negli articoli 180 e 181 per la prima volta il microclima viene esplicitamente inserito nell'elenco dei rischi fisici e, come tale, deve essere oggetto di valutazione. In verità la novità è più di tipo formale in quanto dal punto di vista applicativo già prima del D.Lgs.81/2008 diversi riferimenti tecnici, norme e documenti di buona prassi venivano utilizzati dagli "addetti ai lavori" che dovevano affrontare il problema al fine di rispettare quelle indicazioni generali sulla adeguatezza delle condizioni microclimatiche in ambiente lavorativo contenute nelle normative vigenti. Un'apparente incongruenza può derivare dal fatto che nel Testo Unico si parla di prevenzione dal rischio e quindi ci si riferisce agli ambienti definiti "severi", mentre per il microclima in ambiente moderato ci si muove nell'ambito della valutazione del discomfort, dove la tutela della salute sarebbe data scontata.

Tale distinzione si ritiene non essere così netta e che il confine tra rischio e discomfort in molti casi non sia ben definito. Ad esempio basti pensare a categorie di lavoratori indicate dallo stesso Testo Unico come "particolarmente sensibili", oppure alle categorie di lavoratori che operano in situazione di stress sulle quali le condizioni microclimatiche possono influire sullo stato psicofisico, generando indirettamente condizioni di rischio. Ad esempio senz'altro rappresentativa in questo senso è la mansione del conducente di mezzi di trasporto collettivo il quale ha la responsabilità oltre che della propria sicurezza anche di quella dei passeggeri.

La struttura di Rischio Industriale ed Igiene Industriale di A.R.P.A. Piemonte, come supporto tecnico dei Servizi di Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro (S.Pre.S.A.L.) del Piemonte, ha svolto una serie di interventi di monitoraggio di tipo microclimatico presso diverse tipologie di cabine di guida di locomotori in ambito di attività di vigilanza e ispezione.

Le problematiche affrontate hanno riguardato, attraverso misure strumentali, la stima e valutazione dell'ambiente termico inteso in termini di discomfort sia di tipo globale che locale.

Nel presente lavoro sono esposti ed analizzati i risultati di tale attività che ha riguardato prevalentemente tipologie di locomotori di vecchia generazione, segnalati

come potenzialmente più problematici in merito alle condizioni microclimatiche delle postazioni di guida. Le cabine sono risultate spesso sprovviste di impianti tecnologici di condizionamento o trattamento dell'aria, oppure sottoposte nel tempo ad interventi di modifica rispetto alla struttura originale, con l'inserimento di impianti e o dispositivi per il controllo e la gestione del microclima.

La tipologia di ambiente di lavoro considerato è senz'altro molto particolare, sia in termini di spazio della postazione sia in termini di compito lavorativo. La finalità del presente contributo è quello di esporre e approfondire la conoscenza acquisita durante gli interventi di ispezione e monitoraggio strumentale, al fine di discutere le problematiche e criticità riscontrate. Si è cercato di individuare le cause e fornire se possibile gli strumenti, sulla base delle esperienze maturate in campo, per definire metodi di approccio all'indagine e gestione del problema, estendibili ad ambienti di lavoro simili e in alcuni casi se possibile generalizzabili a qualsiasi tipologia di ambiente termico.

## 2. AMBIENTE MODERATO – NORME GENERALI E SPECIFICHE

Con il termine microclima si intende il complesso di parametri ambientali che caratterizzano localmente l'ambiente in cui l'individuo vive e lavora e che, congiuntamente a parametri individuali quali l'attività metabolica la quale è strettamente correlata al compito lavorativo e l'abbigliamento, determinano gli scambi termici tra soggetto e ambiente circostante. L'approccio al problema, la conduzione dell'indagine, e di conseguenza le relative norme di riferimento, dipendono naturalmente dalla tipologia di ambiente termico in questione. A questo scopo vengono individuate due classi di "ambiente termico": quello definito appunto *moderato* e quello *severo*; nel primo caso l'obiettivo è il raggiungimento delle condizioni di benessere nel secondo la tutela della salute; ma in quale contesto ha senso parlare di comfort piuttosto che di rischio? Qual'è il criterio oggettivo per cui un ambiente può essere classificato in un gruppo piuttosto che nell'altro? Sinteticamente: si definiscono ambienti termici vincolati quei luoghi di lavoro nei quali esistono particolari esigenze produttive o fattori naturali che, vincolando uno o più dei parametri microclimatici (temperatura, umidità, abbigliamento, attività metabolica, ecc.) impediscono che possano essere realisticamente perseguite le condizioni di comfort. Vengono invece definiti moderabili tutti quegli ambienti nei quali non sussistono condizioni di vincolo e nei quali pertanto l'obiettivo del comfort risulta realisticamente perseguibile.

In altre parole gli ambienti classificati come moderati sono quelli in cui l'individuo dovrebbe poter raggiungere la condizione di omeotermia, ovvero di benessere termico o neutralità termica, grazie ad un moderato grado di intervento del proprio sistema di termoregolazione; essi dovrebbero essere caratterizzati dal fatto di presentare condizioni ambientali piuttosto omogenee e stabili nel tempo, assenza di rilevanti scambi termici localizzati fra soggetto e ambiente, attività fisica modesta e simile per i diversi soggetti presenti nell'ambiente di lavoro e infine uniformità del vestiario indossato dai diversi operatori.

L'ambiente oggetto del presente lavoro ovvero la postazione di guida di locomotori, in relazione all'attività svolta, rientra senz'altro nella definizione di classificazione

di ambiente moderato; si tratta infatti di uno spazio confinato di ridotte dimensioni dove lo svolgimento dell'attività lavorativa prevista non prevede vincoli in nessuno dei parametri microclimatici in gioco. I fattori principali che influiscono sulle condizioni microclimatiche della cabina sono senz'altro le condizioni climatiche esterne, pertanto l'ambiente termico interno e il conseguimento delle condizioni di comfort risultano essere teoricamente e realisticamente perseguibili. In presenza di ambiente moderabile si tratta di valutare una condizione di benessere secondo i requisiti previsti dall'allegato IV del D.Lgs.81/2008 che riporta indicazioni relative alla adeguatezza di alcune grandezze climatiche relative all'ambiente lavorativo, riprendendo in sostanza concetti generali presenti già nella precedente normativa (ad es. D.Lgs.626/1994, D.Lgs. 303/1956).

Sebbene la classificazione tra ambiente severo e moderato sia riconducibile ad una serie di criteri oggettivi, si ritiene che la conseguente distinzione di valutazione, di un rischio nel primo caso e di un discomfort nel secondo, non sia altrettanto ben definita. Più precisamente, se è senza dubbio vero che un ambiente di tipo severo implichi potenziali condizioni di rischio per i lavoratori è opinione di chi scrive che in alcuni casi anche in ambiente moderato si possano verificare situazioni di rischio per il lavoratore direttamente o indirettamente correlabili alle condizioni microclimatiche presenti nel posto di lavoro. Infatti come accennato nel paragrafo precedente il caso in questione ne è un esempio. La mansione di conducente di locomotori, ma lo stesso discorso vale per qualsiasi altro tipo di mezzo di trasporto, lavora in condizioni di prolungato stress sia di tipo fisico che nervoso determinato dal fatto di prestare attenzione al percorso e a tutte le dinamiche previste (fermate, stop, ecc.) o impreviste (legate al verificarsi situazioni di potenziale pericolo durante il tragitto) che rappresentano un rischio per la sicurezza del conducente stesso, degli eventuali passeggeri e dell'ambiente in cui il mezzo si muove. La condizione di discomfort in questo caso interviene come elemento disturbante e/o irritante che può agire sul livello di concentrazione e attenzione del lavoratore e naturalmente accrescere ulteriormente il livello di stress psicofisico; si tenga infine in considerazione che in alcuni periodi dell'anno particolarmente critici (ad esempio durante la stagione estiva) si possono verificare all'interno della cabina di guida, se essa non è adeguatamente "protetta" in tal senso, condizioni microclimatiche aventi alcuni parametri, ad esempio la temperatura, che raggiungono valori generalmente associabili ad ambienti di tipo severo.

Fatta questa opportuna precisazione è chiaro che in ambito di caratterizzazione, stima e valutazione delle condizioni microclimatiche ci muoviamo in questo caso nell'ambito dell'ambiente moderato. La valutazione delle condizioni di comfort si traduce nella determinazione dello scostamento delle condizioni reali da quelle di benessere. Come è noto nella definizione del comfort termico la normativa di riferimento è rappresentata dalla norma UNI EN ISO 7730, sottoposta poco tempo fa a revisione [2], la quale si basa sugli indici descrittivi di Fanger [3] che sono funzione appunto delle variabili ambientali e personali da cui lo stato di comfort dipende.

Un microclima confortevole è quello che suscita nella maggioranza degli individui esposti una sensazione di soddisfazione per l'ambiente; si distinguono due tipologie di comfort: globale e locale. Il comfort globale è legato al mantenimento della neutralità termica del corpo umano mediante l'intervento del sistema di



termoregolazione che ha il compito di mantenere stabile la temperatura del nucleo corporeo. Il discomfort locale riguarda invece scambi termici localizzati in specifiche aree superficiali del corpo umano. Per quanto riguarda il benessere globale il metodo di valutazione si basa, come è noto, sugli indici PMV e PPD. Il primo (Voto Medio Previsto) classifica l'ambiente correlandolo alla sensazione termica secondo lo schema riportato in **Tabella 1a**; il secondo rappresenta la percentuale di insoddisfatti corrispondente ad un determinato valore di PMV; si ottiene ad esempio che per  $PMV=0$ , condizione definita di omeotermia, si ha un PPD del 5% a dimostrazione del fatto che nel processo di valutazione dell'ambiente termico da parte dell'individuo vi è una componente intrinseca di soggettività.

**Tabella 1a**

PMV	sensazione
+3	molto caldo
+2	caldo
+1	leggermente caldo
0	né caldo né freddo
-1	leggermente freddo
-2	freddo
-3	molto freddo

**Tabella 1b**

Simbolo	Quantità	Intervallo utile
M	Dispendio energetico metabolico	0,8-4 <i>mgl</i>
$i_{cl}$	Resistenza termica del vestiario	0-2 <i>clo</i>
$t_a$	Temperatura dell'aria	10-30 °C
$t_r$	Temperatura media radiante	10-40 °C
$v_a$	Velocità dell'aria	0,05-1 m/s
$p_a$	Pressione parziale di vapore d'acqua	0 Pa-2700 Pa

In **Tabella 1b** sono riportati invece i parametri ambientali e personali, e i relativi intervalli di applicazione, che concorrono alla determinazione dell'indice PMV.

Per quanto riguarda il discomfort locale l'ultima versione della UNI EN ISO 7730 individua quattro potenziali sorgenti, legati alla presenza di disomogeneità nel riscaldamento o raffreddamento del corpo umano, in particolare: correnti d'aria, gradiente verticale di temperatura, pavimenti con temperatura eccessivamente alta o bassa, asimmetria radiante. Per ciascuno dei quattro fattori di discomfort locale la norma UNI EN ISO 7730 definisce in dettaglio i criteri di valutazione quantificando il disturbo attraverso degli "indici di discomfort locale", riferiti alla percentuale di insoddisfatti (PD), e dei rispettivi intervalli di accettabilità che vengono sintetizzati in **Tabella 2**.

**Tabella 2.**

Categoria	Comfort locale					
	% insoddisfatti (PD%) massima					
	PPD%	PMV	correnti d'aria	gradiente di temperatura verticale	temperatura pavimento	asimmetria radiante
A	< 6	-0.2<PMV<+0.2	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 10	-0.5<PMV<+0.5	< 20	< 5	< 10	< 5
C	< 15	-0.7<PMV<+0.7	< 30	< 10	< 15	< 10

Dalla **Tabella 2** viene mostrato come l'attuale revisione della norma UNI EN ISO 7730 introduce tre classi di qualità (A, B, C). Nella precedente versione della norma i limiti di accettabilità coincidevano con quelli fissati per la categoria B, eccetto il caso delle correnti d'aria per le quali il limite era il 15%. È opinione di chi scrive che questa suddivisione in sottocategorie, sebbene per certi versi tale

diversificazione possa rappresentare un pregio in termini di qualità, risulta di difficile applicazione pratica in quanto gli intervalli proposti sono troppo ristretti considerata l'incertezza che grava sulle quantità, ambientali e personali, che intervengono nel calcolo degli indici. Vi sono infatti studi [12, 13, 14] che analizzano la propagazione degli errori che si commettono nella misura e/o valutazione delle variabili indipendenti, ambientali e personali, sul valore del PMV. Si afferma che con valori delle precisioni fornite dalla UNI EN ISO 7726 il PMV non è valutabile con errori minori di  $\pm 0.2$  e che pertanto è auspicabile l'uso di strumenti con precisioni maggiori di quelle indicate dalla stessa norma.

Infine nella stessa norma UNI EN ISO 7730 non vengono definiti i criteri in base ai quali assegnare un ambiente ad una delle tre classi di qualità. Alcuni autori hanno proposto recentemente [15] un interessante schema o metodo per la classificazione degli ambienti termici; per ulteriori approfondimenti sugli argomenti qui sinteticamente introdotti rimandiamo ai riferimenti bibliografici.

### 3. MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE MISURE

Le misurazioni strumentali sono state effettuate utilizzando una centralina di acquisizione dati dotata di diversi ingressi ai quali venivano collegate le opportune sonde microclimatiche in funzione della tipologia di misura da eseguire. La valutazione dell'ambiente termico globale mediante l'elaborazione degli indici di Fanger conduce alla misura dei seguenti parametri fisici: temperatura del globotermometro, temperatura del bulbo umido, temperatura del bulbo secco, umidità relativa, velocità dell'aria; l'acquisizione simultanea di tali grandezze è stata pertanto ottenuta utilizzando una sonda psicrometrica, il globotermometro e un anemometro a filo caldo. Nel caso di misure finalizzate alla stima di discomfort di tipo locale sono state utilizzate, singolarmente o in combinazione alle sonde precedenti, anche la sonda termometrica per pavimenti-caviglie e il radiometro netto.

La fase preliminare nell'impostazione di una misura di tipo microclimatico il consiste nell'individuazione del punto in cui posizionare le sonde al fine di ottenere un rilievo il più possibile rappresentativo in relazione alla problematica segnalata. In questo caso si tratta di un ambiente molto ridotto in termini di spazio e la postazione di lavoro è fissa in quanto corrisponde al sedile sul quale si posiziona il macchinista durante la conduzione del mezzo. Le sonde sono state pertanto posizionate in prossimità della postazione di guida il più vicino possibile al conducente (come mostrato in **Figura 1**) ma evitando che la strumentazione potesse interferire o limitare i movimenti e le operazioni che l'addetto doveva compiere. Allo stesso modo quando si è resa necessaria una valutazione di discomfort di tipo locale le sonde venivano posizionate nei punti segnalati dai conducenti come significativi in relazione alla tipologia di disagio tra quelle indicate nel paragrafo precedente; in questo caso si trattava naturalmente di spazi più localizzati rispetto a quella che è una valutazione di tipo globale dell'ambiente termico. Una fase successiva ha riguardato invece l'osservazione della tipologia di abbigliamento dei lavoratori e dei compiti operativi da essi svolti durante l'attività al fine di determinare in termini quantitativi i parametri relativi rispettivamente alla resistenza termica del vestiario

( $I_{cl}$ ) e al dispendio energetico metabolico (M). Le sonde richiedono in genere un periodo di “acclimatamento” prima di cominciare l’acquisizione che dipende dal tipo di luogo e quindi dalle condizioni ambientali presenti; a questo scopo dopo il posizionamento della catena di misura nel punto scelto come significativo è seguito un tempo di attesa compreso tra 20 e 30 minuti circa prima di dare inizio alla misura. Le misure sono state effettuate in accordo a quanto previsto dalla normativa e dagli standard tecnici di riferimento [2,3,4] in particolare la strumentazione impiegata è conforme alla norma ISO 7726. La catena strumentale utilizzata è costituita dalla centralina di acquisizione tipo BABUC A, realizzata dalla LSI, corredata dalla serie di sonde e sensori citati in precedenza. I dati acquisiti sono stati poi elaborati in un secondo tempo, mediante il programma InfoGap Evoluto, al fine di ricavare gli opportuni indici descrittivi. Le misure sono state effettuate posizionando la centralina e le relative sonde collegate su un cavalletto di tipo fotografico, fissate mediante appositi supporti (**Figura 1**); le sonde di misura sono state quindi posizionate ad una altezza da pavimento tale da essere in corrispondenza del nucleo del corpo del conducente che ricordiamo essere in posizione seduta durante la guida del mezzo. Ogni misurazione ha avuto una durata temporale pari a circa quella della tratta percorsa dal treno; l’indagine ha riguardato locomotori che venivano impiegati su linee di tipo locale quindi di breve lunghezza e caratterizzate da diverse fermate. Le misure hanno quindi avuto una durata complessiva pari ad un intervallo temporale compreso tra 60 e 90 minuti circa.



**Figura 1:** Centralina di acquisizione dati con relative sonde collegate, in alcune postazioni di misura, montati su un cavalletto e supporti.

Nella seguente **Tabella 3** vengono riportate in modo sintetico, secondo una numerazione crescente, le informazioni principali relative ad ogni misurazione, ovvero: modello di locomotore, se la cabina è dotata di impianto di trattamento dell’aria, se tale impianto fa parte della struttura e dotazione originale della cabina o se è stato aggiunto in un secondo tempo e infine se si sono rilevate condizioni di discomfort locale e di quale tipologia.

Nel seguito per semplicità il riferimento ad ogni postazione di misura verrà fatto mediante il relativo punto di misura riportato in tabella in ordine crescente nella prima colonna.

Tutte le misurazioni sono state effettuate durante il periodo estivo (luglio – settembre) in quanto le criticità di tipo microclimatico segnalate dai lavoratori, si manifestavano nelle cabine di guida durante i periodi caldi ed erano dovute, secondo quanto dichiarato dai soggetti esposti, alla inadeguatezza degli ambienti e degli impianti tecnologici di trattamento dell'aria delle cabine stesse, trattandosi in generale di mezzi di vecchia generazione da un punto di vista strutturale, tecnologico e di numero di anni di servizio.

**Tabella 3:** Postazioni di misura.

Misura	Locomotore	Impianto di trattamento aria	Tipo di impianto	Discomfort locale
1	668	Non presente	--	Correnti d'aria
2	668	Non presente	--	Correnti d'aria
3	424	Presente	Aggiunto	Correnti d'aria Gradienti termici Caviglie-Pavimento
4	424	Presente	Aggiunto	Correnti d'aria Gradienti termici Caviglie-Pavimento
5	646	Presente	Aggiunto	No
6	646	Presente	Aggiunto	No
7	632	Presente	Dotazione originaria	No
8	633	Presente	Dotazione originaria	No
9	633	Presente	Dotazione originaria	No

Secondo le informazioni acquisite e quanto osservato durante i sopralluoghi e in riferimento a quanto previsto dagli standard tecnici e le normative [2 ÷ 6] si è proceduto alla valutazione e quantificazione dei parametri personali, relativi al dispendio metabolico associato all'attività lavorativa e alla resistenza termica del vestiario. I valori utilizzati per la mansione di conducente sono risultati essere i seguenti:

M = 1.68 met	Metabolismo energetico corrispondente ad attività di conduzione tram - treno.
I <sub>cl</sub> = 0.5 ÷ 0.7 clo	Condizioni di vestiario estivo leggero.

Come si osserva dalla **Tabella 3** per ogni tipologia di locomotore, tranne che in un caso, sono state effettuate due misurazioni. In una tipologia di locomotore non era presente l'impianto di condizionamento dell'aria, ma nei modelli 632 e 633 faceva parte della dotazione originaria della cabina mentre nei locomotori 646 e 424 è stato

installato successivamente inserendolo negli spazi della cabina accessibili e adatti a tale funzione.

Nel paragrafo successivo verranno mostrati i risultati strumentali ottenuti e le problematiche, criticità e anomalie rilevate.

#### 4. RISULTATI STRUMENTALI

La stima e valutazione dell'ambiente termico globale richiede l'acquisizione di una ampia gamma di parametri ambientali al fine di elaborare gli indici descrittivi di Fanger che esprimono quanto le condizioni rilevate siano vicine o distanti da quelle ottimali ovvero di ambiente neutro. Nella **Tabella 4** seguente riportiamo pertanto le grandezze fisiche ambientali principali rilevate in ogni misurazione, al fine di mostrare un quadro generale delle condizioni microclimatiche presenti in ogni ambiente. Nelle ultime due colonne sono mostrati i valori di temperatura e umidità relativa ambientali presenti in esterno, al fine di avere un riferimento delle condizioni climatiche presenti il giorno in cui sono state effettuati i campionamenti in cabina.

**Tabella 4:** Ta: temperatura dell'aria; RH: umidità relativa; Va: velocità dell'aria; Tr: temperatura media radiante.

Misura	T <sub>a</sub> [°C]	RH [%]	T <sub>r</sub> [°C]	V <sub>a</sub> [m/s]	T <sub>a</sub> [°C] esterna	RH [%] esterna
1-668	34.2	37%	36.2	0.3	≅34	35÷40%
2-668	34.7	34%	38.3	0.7	≅34	35÷40%
3-424	30.5	29%	33.5	0.1	≅31	30÷35%
4-424	31.0	32%	34.8	0.1	≅31	30÷35%
5-646	28.1	35%	29.9	0.3	≅25	≅30%
6-646	27.0	26%	30.7	0.4	≅25	≅30%
7-632	29.1	45%	31.2	0.2	≅30	≅40%
8-633	25.7	47%	26.0	0.2	≅19	≅60%
9-633	24.5	37%	25.5	0.3	≅17	≅50%

Si deve osservare che tutti i valori delle grandezze riportate nella **Tabella 4** si riferiscono ai valori medi degli intervalli temporali di misura di ogni postazione.

Come detto in precedenza tutte le misurazioni sono state effettuate in periodo estivo; una prima osservazione va pertanto fatta in merito alle misure n.10 e n.11 dove si osservano valori di temperatura esterna molto più bassi rispetto agli altri. In questo caso è bene precisare che si era in una giornata di fine estate non particolarmente calda e che le misure sono state compiute su tratte che percorrevano zone di montagna (Val di Susa). Tutti gli altri rilevamenti invece sono stati effettuati su tratte locali in aree di pianura (province di Alessandria e Novara) nei mesi di luglio e agosto; anche in questo caso si osserva una situazione meno critica in termini di

caldo nelle misure n.8 e n.9, rispetto alle temperature elevate registrate negli altri giorni.

Nella **Tabella 5** seguente riportiamo la valutazione dell'ambiente termico globale effettuata mediante gli indici di Fanger, ricavati dai parametri ambientali acquisiti durante le misurazioni. L'indice descrittore rappresenta appunto una valutazione e classificazione "riassuntiva" associata alla postazione di lavoro, derivante dall'elaborazione delle singole grandezze fisiche che esprimono le condizioni ambientali presenti nella postazione e dai parametri personali che sono invece espressione del compito lavorativo.

**Tabella 5:** Indici microclimatici ottenuti per ogni postazione di misura.

Misura	PMV	PPD [%]	Misura	PMV	PPD [%]
1-668	N.C.	N.C.	6-646	1.1	32%
2-668	N.C.	N.C.	7-632	1.7	65%
3-424	1.9	71%	8-633	0.8	20%
4-424	2	75%	9-633	0.7	16%
5-646	1.3	43%	<u>N.C.: Non Calcolabile</u>		

In generale si osserva che non vi sono situazioni riconducibili a condizioni di ambiente termicamente neutro tranne in un caso, locomotore 633, in cui si ha una situazione di "leggero discomfort". In verità tale risultato se osservato più attentamente, non è da considerarsi oggettivamente migliore degli altri se messo in relazione alle condizioni esterne riportate in **Tabella 4**; infatti all'interno della cabina, provvista anche di impianto di condizionamento, si registrano valori di temperatura più elevati rispetto a quelli esterni di circa 6÷7°C e l'umidità relativa è inferiore di circa il 20%. Tale risultato verrà discusso in dettaglio in seguito.

In nessun caso è stata rilevata una situazione di ambiente termico riconducibile ad una delle classi di qualità (A,B o C) definite dall'ultima versione della norma UNI 7730.

Nelle misure n.1 e n.2 gli indici di Fanger risultano essere Non Calcolabili; tale condizione si verifica quando uno o più parametri fisici rilevati dal campionamento ambientale sono al di fuori dei limiti di applicabilità definiti per l'ambiente moderato, riportati in **Tabella 1b**. In questo caso si può osservare che la temperatura dell'aria rilevata in cabina è molto al di sopra di 30°C che rappresenta il limite superiore dell'intervallo di applicabilità. Il locomotore 668 è l'unico tra quelli oggetto di indagine a non avere un impianto di trattamento dell'aria pertanto le condizioni interne come si può osservare, sono analoghe a quelle di caldo elevato presenti in esterno. L'assenza di impianti tecnologici non permette, durante la stagione estiva, di attuare alcuna difesa, rimedio e contenimento rispetto ad eventuali situazioni ambientali esterne di caldo elevato come quelle presenti il giorno in cui sono state effettuati i rilievi strumentali. Certamente la presenza di una unità di trattamento dell'aria rappresenta una condizione necessaria ma non sufficiente a garantire il comfort termico per diverse ragioni: efficienza dell'impianto, adeguata gestione e utilizzo, corretta progettazione. Infatti come si osserva dalla **Tabella 1** anche negli altri casi in cui sono presenti impianti tecnologici si hanno situazioni non adeguate; alcune delle problematiche che

possono presentarsi anche in presenza di impianti di condizionamento verranno mostrati e discussi nel seguito.

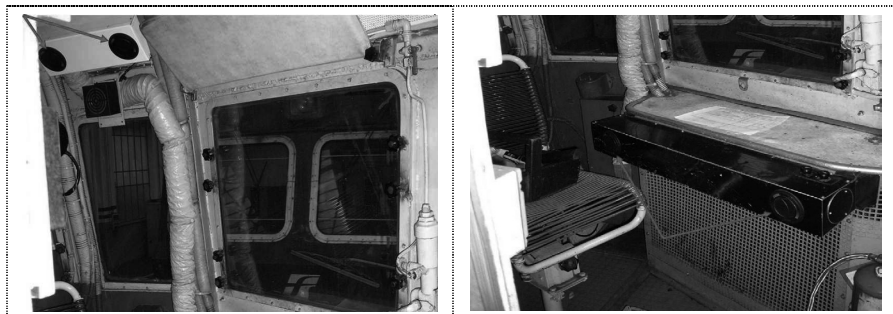
Anche nelle misure n.3 e n.4 relative al locomotore 424 si osservano in **Tabella 4** temperature al di sopra di 30°C ma, a differenza del caso appena discusso relativo alla cabina del 668, è stato possibile calcolare gli indici di Fanger come riportato in **Tabella 5**. La spiegazione di questo dato è la seguente: la temperatura all'interno della cabina oscillava tra valori al di sopra e al di sotto di 30°C (circa tra 27÷34°C); quello riportato in **Tabella 4** rappresenta pertanto il valore medio. Per temperature inferiori a 30°C in fase di elaborazione dati è stato pertanto possibile calcolare i relativi indici descrittivi. In realtà l'ambiente termico sarebbe più correttamente rappresentato da indici di Fanger che oscillano tra i valori riportati in **Tabella 5** (misure n.3 e n.4) e la condizione di N.C. Questo andamento anomalo della temperatura verrà ripreso e ampiamente discusso nel seguito.

In generale nella **Tabella 5** si osservano tutte situazioni di marcato discomfort, si tenga presente che la stessa norma UNI 7730 al punto 4.1 afferma che, entro i limiti di applicabilità di **Tabella 1b**, "l'indice PMV deve essere usato soltanto per valori compresi tra  $\pm 2$ "; al di fuori di tale intervallo il discomfort è tale da non essere più rappresentativo e associabile ad un ambiente di tipo moderato.

Nelle cabine dei locomotori 668 e 424, come riportato in **Tabella 3**, sono state effettuate misurazioni finalizzate alla verifica di potenziale sorgenti di discomfort di tipo locale. Nel primo caso, misure n.1 e n.2, è stata rilevata una situazione di discomfort dovuto a correnti d'aria con valori di velocità superiori al limite di applicabilità per l'ambiente moderato e con il relativo indice descrittore, il quale quantifica il rischio da correnti d'aria, che è risultato N.C. (Non Calcolabile). In questo caso il disagio era generato dalla apertura dei finestrini da parte dell'autista durante il tragitto, con lo scopo di favorire il movimento dell'aria interna e quindi ridurre la sensazione di disagio generata dalle elevate temperatura presenti in cabina. Infatti la mancata presenza di un impianto di condizionamento e quindi la possibilità di controllare i parametri ambientali interni, faceva sì che in cabina fossero presenti le stesse condizioni esterne di caldo persistente. In questo caso il flusso d'aria generato mediante il finestrino in modo incontrollato, da una parte poteva attenuare anche se in modo limitato l'elevata sensazione di caldo, ma allo stesso tempo generava una ulteriore sorgente di disagio la quale contribuiva al senso di insoddisfazione e stress del conducente. La condizione psicofisica del lavoratore è un aspetto importante in ambito di valutazione di tipo microclimatico [19] in quanto può modificare in senso peggiorativo la percezione del disagio rispetto a quello che è il reale discomfort presente nell'ambiente.

Nel caso del locomotore 424 la generazione delle sorgenti di disagio locale era generata in modo più articolato. In questa cabina era infatti presente un impianto di condizionamento dell'aria ma che non era parte strutturale dell'ambiente, ma era stato aggiunto in un secondo momento proprio per cercare di gestire il microclima interno. L'impianto installato su una cabina originariamente sprovvista perché di vecchia generazione e quindi non concepito e integrato in fase di progettazione,

risulta come un “corpo esterno” che deve sfruttare per il suo inserimento spazi molto vincolati e che non tengono conto della posizione degli operatori, spesso anzi entrano in “conflitto” con esse generando nuove problematiche proprio come è successo in questo caso.



**Figura 2:** Cabina del locomotore 424. Bocchette di immissione dell'aria, superiori (a sinistra) e inferiori (a destra).

Infatti l'impianto in questione era concepito con una serie di bocchette per l'immissione d'aria poste a ridosso del soffitto e ad altezza dei sedili della cabina (**Figura 2**) proprio in corrispondenza dell'altezza del bacino dei conducenti che naturalmente si trovano in posizione seduta. Queste ultime erano la causa di una condizione di forte discomfort da correnti d'aria; infatti presso la postazione dei conducenti a circa 40cm di distanza dalle bocchette si registrava una velocità dell'aria estremamente elevata pari a circa 6m/s! Il relativo indice era ovviamente definito come N.C. Si deve osservare che alle spalle dei conducenti era situata la sala motori e che la parete divisoria risultava calda e non in buone condizioni in termini di isolamento. Tale situazione molto disomogenea dal punto di vista termico con sorgenti di elevati flussi d'aria fresca estremamente localizzati ha generato in cabina ulteriori condizioni di discomfort locale, dovute rispettivamente a gradienti termici verticali con il relativo indice di insoddisfatti PD (si veda la **Tabella 2**) pari al 15%, e discomfort da elevate temperature caviglia-pavimento con il relativo indice di insoddisfatti pari al 20%.

Sebbene l'ambiente di lavoro rappresentato dalle cabine di guida dei locomotori potrebbe sembrare facilmente gestibile dal punto di vista microclimatico in quanto trattasi di spazi confinati e molto ridotti per estensione e volume, tale ipotesi risulta del tutto errata alla luce di quanto appena esposto, a dimostrazione del fatto che l'analisi e gestione dell'ambiente di lavoro dal punto di vista termico deve essere fatta in modo rigoroso in quanto è caratterizzata da problematiche complesse indipendentemente dalla tipologia della postazione.

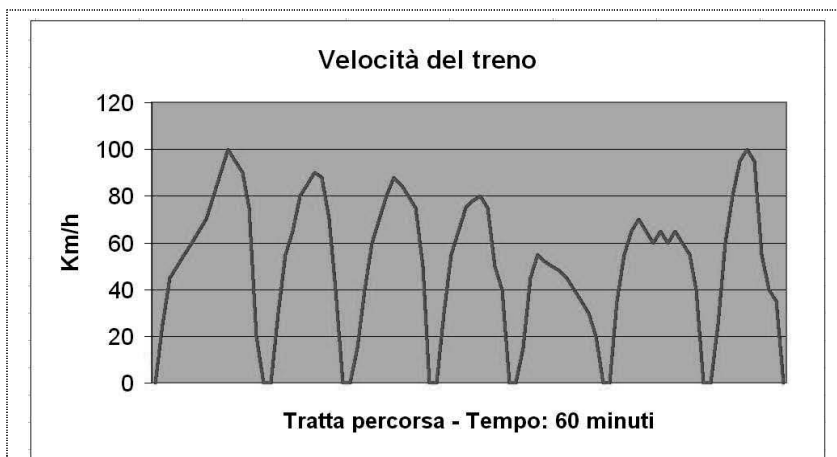
Si tenga comunque presente che i risultati delle indagini riportati nel presente lavoro hanno riguardato una serie di locomotori di vecchia generazione segnalati come critici per diversi aspetti; si è trattato pertanto di indagini mirate su situazioni già note come potenzialmente problematiche.

Nel seguito verranno approfonditi alcuni aspetti particolari legati alle situazioni di discomfort generale riportate in **Tabella 5**, che evidenziano la non adeguata gestione degli ambienti.

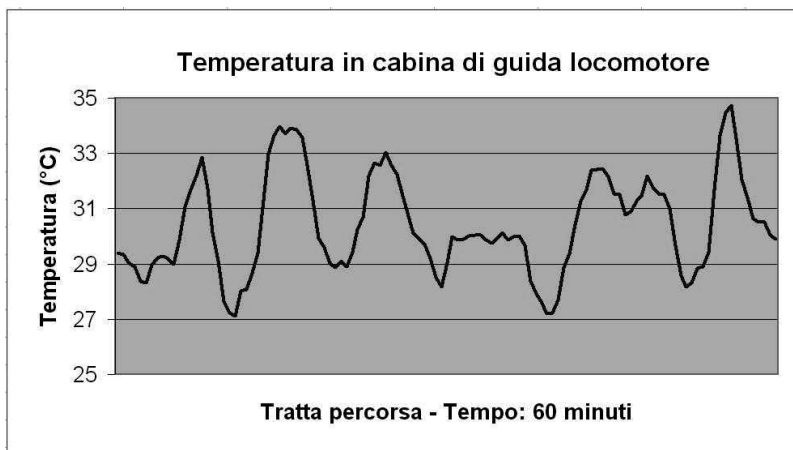


Caso particolare 1 – Locomotore 424.

Secondo quanto già anticipato nel paragrafo precedente è stata osservata una situazione microclimatica piuttosto singolare all'interno delle cabine, che si è verificato essere correlata alle condizioni di degrado delle cabine stesse. La situazione descritta nel seguito si è riscontrata in modo più o meno evidente in entrambe le misurazioni (n.3 e n.4); i dati seguenti si riferisco al caso peggiore (misura n.3).



**Figura 3:** Andamento della velocità del treno lungo la tratta.



**Figura 4:** Oscillazioni di temperatura in cabina di guida.

In cabina di guida è presente un'unità di climatizzazione le cui bocchette che immettono aria fresca sono posizionate, come già descritto in precedenza, a soffitto e all'altezza dei sedili dei macchinisti (**Figura 2**).

Si osserva inoltre che alle spalle delle postazioni dei conducenti, separato da una parete divisoria, si trova un ambiente caldo in quanto vi è il locale in cui sono

installati i motori del locomotore. Durante la misurazione si è osservata una oscillazione anomala della temperatura dell'aria a cui si è già fatto riferimento nel paragrafo precedente. Le variazioni che avvenivano in un intervallo piuttosto ampio compreso tra 27°C e 35°C, come è mostrato dalla **Figura 4**, si è osservato essere dipendenti dal movimento del treno o meglio dalla sua velocità. Infatti nei momenti di massima velocità la temperatura in cabina aumentava per poi diminuire quando il treno rallentava in prossimità di una fermata e raggiungere valori minimi durante i minuti di sosta in stazione. A questo proposito è stato messo a confronto il grafico delle velocità del treno raggiunte durante la tratta percorsa, riportato in **Figura 3**, con l'andamento della temperatura (**Figura 4**) lungo la stessa tratta. Il confronto come si può vedere dai grafici ha ulteriormente confermato quanto già osservato in cabina.

Il fenomeno è spiegabile come segue: quando il treno è in movimento entra aria dalle paratie esterne del locomotore nel locale motori che si trova alle spalle dei macchinisti, con portata proporzionale alla velocità del mezzo. L'aria entrante nella zona motori si scalda e sa la cabina di guida non è adeguatamente coibentato il calore si trasmette anche nelle postazioni di guida. Si è osservato inoltre che la cabina in oggetto oltre a non essere adeguatamente isolata presentava delle piccole fessure e crepe sulla parete dietro le postazioni dei lavoratori dalle quali, quando il treno era in movimento, si generavano spifferi di aria calda. L'effetto di questo flusso d'aria calda, correlato alla velocità del treno, era quello di annullare il raffreddamento del climatizzatore e di accrescere la temperatura ambiente; mediante questo meccanismo si sono osservate le continue ampie oscillazioni di temperatura descritte (a volte superiori a 6°C) e riportate in **Figura 4**. Di fatto avveniva un riscaldamento della cabina quando il treno era in movimento e accelerava, dovuto all'effetto dominante dell'aria calda entrante, poi un successivo raffreddamento quando il treno decelerava in prossimità della stazione e si fermava, dovuto questo volta all'effetto dominante del climatizzatore.

In conclusione: la **Figura 3** rappresenta l'andamento della velocità raggiunta dal treno lungo la tratta percorsa e lungo la quale è stata effettuata la misurazione; i punti in cui la velocità è nulla corrispondono alle fermate nelle diverse stazioni. La **Figura 5** mostra l'andamento della temperatura misurata in cabina lungo la stessa tratta.

La correlazione degli andamenti dei due tracciati risulta piuttosto evidente.

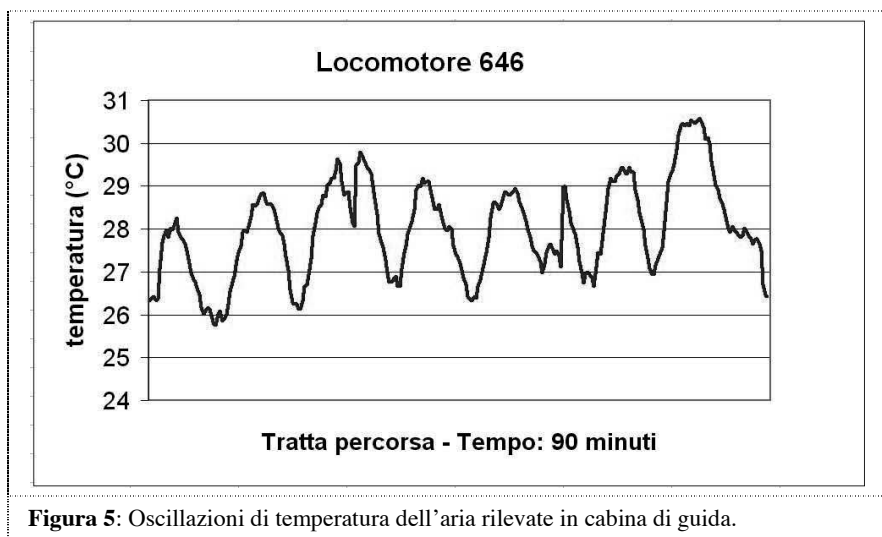
#### Caso particolare 2 – Locomotore 646.

Un fenomeno analogo ma più contenuto è stato osservato anche nelle cabine di guida del locomotore 646. Riportiamo solamente nella **Figura 5** seguente le oscillazioni di temperatura osservate nel caso peggiore tra i due.

L'andamento risulta evidente e analogo a quello del locomotore 424 sebbene l'intervallo di variazione (tra 26°C e 30,5°C) sia inferiore a quello della situazione riportata nel caso precedente (tra 27°C e 35°C). Anche in questo caso alle accelerazioni del mezzo corrispondeva quindi un riscaldamento e alle decelerazioni e fermate si osservava un raffreddamento della cabina. La spiegazione è analoga a quella appena discussa e riconducibile pertanto alla non adeguata coibentazione correlata allo stato di degrado del locale.

Caso particolare 3 – Locomotore 633.

Nonostante i valori medi dei parametri e indici microclimatici riportati nelle **Tabelle 3 e 4** relativi alle cabine del locomotore 633, descrivano una situazione relativa all'ambiente termico globale non particolarmente critica, si vuole comunque evidenziare una condizione anomala correlata al valore di umidità relativa e alla sua variazione nel tempo, riconducibile ancora a problemi strutturali delle cabine e in aggiunta a carenze da parte dei lavoratori nell'utilizzo e gestione degli impianti di climatizzazione presenti.



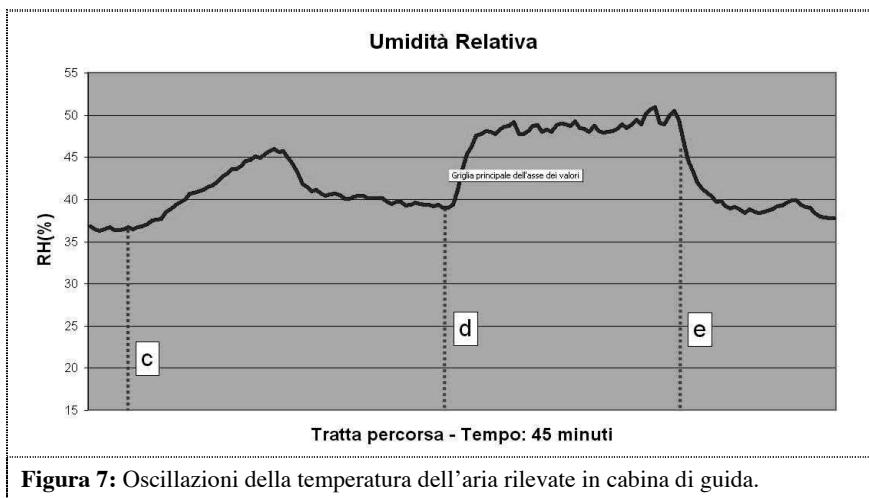
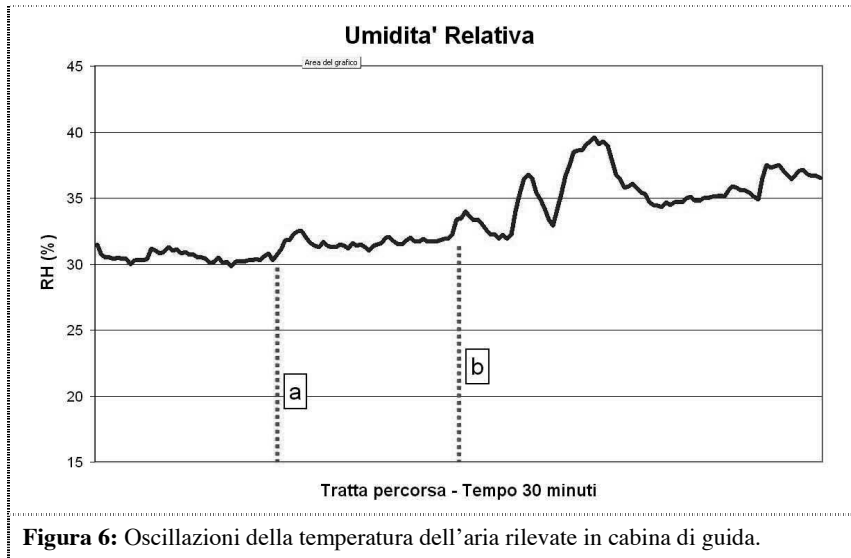
**Figura 5:** Oscillazioni di temperatura dell'aria rilevate in cabina di guida.

Al momento dell'effettuazione delle misure strumentali l'impianto di trattamento aria della cabina era spento (senza che il conducente ne giustificasse il motivo, anzi sembrava quasi che non sapesse della presenza dell'impianto); la misura è cominciata pertanto in tali condizioni.

I valori di umidità relativa inizialmente molto bassi (circa il 30%) aumentavano e diminuivano sensibilmente rispettivamente ogni volta che il treno entrava ed usciva da una galleria. Tale variazione è mostrata in **Figura 6**. Il punto "a" rappresenta il momento di ingresso in galleria; dal punto "b" in poi sono state percorse una serie di gallerie consecutive l'una all'altra. Dall'andamento temporale mostrato in figura si vede come l'umidità aumenti ogni volta che si percorre una galleria, in particolare l'incremento è proporzionale alla durata della permanenza in galleria.

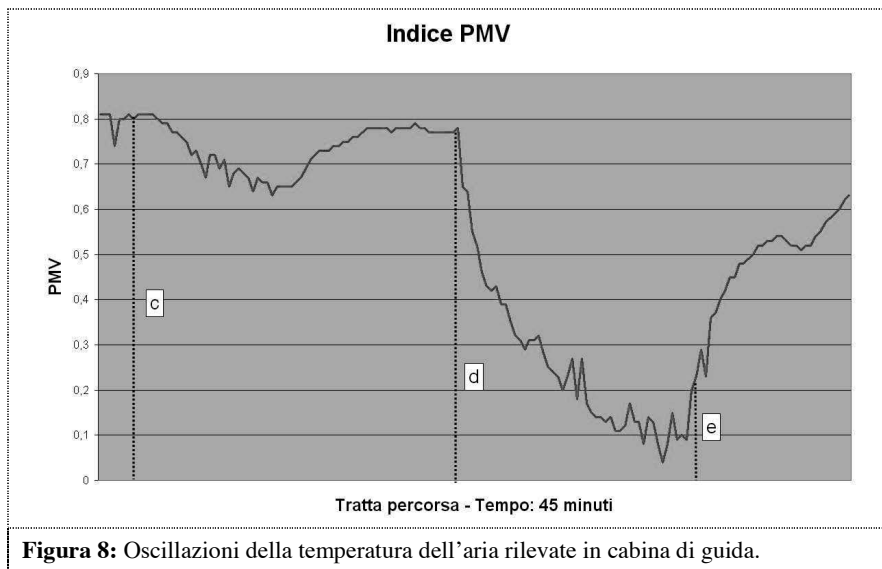
La circolazione di un treno in galleria genera onde di pressione che dipendono dalle proprietà aerodinamiche del treno, dalle caratteristiche di frizione del treno e della superficie interna della galleria, dal rapporto tra la sezione trasversale del treno e la sezione d'aria libera della galleria. Queste onde comportano fronti rigidi netti corrispondenti alla testa e alla coda del treno e si spostano lungo la galleria alla velocità del suono, con riflessioni di ampiezza inversa all'aria libera alle estremità della galleria. Le gallerie percorse dal treno erano piuttosto strette in quanto contenevano una sola linea di binari. Ogni volta che il treno entrava nel tunnel

l'onda di pressione generata agiva sui vetri, fissati e sigillati in modo chiaramente inadeguato e insufficiente, permettendo l'ingresso dell'aria esterna in modo consistente la quale innalzava la percentuale di umidità interna.



In **Figura 7** il punto “c” rappresenta ancora l'ingresso in una galleria; uscendo l'umidità relativa decresce significativamente. L'intervallo compreso tra gli istanti “d”-“e” rappresenta invece l'incremento di umidità relativa dovuto al funzionamento dell'impianto di climatizzazione. In questo caso si osserva ancora come l'ingresso di aria di rinnovo che questa volta avviene in modo controllato dall'impianto, genera attraverso l'adeguamento dei valori di umidità relativa un miglioramento delle

condizioni microclimatiche interne. Tale miglioramento è confermato dalla conseguente variazione, mostrata in **Figura 8**, dell'indice di Fanger PMV correlata appunto ai valori di umidità di **Figura 7**. Si osserva come con l'unità di trattamento dell'aria in funzione si raggiungono condizioni di microclima termico globale eccellenti, evidenziate dal fatto che l'indice PMV si avvicina al valore zero che rappresenta in linea teorica la condizione di ambiente termico ideale.



**Figura 8:** Oscillazioni della temperatura dell'aria rilevate in cabina di guida.

In questo caso si sono evidenziati due aspetti che influiscono sull'ambiente termico confinato in un luogo di lavoro: ancora una volta le degradate e inadeguate condizioni strutturali dell'ambiente lavorativo in termini di isolamento; inoltre come l'utilizzo corretto degli impianti tecnologici di supporto, quindi la corretta formazione e informazione dei lavoratori, sia determinante per il mantenimento di adeguate condizioni microclimatiche nell'ambiente di lavoro.

## 5. CONCLUSIONI

I risultati delle indagini effettuate sulle cabine dei locomotori mostrati nel presente lavoro, evidenziano una serie di criticità e una situazione di cattiva gestione dell'ambiente termico nel posto di lavoro piuttosto generalizzata. Si ricorda, come ribadito più volte nel testo, che l'indagine non è stata effettuata su un campione casuale di mezzi ma rappresenta il risultato di una serie di interventi effettuati a seguito di segnalazioni da parte dei lavoratori o dell'organo di vigilanza, relativi ad una serie di mezzi ritenuti non adeguati a garantire un ambiente di lavoro confortevole, pertanto su ambienti scelti a priori come potenzialmente problematici. Infatti si tratta di una serie locomotori di vecchia generazione in termini di tecnologia e anni di attività.

Il presente lavoro non intende dare una visione di tipo statistico e generale del settore ma si focalizza su una parte della realtà lavorativa e del parco mezzi esistente (si intende al momento dell'effettuazione delle misurazioni) per quanto riguarda la qualità dell'ambiente microclimatico interno.

Tuttavia le situazioni descritte evidenziano come una postazione di lavoro apparentemente semplice dal punto di vista della gestione del microclima, possa essere invece soggetta a diverse problematiche che si riflettono in una serie molto ampia e diversificata di discomfort, di intensità più o meno elevata, sia di carattere locale che generale.

La valutazione termoisgrometrica degli ambienti di lavoro dipende da molti fattori di tipo fisico relativi all'ambiente e di tipo personale relativi alla mansione, inoltre dipende da caratteristiche geometriche e strutturali della postazione lavorativa, dalla tipologia di impianti tecnologici esistenti per il controllo microclimatico, dai loro requisiti progettuali e dalla loro gestione.

Si è osservato che uno dei problemi principali è la presenza o meno in cabina degli impianti di trattamento dell'aria e la corretta gestione degli stessi.

I risultati strumentali hanno mostrato come l'ambiente di lavoro rappresentato dalle postazioni di guida dei locomotori è un ambiente moderato nel quale attraverso l'utilizzo di impianti tecnologici è possibile ottenere un ambiente confortevole. Viceversa in assenza di possibilità di gestione dei parametri microclimatici interni, soprattutto durante la stagione estiva, si possono verificare condizioni di estrema criticità che sottopongono il conducente del mezzo a situazioni di forte stress psicofisico.

La presenza invece di impianti tecnologici di per se non risolve automaticamente il problema; infatti come si è visto nelle cabine sprovviste di impianto, la successiva installazione oltre a non migliorare la qualità dell'ambiente termico ha generato nuove sorgenti di discomfort sia di carattere locale che globale. La spiegazione è dovuta al fatto che l'impianto installato in cabine vecchie e degradate, successivamente alla loro messa in opera, risulta a tutti gli effetti come un "corpo esterno" che per il suo inserimento si sono dovuti sfruttare spazi ristretti e vincolati e che non tengono conto della posizione degli operatori. Questa situazione oltre che evidenziare i limiti strutturali degli ambienti ha generato la presenza di nuovi problemi e sorgenti di elevato discomfort come le forti correnti d'aria, i gradienti termici e le ampie oscillazioni di temperatura. La situazione descritta ha naturalmente valenza del tutto generale per qualsiasi tipologia di ambiente che debba essere gestito dal punto di vista microclimatico mediante impianti tecnologici. Azioni e scelte corrette in fase progettuale e realizzativa sono garanzia di un risultato tendenzialmente soddisfacente o comunque facilmente gestibile a posteriori in caso si verificano problemi, piuttosto che intervenire in situazioni molto compromesse nell'ambito delle quali il problema del comfort termico non è mai stato preso adeguatamente in considerazione come in alcuni dei casi mostrati nel presente lavoro.

In ultima analisi un altro aspetto decisamente importante, come si è visto in uno dei casi proposti, è il corretto utilizzo e la gestione degli impianti; a questo scopo è fondamentale la formazione, informazione e addestramento dei lavoratori, e

l'adozione di procedure di rigorosa verifica delle modalità di gestione degli impianti stessi.

In sintesi le possibili modalità di intervento volte a migliorare le condizioni microclimatiche degli ambienti di lavoro si inseriscono nell'ambito di un processo valutativo e di progetto, che si basa su procedure e interventi sia di tipo strutturale che organizzativo. I primi orientati a favore di installazione, miglioramenti o adeguamenti di impianti tecnologici, i secondi volti ad un utilizzo più razionale e consapevole degli impianti stessi e degli spazi lavorativi.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n.81/2008 *“Attuazione dell'articolo 1 della 3 agosto 2007, n.123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”*. TITOLO VIII – Agenti Fisici, Capo III *“Protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a vibrazioni”*.
- [2] Norma UNI EN ISO 7730:2006, *“Ergonomia degli ambienti termici – Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale”*.
- [3] Norma UNI EN ISO 7730:1997, *“Ambienti termici moderati – Determinazione degli indici PMV e PPD e specifica delle condizioni di benessere termico”*.
- [4] Norma UNI EN ISO 7726, *“Ergonomia degli ambienti termici – Strumenti per la misurazione delle grandezze fisiche”*.
- [5] Norma UNI EN ISO 8996, *“Ergonomia dell'ambiente termico – Determinazione del metabolismo energetico”*.
- [6] Norma UNI EN ISO 9920, *“Ergonomia dell'ambiente termico – Valutazione dell'isolamento termico e della resistenza evaporativa dell'abbigliamento”*.
- [7] Norma UNI ENV ISO 11079, *“Valutazione degli ambienti freddi – Determinazione dell'isolamento richiesto dagli indumenti”*.
- [8] Norma UNI EN 27243, *“Microclimi severi caldi. Valutazione dello stress termico per l'uomo negli ambienti di lavoro, basata sull'indice WBGT (temperatura a bulbo umido e del globo termometro)”*.
- [9] Coordinamento delle Regioni e delle Province Autonome + ISPESL, *“Linee Guida. Microclima, aerazione e illuminazione nei luoghi di lavoro. Requisiti standard. Indicazioni operative e progettuali”*. 2006.
- [10] P. Lenzuni, *“La misurazione del comfort e del rischio: normative e valori di riferimento in ambienti termici moderati”*. Atti del Convegno dBA incontri 2004, Modena 14 ottobre 2004.
- [11] M. Dell'Isola, A. Russi, *“Problematiche di misura del benessere e dello stress termico”*. Atti del Convegno dBA 06, Modena 12 - 13 ottobre 2006.

- [12] F.R. d'Ambrosio, G. Alfano, F. Liotti, "*La qualità degli ambienti confinati non industriali: il discomfort termoigrometrico*". G. Ital. Med. Lav. Erg. 2004; 26:4.
- [13] G. Alfano, F.R. d'Ambrosio, L. Esposito, "*Valutazione della sensibilità dell'indice PMV alla variazione delle sue variabili indipendenti*". Atti del 55° Congresso Nazionale dell'ATI, 2000, Matera.
- [14] G. Alfano, F.R. d'Ambrosio, G. Riccio, "*Sensibility of the PMV index to variations of its independent variables*". Proceedings of the Conference "Moving Thermal Comfort Standards into the 21<sup>st</sup> Century"; 2001, 158 – 165, Cumberland Lodge, Windsor, U.K.
- [15] M. del Gaudio, D. Freda, P. Lenzuni, "*La classificazione degli ambienti termici*". Giornale degli Igienisti Industriali – vol. 34 – n.2 – aprile 2009.
- [16] P. Lenzuni, "*Sulla valutazione del comfort termico – sviluppi normativi e problemi aperti*". Ambiente & Sicurezza, n.20 – 31 ottobre 2006.
- [17] M. del Gaudio, P. Lenzuni, "*La valutazione del rischio termico in ambienti moderabili caldi*". Giornale degli Igienisti Industriali – vol. 31 – n.3 – luglio 2006.
- [18] M. del Gaudio, P. Lenzuni, "*La valutazione del rischio termico in ambienti moderabili freddi*". Giornale degli Igienisti Industriali – vol. 31 – n.3 – luglio 2006.
- [19] P. Tura, M. Fontana, M. Ruvolo, "*Microclima in ambiente moderato. Metodo di indagine e criticità legate alla caratterizzazione e valutazione del rischio e/o discomfort*". Atti del 16° Convegno di Igiene Industriale – Le Giornate di Corvara – Corvara (Bolzano) 24 – 26 marzo 2010.





## **VALUTAZIONE E CONTROLLO DEL RISCHIO MICROCLIMATICO NELLE IMPRESE AGROALIMENTARI**

**Danilo Monarca, Massimo Cecchini, Andrea Colantoni**

Università degli Studi della Tuscia - Laboratorio Ergolab - Dip.Gemini – Viterbo

### **1. PREMESSA**

L'approccio alla sicurezza sul lavoro non va inteso esclusivamente nella sola prevenzione degli infortuni per i lavoratori, legati principalmente all'utilizzo di macchine e attrezzature, ma anche al raggiungimento di determinate condizioni di comfort e benessere termico.

La valutazione di tale rischio, quindi, risulta complessa come risultano di difficile applicazione idonee misure di prevenzione e protezione.

Risulta fondamentale valutare questi aspetti anche in funzione di idonei elementi in grado di guidare le scelte progettuali, finalizzate non solo alla realizzazione di nuovi ambienti di lavoro ed impianti, ma anche alla bonifica di quelli esistenti e alla corretta organizzazione del lavoro [9].

Numerosi sono stati i metodi introdotti per valutare le condizioni di benessere termico sulla base di studi teorici e di indagini sperimentali, come pure si è cercato di correlare tra loro indici descrittivi per verificarne la consistenza.

I confronti tra indici descrittivi del benessere termico si basano sui dati relativi all'ambiente di lavoro con condizioni microclimatiche moderate e severo caldi e/o freddi, evidenziando in particolare, il notevole peso che hanno il metabolismo e il vestiario nell'influenzare gli indici e come piccole variazioni degli stessi possano portare a risultati molto diversi tra loro se non addirittura contrastanti.

Si definiscono ambienti moderati tutti quei luoghi di lavoro in cui la condizione di omeotermia (costanza della temperatura corporea) del corpo umano è raggiunta con un moderato intervento dei meccanismi di termoregolazione. In particolare si tratta di luoghi con condizioni ambientali omogenee e pressoché costanti nel tempo e nei quali il lavoro svolto richiede un'attività fisica leggera a carico di tutti i lavoratori [15]. In particolare per ambienti severi caldi e freddi si intendono quegli ambienti dove non è possibile mantenere, contemporaneamente, condizioni termiche e igrometriche, di ventilazione e purezza dell'aria, compresi nei limiti richiesti per il benessere delle persone in tutte le stagioni. Appartengono a questa categoria di ambienti gran parte delle industrie alimentari ove, per motivi legati alle caratteristiche dei prodotti, non è possibile intervenire artificialmente sui vari parametri microclimatici, modificandoli al fine di renderli idonei al benessere dell'uomo. Le problematiche relative al microclima in ambiente di lavoro attengono

al complesso di fattori ambientali che condizionano gli scambi termici tra l'uomo e l'ambiente.

In molti ambienti di lavoro agricoli ed agroindustriali il benessere termico è difficilmente realizzabile, perché l'uomo si trova spesso ad operare all'aperto o in presenza di animali, o in condizioni di temperatura elevata (serre) o molto bassa (celle frigorifere) o in situazioni in cui i parametri climatici devono essere tenuti all'interno di determinati intervalli, per garantire produzioni conformi agli standards di preparazione, di maturazione e di conservazione dei prodotti.

I principali fattori che influenzano questi scambi sono: il clima esterno, le caratteristiche strutturali dell'edificio, le caratteristiche degli impianti di condizionamento (freddo, caldo), il numero degli occupanti l'ambiente in esame e il tipo di attività svolta. Particolare rilievo assume inoltre, specie nelle industrie agroalimentari, la presenza di escursioni termiche tali da comportare un rischio per la salute dei lavoratori.

Tra i fattori sopra elencati, negli ambienti "vincolati" si può intervenire soltanto sugli ultimi tre. Negli ambienti con microclima definito "severo" si può agire solamente sulla durata dell'esposizione e sull'organizzazione del lavoro in modo da modificare il carico termico prevedibile.

Attraverso meccanismi fisiologici e comportamentali l'organismo cerca di realizzare le condizioni di equilibrio termico riducendo il tempo di transizione dovuto al cambiamento delle condizioni ambientali o soggettive in cui tale equilibrio non è più garantito. Lo scambio termico che si instaura tra uomo ed ambiente può essere descritto a partire dal primo principio della termodinamica applicato al sistema corpo umano.

In particolare la sommatoria  $S$  degli scambi di calore tra il corpo umano e l'esterno può essere descritta, in termini di potenza ( $W$ ), dalla nota equazione:

$$S = M - W \pm C_{res} \pm E_{res} \pm K \pm C \pm R - E \quad (1)$$

dove:

$S$  = variazione di energia interna del corpo umano nell'unità di tempo;

$M$  = Metabolismo energetico;

$W$  = potenza meccanica impegnata per compiere lavoro meccanico;

$C_{res}$  = potenza termica scambiata nella respirazione per convezione;

$E_{res}$  = potenza termica scambiate nella respirazione per evaporazione;

$K$  = potenza termica scambiata per conduzione;

$C$  = potenza termica scambiata per convezione;

$R$  = potenza termica scambiata per irraggiamento;

$E$  = potenza termica ceduta per evaporazione (traspirazione e sudorazione).

Nella formula i termini  $C_{res}$ ,  $E_{res}$ ,  $K$ ,  $C$  e  $R$  sono preceduti dal segno  $-$  quando sono ceduti dal sistema uomo all'ambiente esterno, con il segno  $+$  quando viceversa sono assorbiti. Tutti i termini della (1) sono espressi in  $W$ .

## 2. MATERIALI E METODI

Sulla base della normativa vigente le norme tecniche che si considerano sono quelle rappresentate dagli standard ISO, recepiti dal CEN come norme EN ed in Italia

**Tabella 1:** Normativa tecnica in relazione agli ambienti microclimatici

<b>AMBIENTI MODERATI</b>	UNI EN ISO 7730:2006	Determinazione degli indici <i>PMV</i> e <i>PPD</i> e specifiche per le condizioni di benessere termico
<b>AMBIENTI SEVERO CALDI</b>	UNI EN 27243:96	Valutazione dello stress termico per l'uomo negli ambienti di lavoro, basata sull'indice <i>WBGT</i>
	UNI EN ISO 7933:2005	Determinazione analitica ed interpretazione dello stress termico da calore mediante il calcolo della sollecitazione termica prevedibile <i>PHS</i>
<b>AMBIENTI SEVERO FREDDI</b>	UNI EN ISO 11079:2008	Valutazione ambienti freddi. Determinazione dell'isolamento richiesto dagli indumenti <i>I<sub>REQ</sub></i>
<b>CARICO TERMICO</b>	UNI EN ISO 9886:2004	Valutazione del carico termico previsto tramite misure dei parametri fisiologici
<b>METABOLISMO ENERGETICO</b>	UNI EN ISO 8996: 2005	Valutazione del metabolismo energetico
<b>RESISTENZA TERMICA DELL'ABBIGLIAMENTO</b>	UNI EN ISO 9920:2009	Valutazione dell'isolamento termico dell'abbigliamento
<b>GRANDEZZE STRUMENTALI</b>	UNI EN ISO 7726:98	Valutazione delle grandezze strumentali per il calcolo dei principali indici negli ambienti microclimatici.

**Tabella 2:** Principali strumenti e caratteristiche tecniche per la determinazione del rischio microclima [4]

<b>STRUMENTO</b>	<b>CARATTERISTICHE</b>
<b>SONDA ANEMOMETRICA A FILO CALDO</b>	misure della velocità dell'aria e della turbolenza campo di misura $V_a$ 0÷20 m/s, campo di misura intensità di turbolenza 0÷100%
<b>SONDA A BULBO UMIDO A VENTILAZIONE NATURALE</b>	sonda termometrica a bulbo umido a ventilazione naturale grandezze ottenibili: WBGT int/ext, campo di misura tra 0 e 80°C e sostituzione calza di cotone quando sporca, durata acqua distillata 10 giorni con RH% media del 50%
<b>SONDA DOPPIA PER LA MISURA DELLA TEMPERATURA SUPERFICIALE DEL PAVIMENTO E DELL'ARIA H. 20 CM</b>	campo di misura -10 ÷ +50°C, indici ottenuti (ISO 7730): % insoddisfatti t pavimento, % insoddisfatti da differenze verticali di t, quando abbinata a sonda di t dell'aria
<b>PSICROMETRO</b>	sonda psicrometrica a ventilazione forzata con serbatoio d'acqua distillata, n° 2 canali utilizzati (analogici) campo di misura temperatura -5 ÷ + 60°C, campo di misura umidità 0÷100%
<b>GLOBOTERMOMETRO</b>	rame nero opaco riflessione <2% misura t media radiante, campo di misura + 40 ÷ + 80°C sonda globotermometrica, in accordo con ISO 7243, UNI EN 27726 / 27243; sensore: Pt100 a 4 fili, precisione 1/3DIN; diametro medio del globo: 150 mm
<b>CENTRALINA DI ACQUISIZIONE</b>	Multiacquisitore a più ingressi per valutazione indici microclimatici

dall'UNI. Per la normativa nazionale il microclima è uno dei rischi fisici definiti dall'art. 180 del decreto legislativo 81/08 che si limita a generiche indicazioni di "adeguatezza" e benessere. In attesa di uno specifico capitolo questa carenza viene colmata dal riferimento a normative tecniche; queste ultime propongono alcuni indici microclimatici di comfort e/o di stress, indici che permettono di interpretare le condizioni microclimatiche ambientali integrate con il tipo di attività svolta dagli addetti.

In **Tabella 1** sono riportate le principali norme tecniche in relazione agli ambienti microclimatici.

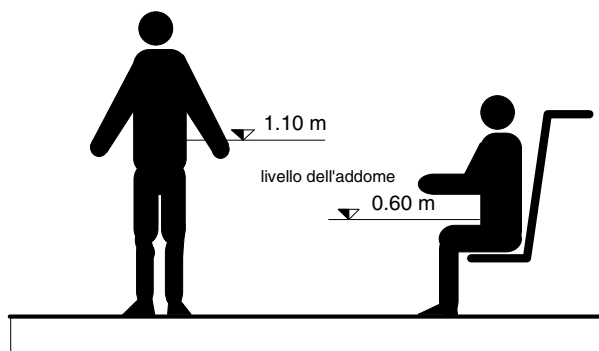
I principali strumenti di misura utilizzabili ai fini della valutazione del rischio microclimatico sono riportati in **Tabella 2**, dove si riportano anche le principali caratteristiche tecniche di sonde attualmente in commercio.

La strumentazione utilizzata per la misura dei parametri microclimatici precedentemente illustrati deve sottostare a specifici requisiti, in base al tipo di valutazione che deve essere condotta. Nella **Tabella 3**, secondo quanto fissato dalla norma ISO 7726, vengono riportati i requisiti minimi che devono possedere gli strumenti di misura delle quantità fisiche, per misure in ambienti moderati.

**Tabella 3:** Specifiche per gli strumenti di misura delle quantità fisiche [14]

Parametro	Intervallo di misura	Precisione richiesta	Precisione desiderabile
Temperatura dell'aria	10 – 40 °C	± 0,5 °C	± 0,2 °C
Umidità dell'aria (espressa come pressione parziale del vapore d'acqua)	0,5 – 3,0 kPa	± 0,15 kPa	
Velocità dell'aria	0,05– 1,00 m/s	± (0,05 + 0,05 $V_a$ ) m/s	± (0,02 + 0,07 $V_a$ ) m/s
Temperatura media radiante	10 – 40 °C	± 2,0 °C	± 0,2 °C
Temperatura piana radiante	0 – 50 °C	± 0,5 °C	± 0,2 °C
Temperatura superficiale	0 – 50 °C	± 1,0 °C	± 0,5 °C

La norma raccomanda inoltre che la quota di misura delle grandezze microclimatiche sia pari a 0,6 m per soggetti seduti e di 1,1 m per soggetti in piedi (**Figura 1**).

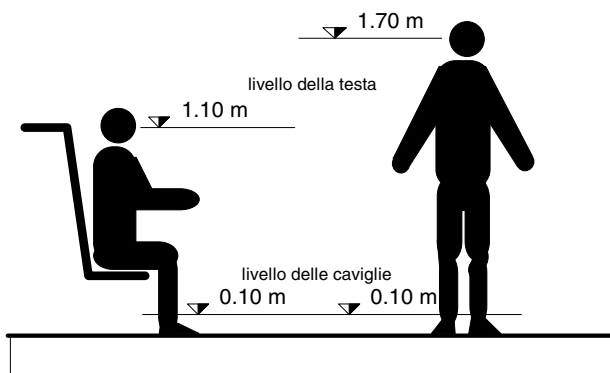


**Figura 1:** Quota di misura delle grandezze microclimatiche [14]

Infine per la valutazione della differenza verticale di temperatura, la quota di misura della temperatura dell'aria al livello delle caviglie deve essere di 0,1 m, mentre al livello della testa deve essere di 1,1 m per soggetti seduti e di 1,7 m per soggetti in piedi (**Figura 2**).

La valutazione degli ambienti termici moderati viene attuata per mezzo della norma ISO 7730, che ha lo scopo di presentare il metodo di previsione della sensazione termica e del grado di discomfort di persone esposte ad un ambiente termico moderato e di specificare le condizioni ambientali termicamente accettabili per il benessere termico. La condizione di benessere viene valutata utilizzando gli indici della teoria di *Fanger*, mentre i requisiti prestazionali per l'ambiente sono scelti in modo tale da mantenere la percentuale di persone insoddisfatte al di sotto della soglia del 10%, sia per quanto riguarda il comfort globale che per le condizioni di discomfort localizzato.

Per la valutazione del comfort globale viene utilizzato l'indice *PMV* (voto medio previsto) ed il correlato *PPD* (percentuale di insoddisfatti) [14].



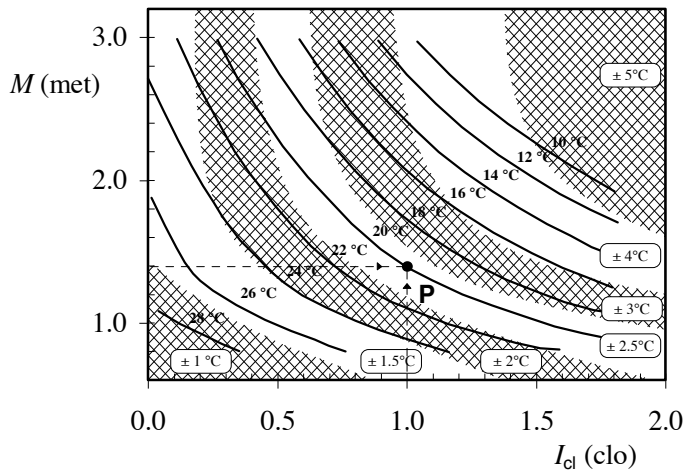
**Figura 2:** Quota di misura delle temperature per la valutazione del discomfort dovuto a differenza verticale di temperatura [14]

A tal riguardo, nel testo della norma sono contenute sia la relazione analitica che consente il calcolo del *PMV*, nonché una serie di tabelle per varie attività metaboliche, da cui, in funzione dell'isolamento termico dell'abbigliamento, della velocità relativa dell'aria e della temperatura operativa, è possibile ricavare il valore del *PMV*. Per quanto riguarda i requisiti di benessere si raccomanda di mantenere la percentuale di insoddisfatti al di sotto del 10%, il che corrisponde a ritenere accettabili le condizioni nel momento in cui risulti  $-0,5 < PMV < +0,5$ .

Nella norma è anche fornito il diagramma di **Figura 3**, che consente di determinare la temperatura operativa ottimale, corrispondente a  $PMV=0$ , in funzione dell'attività e dell'abbigliamento, nonché le oscillazioni massime della temperatura operativa ottimale tali da mantenere la condizione  $-0,5 < PMV < +0,5$ . Il diagramma è utilizzabile per umidità relativa del 50% e per velocità relativa dell'aria  $V_a = 0,3$  ( $M-1$ ) m/s.

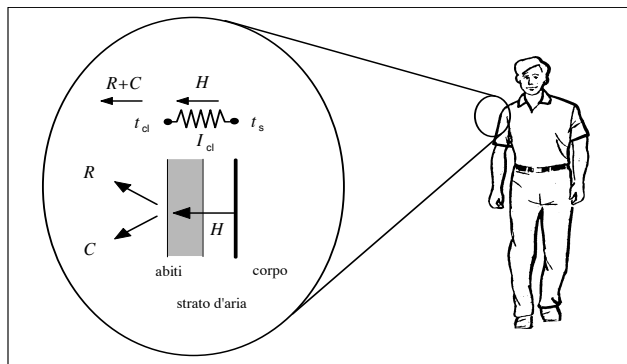
## 2.1 VALUTAZIONE DELLA TEMPERATURA ESTERNA DEL CORPO UMANO ABBIGLIATO

Gli scambi sensibili per convezione e irraggiamento dipendono dalla temperatura media della superficie esterna del corpo umano abbigliato,  $t_{cl}$ , che è di difficile determinazione. È possibile tuttavia eliminare questa dipendenza facendo alcune considerazioni sulla potenza termica secca, data dalla somma della potenza termica per convezione e quella per irraggiamento ( $R+C$ ).



**Figura 3:** Temperatura operativa ottimale in funzione dell'attività e dell'abbigliamento e intervalli di comfort [15]

Se si considera infatti il corpo umano abbigliato è possibile individuare uno strato di aria tra la pelle e la superficie interna degli abiti ed uno strato costituito dal tessuto degli stessi abiti (**Figura 4**).



**Figura 4:** Meccanismo di scambio termico secco sulla superficie del corpo abitato [13]

I due strati opporranno una resistenza al trasferimento del calore generato per effetto della differenza di temperatura esistente tra la superficie della pelle,  $t_s$ , e la superficie esterna degli abiti,  $t_{cl}$ . In condizioni stazionarie si può ipotizzare che lo scambio termico sensibile attraverso gli abiti,  $Q_s$ , eguagli lo scambio termico complessivo per convezione,  $Q_c$ , e per irraggiamento,  $Q_r$ , che lascia la superficie del corpo abbigliato. Si avrà allora:

$$Q_s = Q_c + Q_r \quad (5)$$

Inoltre il termine dovuto allo scambio termico sensibile attraverso gli abiti può essere valutato con la relazione:

$$Q_s = \frac{t_s - t_{cl}}{I_{cl}} \quad (6)$$

dove  $I_{cl}$  rappresenta l'isolamento termico del vestiario [ $m^2K/W$ ]. Dalla (6) è possibile ricavare:

$$t_{cl} = t_s - I_{cl}(Q_c + Q_r) \quad (7)$$

Poiché sia lo scambio per convezione che lo scambio per radiazione sono funzione della temperatura dell'abbigliamento, il calcolo della stessa con l'equazione (4) richiede un processo di tipo iterativo. Tuttavia utilizzando la (7) viene a mancare nell'equazione di bilancio (1) la dipendenza dalla temperatura degli abiti, che, come è stato anticipato, è difficilmente valutabile, e subentra la dipendenza da un parametro fisiologico quale la temperatura della pelle.

### 3. IL RISCHIO MICROCLIMATICO NELLE INDUSTRIE AGROALIMENTARI

Le industrie agro-alimentari sono caratterizzate da particolari lavorazioni che prevedono la presenza di notevoli escursioni termiche tra luoghi diversi all'interno degli stabilimenti, anche in conseguenza della specificità del ciclo produttivo. Si consideri, ad esempio, la produzione di formaggi: le fasi che possono presentare punti critici per la salute dei lavoratori dal punto di vista microclimatico sono:

- la maturazione tramite stagionatura in grotte (**Figura 5**) o in forni;
- il mantenimento delle caratteristiche organolettiche tramite l'immagazzinamento nelle celle frigorifere;
- la lavorazione di formaggi freschi e delle ricotte.

In particolare gli addetti che operano all'interno delle aree di stagionatura (grotte) sono soggetti ad una esposizione, oltre che alle basse temperature (media della temperatura ambiente  $t_a$  di 9-10°C), soprattutto ad un elevato tasso di umidità relativa  $U_r$  compresa in un *range* tra il 70% e l'80%.





**Figura 5:** Stagionatura del pecorino romano in grotta presso un'azienda romana

### 3.1 CONTROLLO DEL RISCHIO DA MICROCLIMA IN AMBIENTI TERMICI SEVERI CALDI

#### 3.1.1 Il “Predict Heat Strain” (ISO 7933)

Il modello *PHS* introdotto dalla norma ISO 7933 [16], utilizza, come dati di input, parametri ambientali quali: la temperatura dell'aria  $t_a$ , la temperatura media radiante  $t_r$  e la velocità dell'aria  $V_a$ . Inoltre, sono considerati anche dei parametri soggettivi che fanno riferimento all'operatore: il metabolismo energetico, l'isolamento termico previsto ( $I_{cl}$ ), la durata dell'attività, il peso e l'altezza dell'operatore (per il calcolo della superficie corporea tramite formula di *Du Bois*), la possibilità di integrare facilmente le perdite d'acqua, la velocità con cui è svolto il lavoro in relazione alla direzione del vento, ed infine l'acclimatazione del lavoratore.

In risposta il modello *PHS* fornisce alcuni output che permettono di valutare, date le condizioni ambientali e personali, l'eventuale probabilità di un collasso termico per gli operatori che lavorano in ambienti severo caldi.

I parametri finali e di interesse per la determinazione del carico termico previsto sono:

1. Temperatura rettale  $t_{re}$  [°C]: rappresenta la temperatura interna dell'operatore ed ha un valore limite pari a 38°C;
2. Perdita idrica totale [g]: stabilisce la massima perdita d'acqua compatibile con il mantenimento dei normali parametri fisiologici dell'individuo, in funzione dell'attività svolta;
3.  $D_{limloss50}$  [min]: rappresenta il tempo dopo il quale la quantità di acqua complessivamente perduta supera il valore limite  $D_{max50}$ , massima perdita d'acqua compatibile con il mantenimento dei normali parametri fisiologici dell'individuo con l'obiettivo di proteggere da effetti nocivi (disidratazione) il 50% dei soggetti esposti;
4.  $D_{limloss95}$  [min]: rappresenta il tempo dopo il quale la quantità di acqua complessivamente perduta supera il valore limite  $D_{max95}$ , massima perdita d'acqua compatibile con il mantenimento dei normali parametri fisiologici

dell'individuo con l'obiettivo di proteggere da effetti nocivi (disidratazione) il 95 % dei soggetti esposti (valore più cautelativo rispetto al precedente);

5.  $D_{limtre}$  [min]: rappresenta il tempo dopo il quale la temperatura rettale raggiunge il valore limite.

Una fondamentale misura di prevenzione negli ambienti severi caldi consiste, pertanto, nel far sì che l'attività lavorativa venga limitata ad un tempo massimo  $D_{lim}$  dato da:

$$D_{lim} = \min(D_{limtre}, D_{limloss95}) \quad (2)$$

L'applicazione del modello *PHS* risulta molto laboriosa e per agevolare il calcolo analitico si può utilizzare un software sviluppato tramite algoritmi definiti dalla norma UNI EN ISO 7933:2005 [16].

L'affidabilità del metodo *PHS* è verificata soltanto all'interno di specifici intervalli stabiliti, sia per i parametri ambientali che per i parametri individuali (**tabella 4**).

**Tabella 4:** Intervalli di applicabilità dei parametri ambientali ed individuali

Quantità	Simbolo	Intervallo
temperatura dell'aria	$t_a$	+15 ÷ +50 °C
differenza fra $t_a$ e $t_r$	$t_r - t_a$	0 ÷ +60 °C
pressione parziale del vapore acqueo	$p_a$	0 ÷ 4.500 Pa
velocità dell'aria	$V_a$	0 ÷ 3 m/s
attività metabolica	$M$	100 ÷ 450 W
isolamento termico del vestiario	$I_{cl}$	0,1 ÷ 1 clo

(1) per un'area corporea tipica di un individuo adulto di 1,8 m<sup>2</sup> [3]

Si raccomanda particolare cura in caso di situazioni ove si abbia un valore negativo di  $E_{max}$ . In questi casi si ha, infatti, condensazione di vapore acqueo sulla pelle e non evaporazione. La norma, inoltre, non tratta adeguatamente casi in cui il tempo massimo di esposizione  $D_{lim}$  è inferiore a 30 minuti. In tali casi è richiesta una supervisione medica diretta e personalizzata sui soggetti a rischio [3].

### 3.1.2 L'indice WBGT

La metodologia di valutazione delle condizioni di lavoro negli ambienti severi caldi è descritta dalla norma UNI EN 27243, che introduce l'indice *WBGT* (Wet Bulb Globe Temperature). La finalità di questo indice è quella di tenere sotto controllo lo stress termico eccessivo dei lavoratori operanti in ambiente caldo, assumendo come limite superiore quello che comporta un aumento limitato (1°C) della temperatura corporea.

L'indice si calcola con le seguenti equazioni:

$$WBGT = 0,7 t_{nw} + 0,2 t_g + 0,1 t_a \quad (3)$$

(in ambiente esterno con esposizione solare)

$$WBGT = 0,7 t_{nw} + 0,3 t_g \quad (4)$$

(in ambiente interno ed esterno senza esposizione solare)

$t_{nw}$  rappresenta la temperatura [°C] misurata da un bulbo ricoperto da mussola inumidita con acqua distillata,  $t_g$  è la temperatura del globo termometro, e  $t_a$  è la temperatura [°C] dell'aria misurata da un bulbo asciutto non soggetto ad irraggiamento termico e con ventilazione compresa tra 2 e 4 m/s. I rilievi sono eseguiti all'interno di aree omogenee, cioè dove la temperatura media radiante, la temperatura, l'umidità e la velocità dell'aria possono essere considerate uniformi.

Gli indici *WBGT* ricavati vanno confrontati con i limiti di riferimento in funzione dei dispendi metabolici dei lavoratori, considerando anche la possibilità che questi ultimi possano essere abituati o meno al tipo di attività che svolgono (**Tabella 5**).

**Tabella 5:** Valori limite del *WBGT* per classi di attività metabolica *M* e per soggetti acclimatati e non [12]

Classe di attività metabolica	Attività metabolica, <i>M</i>		Valore limite di <i>WBGT</i>			
	Relativa ad un'area unitaria di superficie della pelle  W/m <sup>2</sup>	Totale (per un'area media della superficie della pelle di 1,8 m <sup>2</sup> ) W	Persona acclimatata al calore  °C		Persona non acclimatata al calore  °C	
0 (a riposo)	$M \leq 65$	$M \leq 117$	33		32	
1	$65 < M \leq 130$	$117 < M \leq 234$	30		29	
2	$130 < M \leq 200$	$234 < M \leq 360$	28		26	
3	$200 < M \leq 260$	$360 < M \leq 468$	Aria stagnante 25	Aria non stagnante 26	Aria stagnante 22	Aria non stagnante 23
4	$M > 260$	$M > 468$	23	25	18	20

*Nota - I valori dati sono stati stabiliti prendendo come riferimento una temperatura rettale massima di 38 °C per le persone in esame.*

I problemi che sorgono negli ambienti severi caldi sono legati essenzialmente al fatto che i meccanismi di termoregolazione possono non essere sufficienti a garantire l'omeotermia del nucleo del corpo; questo comporta un accumulo di energia termica ed un conseguente innalzamento della temperatura corporea che può raggiungere livelli inaccettabili. Inoltre la continua attivazione del meccanismo comportamentale della sudorazione può portare a squilibri idrominerali.

Entrambi questi fenomeni possono indurre nell'organismo effetti patologici che più in dettaglio sono classificati come:

- colpo di calore;
- deficit idrico;
- sincope da caldo;
- deficit sodico.

Il colpo di calore si verifica quando la temperatura del nucleo si eleva oltre i 38°C. Intervengono sintomi di ipertermia, scarsa secrezione urinaria, forte riduzione della sudorazione, disturbi mentali, convulsioni epilettiche, congestione polmonare e talvolta coma.

A seguito del deficit idrico (perdita di acqua oltre il 10% del peso corporeo) possono insorgere delirio e successivamente la morte. Per scongiurare queste eventualità è necessario reidratare il soggetto con bevande o iniezioni endovena di soluzioni glucosate o di cloruro di sodio.

La sincope da calore nasce invece dalla distribuzione anomala del flusso sanguigno causata dal caldo. Il sangue si accumula negli arti, soprattutto quelli inferiori e diviene insufficiente nell'area celebrare. La mancata ossigenazione del cervello può così portare a stordimento, vertigini ed infine allo svenimento, preceduto da pallore. Infine il deficit sodico è dovuto alla insufficiente presenza di sali di sodio nell'organismo, dovuta alla loro perdita con la sudorazione. I sintomi di questa patologia, che si manifestano in genere dopo diversi giorni di esposizione al caldo, sono affaticamento, stanchezza e debolezza muscolare; per deficit sodici moderati si hanno spasmi muscolari dolorosi detti crampi da calore.

Per prevenire queste patologie è importante agire tramite una buona organizzazione e gestione del lavoro, prevedendo:

- pause adeguate;
- integrare con acqua o bevande i sali minerali persi;
- agire sull'acclimatazione dell'operatore;
- interposizione di schermi che evitino l'esposizione diretta del soggetto alla radiazione emessa dalle superfici calde, almeno durante le operazioni che non richiedono tale esposizione;
- aspirazione localizzata in prossimità delle fonti di calore.

Le pause (effettuate al di fuori dell'ambiente caldo) servono per evitare che un accumulo di energia all'interno del nucleo comporti danni alla salute del soggetto esposto, conducendo l'individuo verso il colpo di calore.

La durata dell'esposizione deve essere anche limitata al fine di evitare che dal corpo evaporino una eccessiva quantità di sudore; questo, come visto, può comportare, per i soggetti esposti, l'insorgere di deficit idrominerali.

Eventuali pannelli schermanti devono essere rivestiti di materiali metallici in modo da aumentarne le proprietà riflettenti [3]. L'alta temperatura dell'aria può essere dovuta in buona parte alla circolazione di aria che è stata riscaldata dal contatto con la superficie calda. Se tale aria viene prontamente ed efficacemente aspirata e sostituita con aria più fresca, si ottiene una apprezzabile diminuzione della temperatura dell'aria in tutta l'area in prossimità della sorgente. E' bene comunque verificare che la velocità dell'aria sul posto di lavoro non divenga eccessiva [3].

### **3.1.3 L'acclimatazione per i lavoratori agricoli**

L'esposizione al calore e alle alte temperature, con conseguente surriscaldamento del corpo provoca sintomi come la debolezza fisica, stanchezza e una bassa attenzione alle attività svolte.

All'aumentare della sollecitazione termica si ha un aumento della frequenza cardiaca e della temperatura corporea.

Gli operatori in campo di solito riescono ad acclimatarsi naturalmente man mano che le temperature durante l'arco della giornata aumentano; non necessitano quindi di un periodo convenzionale di acclimatazione a meno che ci sia un aumento improvviso del carico di lavoro, della temperatura e/o dell'umidità.

L'“acclimatazione” è definita come l'adattamento biologico che permette di ridurre il carico fisiologico (es. frequenza cardiaca, temperatura corporea) migliorando il comfort termico e proteggendo dal pericolo delle alte temperature [11].

Generalmente, circa due settimane di esposizione quotidiana per tempi progressivamente crescenti alle alte temperature sono sufficienti a indurre l'acclimatazione; tale esposizione deve essere di circa due ore meglio se unita ad attività fisica leggera [11]. Fondamentale ai fini della salute verificare lo stato fisico dell'operatore. Alcune esperienze dimostrano che scarsa forma fisica, sovrappeso oltre che patologie croniche e acute accusate dagli addetti, costituiscono fattori complementari da tenere in debita considerazione.

Già dal secondo giorno dopo l'acclimatazione, si hanno significative riduzioni del carico fisiologico. Alla fine della prima settimana e della seconda settimana, è superiore al 60 per cento (**Tabella 6**).

**Tabella 6:** Principali procedure di acclimatazione per gli addetti ai lavori agricoli [10]

CONDIZIONE DELL'OPERATORE	CONDIZIONI DI CALORE	PROCEDURA
Full Time	Riscaldamento graduale	Nessuna. L'acclimatazione è indotta naturalmente.
Full Time	Aumento improvviso della temperatura e umidità. Lavoro con indumenti protettivi.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Limitare il lavoro durante le ore più calde a non oltre la metà del tempo usuale di lavoro. Per il resto del giorno lavorare in ambienti più freschi o con un carico di lavoro leggero.</li> <li>2. Incrementare il tempo di lavoro nelle condizioni di caldo di 1 ora al giorno.</li> </ol>
Neo-assunti, rientranti dopo 3 settimane di non lavoro, o rientranti dopo malattia	Caldo. Lavoro con indumenti protettivi.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Lavoro da leggero a moderato:</i> Iniziare a lavorare al caldo per almeno due periodi di 60 minuti al giorno. Per il resto del giorno lavorare in ambienti freschi o ridurre il carico di lavoro. <i>Lavoro da moderato a pesante:</i> Iniziare a lavorare al caldo per almeno due periodi di 50 minuti al giorno. Per il resto del giorno lavorare in ambienti freschi o ridurre il carico di lavoro.</li> <li>2. Aumento graduale dell'orario di lavoro durante le ore calde di 1 ora/giorno fino ad avvicinarsi all'acclimatazione completa (mediamente 5-7 giorni).</li> </ol>
Principi generali: - Regolare il periodo di ambientamento al tipo di lavoro, al tipo di indumenti usati, al clima, e al lavoratore. - Iniziare con un carico di lavoro più leggero, aumentare il livello di lavoro in modo graduale. - Iniziare con periodi di riposo più lungo; la lunghezza delle pause diminuisce gradualmente. - Monitorare attentamente la risposta dei lavoratori al lavoro al caldo.		

Durante il lavoro nei campi in estate, tele legate a 4 pali possono fornire un'adeguata protezione e raffrescamento. Le pause risultano fondamentali per ridurre la frequenza cardiaca e la temperatura corporea. Si dovrebbe, inoltre, considerare sempre l'utilizzo di cappelli e occhiali da sole per proteggere la testa e gli occhi.

Nelle condizioni di temperatura mite, le lavorazioni possono prevedere pause di 10 minuti ogni ora. Quando gli stati di sollecitazione termica aumentano, le pause dovrebbero essere incrementate portandole a cinque minuti ogni mezz'ora (**Tabella 7**).

Si ricorda che in assenza di possibilità di reintegrazione dei liquidi perduti nel corso della attività lavorativa il periodo di esposizione a determinate condizioni ambientali è limitato al 60% di quello consentito con libero accesso a liquidi (UNI EN ISO 7933:2005) e che la somministrazione di acqua deve essere accompagnata da quella dei sali minerali che vengono persi con la sudorazione, in particolar modo sodio e potassio.

**Tabella 7:** Metodo per la regolazione della quantità di acqua potabile per gli operatori che indossano indumenti di lavoro normali [10]

TEMPERATURA DELL'ARIA [°C]	LAVORO LEGGERO	LAVORO MEDIO	LAVORO PESANTE	QUANTITA' MINIMA DI ACQUA DA BERE
	Orario di lavoro			
32	Normale	Normale	Normale	Possibilità di bere ogni volta che ne sentano il bisogno
33	Normale	Normale	Normale	
33	Normale	Normale	Normale	
34	Normale	Normale	Normale	
34	Normale	Normale	Normale	
35	Normale	Normale	45/15*	
36	Normale	Normale	45/15	
36	Normale	Normale	40/20	1 bicchiere ogni 30 minuti
37	Normale	Normale	25/35	
37	Normale	Normale	25/35	
38	Normale	45/15	30/30	
38	Normale	40/20	25/35	
39	Normale	35/25	25/35	1 bicchiere ogni 15 minuti
39	Normale	30/30	20/40	
40	Normale	30/30	20/40	
41	Normale	25/35	15/45	
41	45/15	20/40	Attenzione**	1 bicchiere ogni 10 minuti
42	40/20	15/45	Attenzione	
42	35/25	Attenzione	Attenzione	
43	30/30	Attenzione	Attenzione	
43	15/45	Attenzione	Attenzione	
44	Attenzione	Attenzione	Attenzione	1 bicchiere ogni 10 minuti
44	Attenzione	Attenzione	Attenzione	

\* 45 minuti di lavoro/15 minuti di pausa - \*\* livelli elevati di rischio

Altre metodologie innovative potrebbero riguardare l'ausilio di modelli previsionali atti a valutare tempestivamente il rischio di superamento, per un lavoratore, dei limiti sopra descritti (temperatura del nucleo corporeo di 38°C, perdita idrica > 60%). Oltre che per lavori indoor anche gli outdoor possono presentare le stesse tipologie di rischio, soprattutto per alcune lavorazioni (es. in estate durante la raccolta

ortofrutticola in campo); anche in questi casi, nei quali le lavorazioni vengono eseguite in pieno sole durante la stagione estiva, è importante definire le condizioni limite per l'effettuazione delle attività più a rischio. Ciò può essere realizzato utilizzando modelli previsionali, come il già citato modello "Predict Heat Strain index" (PHS), che permette la descrizione minuto per minuto dello stato fisiologico dell'operatore, fornendoci i suoi dati termoisometrici associati a particolari TLV definiti da indici come: temperatura rettale, umidità della pelle, perdita idrica, valutando il raggiungimento delle situazioni critiche.

Un altro aspetto di rilevanza fondamentale consiste nelle zone o nei corridoi di passaggio tra aree con differente gradiente termico (es. dal magazzino di stoccaggio alle cantine di stagionatura o celle frigorifere), con la creazione di correnti d'aria che possono provocare il raffreddamento di un determinata area del corpo, quindi un vero e proprio discomfort.

### 3.1.4 Alcuni casi pratici

In ambito agricolo, una condizione di stress termico per la presenza di alte temperature si ha durante la raccolta ortofrutticola in campo o in serra. La raccolta, infatti viene effettuata principalmente nei periodi estivi con la presenza di alte temperature (>30°C) e per molte ore nell'ambito della giornata. Si parla quindi, di ambienti "severo caldi". Il rischio per gli operatori può essere valutato mediante il metodo PHS. Nella **Tabella 8** sono indicati i parametri di input, per le lavorazioni di raccolta in campo. L'analisi è stata effettuata su 5 lavoratori, per i quali sono stati considerati: il peso, l'altezza, lo stato di lavoro, l'isolamento del vestiario, il dispendio metabolico in funzione dell'attività svolta ed infine lo stato di acclimatazione rispetto ai parametri ambientali rilevati. I valori medi dei parametri ambientali rilevati in campo in prossimità delle postazioni di lavoro degli addetti alla raccolta sono stati:  $t_a = 30^\circ\text{C}$ ;  $t_r = 42,3^\circ\text{C}$ ;  $p_a = 3,48 \text{ kPa}$ .

**Tabella 8:** Dati di input per la valutazione del carico termico previsto ai sensi della ISO 7933:2005 [5]

Lavoratore (*)	Grandezze personali		AD U [m <sup>2</sup> ]	Acclimatazione [%] (indotta naturalmente)	Stato di lavoro [In piedi Seduto Ginocchio]	Icl [clo]	Met [W/m <sup>2</sup> ]	Fase di lavoro
	Massa [kg]	Altezza [m]						
A	58	1,70	1,67	100	In piedi	0,5	150	Raccolta peperoni
B	80	1,75	1,95	100	In piedi	0,5	150	Raccolta peperoni
C	62	1,69	1,71	100	In piedi	0,5	150	Raccolta melanzane
D	63	1,75	1,76	100	In piedi	0,5	150	Raccolta melanzane
E	78	1,80	1,97	100	In piedi	0,5	150	Raccolta pomodori

(\*) Tutti i lavoratori possono bere durante l'attività (DRINK= SI)

Nella **Tabella 9** sono riportati gli output, per gli addetti alla raccolta: da quanto si evince si può definire un rischio da sovraccarico termico, riferito alle 8 ore di lavoro,

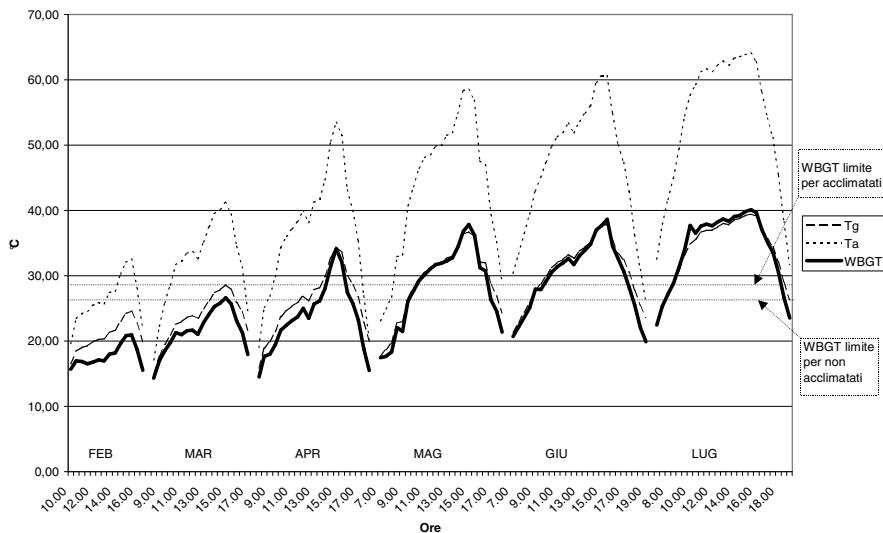
accettabile in quanto nessuno dei lavoratori supera la soglia dei 38°C per la temperatura rettale ( $t_{re}$ ) (media dei cinque lavoratori, riferita al quattrocentottantesimo minuto di lavoro: 37,56°C).

Si evince una perdita idrica al di sotto dei valori di soglia calcolati con il modello *PHS*, fatta eccezione per il lavoratore A, per il quale si registra un superamento di circa 50 g per la  $D_{max95}$  (trascurabile) [5].

**Tabella 9:** Valori di output riferiti alle fasi di raccolta in pieno campo [5]

Valori riferiti al 480° minuto	Lavoratori				
	A	B	C	D	E
Temperatura della pelle $t_{sk}$ [°C]	35	34,9	34,23	34,23	34,25
flusso di calore da convezione respiratoria $C_{res}$ [W/m <sup>2</sup> ]	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
flusso di calore da evaporazione respiratoria $E_{res}$ [W/m <sup>2</sup> ]	6,62	6,62	6,62	6,62	6,62
temperatura della superficie del vestiario $t_{cl}$ [°C]	35,45	34,43	34,06	34,06	34,06
flusso di calore per convezione $C$ [W/m <sup>2</sup> K]	56,82	56,53	51,81	51,81	51,81
flusso di calore per radiazione $R$ [W/m <sup>2</sup> K]	- 46,16	-46,29	-48,37	- 48,37	- 48,36
Temperatura rettale $t_{re}$ [°C]	37,6	37,5	37,6	37,6	37,5
Perdita idrica totale [g]	2946,3	3461,4	3.021,0	3118,4	3429,7
$D_{max50}$ [g]	4350	6000	4650	4725	5850
$D_{max95}$ [g]	2900	4000	3100	3150	3900
$D_{lim tre}$ [min]	480	480	480	480	480

Un altro studio effettuato dagli autori, riguarda il lavoro in serra [6, 8, 9]. In questo caso il rischio di stress termico per gli addetti è stato valutato mediante l'indice *WBGT*.



**Figura 6:** Indice WBGT in serra da febbraio a luglio [6, 8, 9]



I dati rilevati mostrano come il rischio da microclima per i lavoratori operanti in serra non deve essere assolutamente trascurato. In particolare nelle ore più calde della giornata, a partire dal mese di aprile, si possono raggiungere condizioni tali da sottoporre i soggetti esposti al rischio di colpo di calore (**Figura 6**). Ma anche senza giungere a tali livelli di rischio rimane il problema dell'esposizione a sbalzi di temperatura nell'entrare e uscire dagli apprestamenti protetti. In entrambi i casi, inoltre, il rischio è amplificato dal mancato acclimatamento dei lavoratori.

Quest'ultimo fattore risulta, pertanto, un fondamentale elemento di prevenzione. Tuttavia la sua attuazione non è affatto semplice, in quanto le condizioni microclimatiche all'interno delle serre vanno mantenute anche in assenza degli operatori: non si può procedere, pertanto, ad un acclimatamento graduale all'interno delle serre stesse.

Una possibile soluzione al problema, comunque da approfondire con ulteriori ricerche, potrebbe essere fornita dalla costruzione di strutture semiaperte poste all'ingresso delle serre attualmente esistenti: la sosta, per un certo periodo di tempo, del lavoratore in queste zone, prima di entrare o di uscire dalla serra, permetterebbe al lavoratore di adeguare il proprio abbigliamento all'ambiente, proteggendolo anche da venti e correnti d'aria, consentendogli anche un migliore adattamento e quindi minori rischi per la salute, tuttavia farebbe aumentare i tempi per le operazioni ed inevitabilmente i costi di produzione [2].

Altri aspetti riferiti a sensazioni di disagio sono collegati alla temperatura della corrente d'aria (il discomfort diminuisce per alte temperature), alla sua differenza rispetto alla temperatura dell'aria ambiente (il discomfort aumenta all'aumentare di questa quantità), alla zona del corpo che viene investita dalla corrente (le parti più sensibili sono la testa, il collo e le caviglie) e all'attività dell'individuo (la sensibilità alle correnti diminuisce con l'aumentare dell'attività).

Inoltre, quando il moto dell'aria negli ambienti è turbolento, la velocità fluttua in maniera notevole, sia nello spazio che nel tempo, rispetto al valore medio, incrementando ulteriormente la sensazione di disagio.

Per valutare il discomfort da correnti d'aria si utilizza l'indice "rischio da correnti d'aria", *DR* (*Draught Rating*) che esprime la percentuale di persone che si prevede possano essere infastidite dalla corrente d'aria:

$$DR = (34 - t_a) (V_a - 0,05)^{0,62} (0,37 V_a T_u + 3,14) \quad (8)$$

Esso è funzione della temperatura locale dell'aria,  $t_a$ , della velocità media locale dell'aria,  $V_a$ , e dell'intensità locale di turbolenza,  $T_u$ .

Quest'ultimo parametro, che quantifica l'irregolarità del moto dell'aria, è definito come il rapporto, in per cento, tra la deviazione standard e la velocità media locale dell'aria.

### 3.2 Controllo del rischio da microclima in ambienti termici severi freddi

Frequentemente sono presenti, all'interno delle aziende alimentari, le celle frigorifere (**Figura 7**) o ambienti dove la temperatura deve rimanere al di sotto di determinati valori per mantenere inalterata la qualità dell'alimento. Questi locali sono mantenuti ad una temperatura variabile entro un *range* tra 0°C e 4°C.

La situazione più critica si riscontra proprio per il personale che opera (con presenza non continua nelle 8 ore) nelle celle frigorifere ad una temperatura minore o uguale a 4°C.

In particolare, ambienti severi freddi come quelli delle celle frigorifere sono caratterizzati da:

- valori di temperatura operativa,  $t_{op}$ , bassi (0°C÷10°C per ambienti moderatamente freddi e inferiori a 0°C per ambienti severi freddi);
- condizioni termoigrometriche moderatamente variabili nello spazio e nel tempo;
- attività fisica e tipologia del vestiario uniformi.



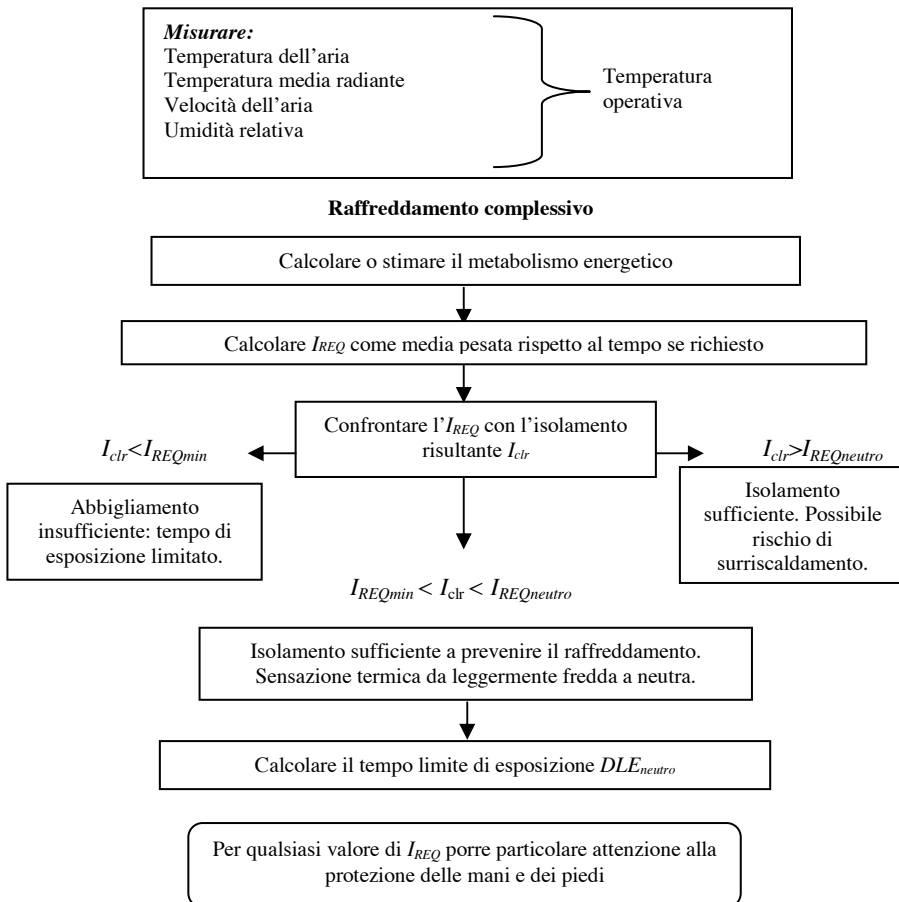
**Figura 7:** Cella frigorifera per il mantenimento dei prodotti alimentari

Al contrario degli ambienti caldi, è possibile, negli ambienti freddi, contrastare lo scambio termico mediante un vestiario con isolamento termico appropriato o con dispositivi di protezione individuale, con, le seguenti limitazioni:

- un isolamento troppo spinto può limitare nel movimento l'operatore;
- un eccessivo isolamento termico può impedire la traspirazione determinando un accumulo di sudore;
- ad una situazione termica neutra complessiva dell'organismo può associarsi un raffreddamento eccessivo di alcuni distretti (mani, piedi, viso).

Quando l'isolamento termico dell'abbigliamento indossato è minore dell'isolamento richiesto, l'esposizione all'ambiente severo deve essere limitata nel tempo, per evitare un raffreddamento del nucleo. Tuttavia si può accettare che una piccola riduzione di energia interna del corpo umano possa essere tollerata per una esposizione che si protragga per un tempo limitato; la "durata limite di esposizione", indicata con l'acronimo *DLE*, può allora essere ricavata tramite l'utilizzo di particolari indici. Si fa riferimento alla norma UNI EN ISO 11079 "Valutazione degli ambienti freddi – Determinazione dell'isolamento richiesto dagli indumenti ( $I_{REQ}$ )". In tale norma vengono definiti due indici di stress di estrema importanza: a)

indice di raffreddamento complessivo; b) indice di raffreddamento locale. L'indice di raffreddamento complessivo è utilizzato per la valutazione dello stress termico da raffreddamento complessivo ed esprime l'isolamento termico dell'abbigliamento richiesto che prende il nome di  $I_{REQ}$  ( $m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$ ) (Figura 8).



**Figura 8:** Procedimento per la valutazione negli ambienti severo freddi [13]

Lo scambio termico attraverso l'abbigliamento ha luogo per conduzione, convezione e irraggiamento (scambio termico sensibile) [13] e per evaporazione del sudore (calore latente).

L'effetto dell'abbigliamento sullo scambio termico sensibile è determinato dall'isolamento termico degli abiti e del gradiente di temperatura tra la pelle e la superficie degli indumenti. Il flusso termico sensibile attraverso la superficie degli indumenti è equivalente allo scambio di energia termica tra la superficie dell'abbigliamento e l'ambiente.

Quindi lo scambio termico attraverso l'abbigliamento può essere espresso in termini di un isolamento dell'abbigliamento risultante  $I_{clr}$ .

L' $I_{REQ}$  può essere considerato, pertanto, un indicatore dello stress termico determinato dagli effetti combinati dell'energia metabolica e dello scambio termico con l'ambiente. Per un assegnato livello di attività, quanto più grande è il potere raffreddante dell'ambiente, tanto maggiore è quindi l' $I_{REQ}$ .

L'equilibrio termico può essere raggiunto a diversi livelli di *strain* termoregolatorio, definito in termini di temperatura media della pelle, sudorazione (percentuale di pelle bagnata) e variazione dell'energia termica corporea.

Si suggerisce di definire  $I_{REQ}$  per due livelli di *strain* fisiologico:

- $I_{REQmin}$  l'isolamento termico minimo necessario per mantenere il corpo in equilibrio termico a livello di temperatura media corporea più basso del normale. Rappresenta il più alto livello di *strain* fisiologico al quale l'uomo può essere sottoposto in condizioni lavorative;
- $I_{REQneutro}$  l'isolamento termico necessario per mantenere condizioni di neutralità termica, per esempio l'equilibrio termico mantenuto a un livello normale di temperatura media corporea. Questo livello corrisponde ad un raffreddamento minimo o nullo del corpo umano.

L'intervallo tra  $I_{REQmin}$  e  $I_{REQneutro}$  può essere considerato come una zona di regolazione dell'abbigliamento, dove ogni individuo sceglie il livello di protezione adatto. Per valori di isolamento termico minori di  $I_{REQmin}$  esiste un rischio di progressivo raffreddamento del corpo. Per valori di isolamento termico maggiori di  $I_{REQneutro}$  la sensazione termica sarà di caldo e si può avere surriscaldamento.

Quando l'abbigliamento è insufficiente a garantire una neutralità termica è necessario stimare la *DLE*.

Per esposizioni di poche ore si può accettare una certa riduzione del contenuto di energia termica ( $Q$ ), il cui valore può essere usato per calcolare la durata dell'esposizione se l'accumulo è noto; quindi:

$$DLE = Q_{lim}/S \quad (9)$$

dove:

$$Q_{lim} \text{ è il valore limite di } Q;$$

$$S = M - W - C_{res} - E_{res} - E - R - C.$$

L'indice di raffreddamento locale è l'indice utilizzato per la valutazione dello stress termico da raffreddamento locale è viene indicato *Wind Chill Index (WCI)*. Esso esprime l'entità della potenza termica per unità di superficie perduta dall'organismo in funzione della temperatura e delle velocità dell'aria.

### 3.2.1 Misure per la riduzione del rischio

Si possono considerare anche una serie di misure che permettono di contenere al minimo i disagi legati al lavoro in ambienti severi freddi, quali:

- la realizzazione di un percorso controllato nei tempi e nei parametri termoigrometrici tra le condizioni esterne (che in estate possono avvicinarsi ai 40°C) e gli ambienti di lavoro (che in taluni casi possono essere anche raggiungere i -25°C).

- l'installazione di uffici/box/cabine opportunamente climatizzate, ben isolate dall'ambiente, in grado di consentire la riduzione della permanenza negli ambienti severi al minimo tempo indispensabile.

Risulta necessaria, inoltre, la presenza di un'apertura di sicurezza dall'interno. Inoltre le porte di celle per bassa temperatura (sotto lo 0°C) devono essere dotate di resistenza elettrica anticondensa applicata all'interno della guarnizione, necessaria per evitare il blocco dell'apertura.

In condizioni estreme è importante la presenza di ambienti di acclimatamento posti prima dell'ingresso della cella, in modo da ridurre l'entità degli sbalzi termici ed aumentare i tempi di transito per i lavoratori tra le zone a differenti temperature.

### 3.2.2 Un caso pratico

Si riportano, a titolo di esempio, i risultati di una indagine effettuata presso un caseificio del centro Italia [7]. I rilievi hanno riguardato 7 ambienti differenti, e sono stati ripetuti, a fine inverno e in estate, negli stessi orari (in orario di lavoro).

L'azienda è sita in una valle a circa 250 m s.l.m., vicino a un corso d'acqua: ciò comporta, in inverno, numerosi periodi con temperature sotto zero.



**Figura 9:** Layout del caseificio

Il locale, il cui layout è schematizzato in **Figura 9**, è caratterizzato da un grado di umidità elevato, sul quale non si può intervenire per non nuocere alla produzione della ricotta. In media vi operano 4 addetti. Il locale salamoia è collegato con la cucina tramite una porta costituita da due spessori di pvc apribili.

Al centro è posta la vasca per la salatura, con acqua a una temperatura di circa 10°C: ciò spiega perché la temperatura è notevolmente più bassa rispetto a quella degli altri locali.

Nel locale, ove operano in media 4 addetti, avviene anche il raffreddamento delle ricotte. Il corridoio delle celle mette in comunicazione la zona di lavorazione con le celle di stagionatura e la zona di vendita.

Le celle frigorifere sono rivestite esternamente con materiale isolante, tuttavia, a causa delle porte non totalmente sigillanti, il freddo tende a disperdersi nel corridoio, raffreddandolo.

La struttura del magazzino 1, dove lavorano in media 10 addetti, è costituita da una tamponatura perimetrale in pannelli di cemento prefabbricato dello spessore di 10 cm, mentre la copertura non si differenzia dalle altre zone.

Un problema del magazzino è costituito dal fatto che il materiale per il confezionamento dei formaggi è posto all'esterno del locale, in un'altra stanza, per cui gli operatori devono uscire con qualunque condizione atmosferica. Ciò comporta uno stress soprattutto d'estate, quando all'interno si hanno circa 17°C, mentre nel piazzale esterno si raggiungono temperature anche superiori ai 30°C.

Nel magazzino del sottovuoto lavorano in media 7 addetti. La struttura è la stessa della cucina. Il locale è collegato, tramite una porta aperta, al magazzino 1.

Nelle **Tabelle 10 e 11** si riportano i dati rilevati (valori massimi, minimi e medi) e gli indici ottenuti dalla loro elaborazione.

È importante notare come, durante le rilevazioni, le condizioni microclimatiche esterne si siano molto modificate durante la giornata: infatti la temperatura, nel periodo invernale, è passata da 2°C alle ore 6.00, a 18°C alle 12.00, per poi ridiscendere intorno a 16°C alle ore 18.00. Anche l'umidità ha seguito lo stesso andamento, portandosi dal 100% al mattino al 58,2% la sera, con una punta minima di 51,2%.

In tutti gli ambienti il personale indossava lo stesso vestiario, di tipo estivo, con maglietta maniche corte, pantaloni leggeri, grembiule, calze lunghe e stivali.

Questo abbigliamento non si adatta bene a due ambienti: l'interno delle celle e il corridoio che unisce il reparto salamoia ai magazzini.

Infatti, analizzando i parametri *PMV* e *PPD* riferiti al personale più a rischio (chi preleva dalle celle il formaggio per la vendita e chi trasporta le ricotte dalla zona salamoia alla cella), si vede che gli insoddisfatti sfiorano la totalità.

I valori degli indici, poi, mostrano come in alcuni ambienti (es.: cella) risulti inappropriato parlare di microclima moderato (occorre applicare i criteri di valutazione propri dei microclimi severi freddi).

I risultati evidenziano in primo luogo che sarebbe necessario far vestire più pesantemente gli operatori che transitano nei due locali suddetti: con abbigliamento più pesante (maglietta maniche corte, camicia leggera a maniche lunghe, pantaloni pesanti e giacca pesante), i valori medi di *PMV* e *PPD* passerebbero a valori più prossimi all'accettabilità.

Un altro aspetto, legato all'organizzazione del lavoro, riguarda gli spostamenti che i lavoratori effettuano, attraverso il corridoio, dal magazzino alla cella per prelevare il formaggio, e talvolta all'esterno, per prelevare gli imballaggi, sottoponendosi a notevoli sbalzi termici. Ancor più evidente lo stress per gli addetti della sala ricotta, che si recano nelle celle per depositare le ricotte precedentemente raffreddate nel locale salamoia: lo sbalzo termico sfiora i 20°C e può causare gravi danni alla salute. Sarebbe perciò necessario dedicare specificamente a tali spostamenti alcuni addetti abbigliati in modo opportuno.

**Tabella 10:** Valori dei parametri rilevati nel caseificio oggetto di studio e determinazione dei principali indici per il periodo estivo [7]

Ambiente	T <sub>a</sub> °C	T <sub>g</sub> °C	V <sub>a</sub> ms <sup>-1</sup>	RH %	PMV	PPD %	PD %	To °C
	Periodo estivo:							
Cucina	<b>22,21</b>	<b>22,24</b>	<b>0,07</b>	<b>68,71</b>	<b>0,74</b>	<b>16,87</b>	<b>3,63</b>	<b>22,21</b>
	23,49	23,30	0,27	73,95	0,97	24,67	10,15	23,20
	21,24	21,36	0,00	63,42	0,54	11,08	0,00	21,25
Ricotta (spingere i carrelli)	<b>25,98</b>	<b>25,88</b>	<b>0,16</b>	<b>85,21</b>	<b>0,89</b>	<b>22,47</b>	<b>9,37</b>	<b>25,93</b>
	27,70	27,32	0,41	89,17	1,22	36,04	12,78	27,33
	24,59	25,00	0,56	79,48	0,66	14,17	5,79	24,93
Ricotta (grattare le caldaie)	<b>25,99</b>	<b>25,89</b>	<b>0,16</b>	<b>85,16</b>	<b>0,90</b>	<b>22,97</b>	<b>9,37</b>	<b>25,92</b>
	27,70	27,32	0,41	89,17	1,26	38,08	12,78	27,32
	24,59	25,12	0,00	79,48	0,65	13,85	5,79	24,96
Corridoio	<b>15,49</b>	<b>16,30</b>	<b>0,01</b>	<b>86,27</b>	<b>-1,26</b>	<b>38,44</b>	<b>0,00</b>	<b>15,79</b>
	16,81	116,54	0,11	95,47	-1,14	46,07	0,00	16,27
	14,30	15,78	0,00	74,85	-1,41	32,32	0,00	15,14
Salamoia	<b>24,09</b>	<b>23,08</b>	<b>0,04</b>	<b>90,78</b>	<b>1,22</b>	<b>36,39</b>	<b>0,42</b>	<b>23,66</b>
	25,00	24,13	0,18	94,96	1,34	42,32	2,17	24,19
	22,92	22,42	0,00	82,85	1,08	29,80	0,00	23,04
Cella	<b>6,47</b>	<b>6,98</b>	<b>0,01</b>	<b>96,29</b>	<b>-3,11</b>	<b>99,47</b>	<b>0,00</b>	<b>6,64</b>
	8,06	8,70	0,18	100,00	-2,94	99,62	0,00	7,52
	6,24	6,66	0,00	93,16	-3,16	98,82	0,00	6,43
Magazzino 1	<b>21,90</b>	<b>21,98</b>	<b>0,04</b>	<b>73,99</b>	<b>-0,01</b>	<b>5,23</b>	<b>0,54</b>	<b>21,93</b>
	23,18	25,84	0,44	85,34	0,29	6,79	3,44	23,35
	21,24	21,43	0,00	69,31	-0,10	5,00	0,00	21,47
Magazzino sottovuoto	<b>22,83</b>	<b>23,27</b>	<b>0,04</b>	<b>64,29</b>	<b>-0,18</b>	<b>6,70</b>	<b>0,75</b>	<b>23,10</b>
	24,51	23,90	0,46	70,65	0,03	11,64	5,70	23,88
	19,84	22,31	0,00	57,04	-0,56	5,00	0,00	21,82

La situazione in estate vede, a causa delle temperature più elevate, un marcato peggioramento in tutti i locali di lavorazione, con un lieve miglioramento per il corridoio.

I dati rilevati evidenziano come nel caseificio il discomfort è dovuto soprattutto ai passaggi degli operatori nelle stanze tenute a diverse condizioni di temperatura ed umidità.

Dalle indagini effettuate, perciò, si può concludere che, ai fini della tutela della salute dei lavoratori, sarebbe opportuno che gli operatori stessi modificassero il loro abbigliamento all'atto di questi passaggi. Tuttavia questo comporterebbe un allungamento dei tempi per le diverse operazioni, dovendo anche prevedere ulteriori ambienti in cui gli operatori possano coprirsi o scoprirsi a seconda delle esigenze.

**Tabella 11:** Valori dei parametri rilevati nel caseificio oggetto di studio e determinazione dei principali indici per il periodo invernale [7]

Ambiente	Valori	T <sub>a</sub>	T <sub>g</sub>	V <sub>a</sub>	RH	PMV	PPD	PD	To
		°C	°C	ms <sup>-1</sup>	%		%	%	°C
<b>Periodo invernale:</b>									
Cucina	med	<b>17,51</b>	<b>16,74</b>	<b>0,06</b>	<b>86,04</b>	<b>-0,24</b>	<b>6,60</b>	<b>8,38</b>	<b>17,20</b>
	max	18,66	17,91	0,39	94,49	-0,02	9,46	26,28	18,23
	min	15,25	15,59	0,00	78,78	-0,46	5,01	0,00	16,27
Ricotta (spingere i carrelli)	med	<b>23,24</b>	<b>23,13</b>	<b>0,54</b>	<b>96,02</b>	<b>0,15</b>	<b>6,74</b>	<b>77,39</b>	<b>23,17</b>
	max	24,55	24,43	2,04	100,00	0,45	9,28	100,00	24,41
	min	21,40	21,09	0,03	91,77	-0,34	5,24	47,89	21,25
Ricotta (grattare le caldaie)	med	<b>23,24</b>	<b>23,13</b>	<b>0,54</b>	<b>96,02</b>	<b>0,05</b>	<b>6,57</b>	<b>77,39</b>	<b>23,16</b>
	max	24,55	24,43	2,04	100,00	0,38	10,55	100,00	24,41
	min	21,40	21,09	0,03	91,77	-0,52	5,01	47,89	21,23
Corridoio	med	<b>10,80</b>	<b>11,55</b>	<b>0,02</b>	<b>92,80</b>	<b>-2,37</b>	<b>85,83</b>	<b>0,00</b>	<b>11,09</b>
	max	11,35	12,83	0,15	100,00	-2,15	91,12	0,00	11,54
	min	9,50	10,97	0,00	87,08	-2,40	83,05	0,00	10,47
Salamoia	med	<b>18,47</b>	<b>18,25</b>	<b>0,04</b>	<b>95,49</b>	<b>0,06</b>	<b>5,21</b>	<b>1,07</b>	<b>18,38</b>
	max	19,38	19,54	0,16	100,00	0,20	5,81	5,29	18,97
	min	16,69	17,87	0,00	90,93	-0,08	5,00	0,00	17,82
Cella	med	<b>6,47</b>	<b>6,98</b>	<b>0,01</b>	<b>96,29</b>	<b>-3,11</b>	<b>99,47</b>	<b>0,00</b>	<b>6,64</b>
	max	8,06	8,70	0,18	100,00	-2,94	99,62	0,00	7,52
	min	6,24	6,66	0,00	93,16	-3,16	98,82	0,00	6,43
Magazzino 1	med	<b>15,88</b>	<b>15,37</b>	<b>0,04</b>	<b>64,74</b>	<b>-1,37</b>	<b>44,08</b>	<b>2,40</b>	<b>15,67</b>
	max	16,24	15,74	0,23	67,42	-1,30	51,92	17,18	15,98
	min	15,52	13,32	0,00	60,98	-1,52	40,07	0,00	14,94
Magazzino sottovuoto	med	<b>17,56</b>	<b>17,97</b>	<b>0,05</b>	<b>59,24</b>	<b>-1,63</b>	<b>57,86</b>	<b>4,88</b>	<b>17,80</b>
	max	18,47	18,21	0,36	63,71	-1,49	70,93	17,94	18,16
	min	16,58	17,41	0,00	53,33	-1,88	50,36	0,00	17,50

#### 4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le modalità di valutazione del microclima negli ambienti di lavoro, costituiscono la base di partenza per un intervento tecnico, volto a realizzare condizioni di comfort e di benessere per gli addetti. In particolare tale intervento si articola in quattro fasi:

1. valutazione delle condizioni ambientali del luogo di lavoro e dei parametri soggettivi dei lavoratori, che conduce all'individuazione del *PMV* e quindi alla possibilità di definire il microclima come moderato, severo caldo o severo freddo;
2. calcolo degli indici appropriati in funzione del punto precedente;



3. eventuale utilizzo di modelli di previsione delle caratteristiche dell'ambiente di lavoro, in funzione dei risultati ottenuti da brevi periodi di rilievo dei parametri ambientali;
4. proposta progettuale.

Quest'ultima è finalizzata alla realizzazione di interventi di bonifica, attuabili nei confronti dell'operatore e/o dell'intero ambiente di lavoro. In particolare è possibile cambiare il vestiario indossato, modificando la sua resistenza termica, e/o il dispendio metabolico, introducendo delle pause nei turni di lavoro o realizzando una rotazione dei compiti. Si può invece intervenire sull'ambiente di lavoro agendo su singole zone di questo o direttamente sulle sorgenti termiche.

L'esposizione al calore prevede l'utilizzo di indumenti leggeri, se per una particolare lavorazione non è possibile soddisfare tale richiesta si dovrà utilizzare un indumento speciale che non impedisca la sudorazione o che abbia potere isolante adeguato.

Uno degli aspetti che meritano a parere degli autori un maggiore approfondimento da parte della ricerca, riguarda l'acclimatazione dei lavoratori alle temperature estreme e alla protezione dagli sbalzi di temperatura.

L'acclimatazione al caldo comporta una serie di adattamenti fisiologici e psicologici durante le prime 2 settimane di esposizione. Cautele aggiuntive dovrebbero essere adottate durante questo periodo e quando lavoratori in cattiva forma fisica debbono essere esposti a condizioni di stress calorico.

Per quanto concerne la situazione connessa con i lavori in cella frigorifera, quanto più elevata è la velocità dell'aria e quanto minore la temperatura nella zona di lavoro, tanto maggiore deve essere il grado di isolamento degli indumenti protettivi. Infatti la velocità dell'aria è una significativa concausa di problemi di ipotermia, e pertanto va sempre mantenuta ai livelli più bassi possibili. Una possibile soluzione tecnica di facile applicazione è quella di collegare lo spegnimento dei ventilatori delle celle frigorifere all'apertura delle porte per il passaggio dei muletti.

I lavoratori più anziani o quelli con problemi circolatori necessitano di protezioni cautelative speciali contro il danno da freddo (es: l'uso di indumenti isolanti aggiuntivi e/o la riduzione della durata del periodo di esposizione).

Un fatto è certo, ovvero, che le azioni cautelative da prendere in esame dipendono dalle condizioni fisiche dei lavoratori.

In pratica le principali indicazioni preventive riguardano:

- l'introduzione di una organizzazione del lavoro che limiti la durata di permanenza del lavoratore negli ambienti troppo freddi (o troppo caldi);
- l'indossare un abbigliamento idoneo a mantenere la giusta temperatura corporea e, in situazioni estreme, utilizzare dispositivi di protezione individuale adeguati, prestando particolare attenzione alla difesa di mani, piedi e testa più sensibili al freddo;
- la limitazione del fenomeno noto come "*pumping effect*".

Per quanto riguarda quest'ultimo occorre considerare che, generalmente, l'abbigliamento è composto da più capi e, quindi, da più strati di tessuti diversi tra i quali sono interposti strati di aria; quando le persone si muovono quest'aria, insieme a quella che entra attraverso le aperture dei capi, quali polsini e colletti, entra in movimento determinando un effetto, noto appunto come "*pumping effect*". Tale effetto può essere causato anche da elevati valori di velocità dell'aria, dovuti ad

esempio alla presenza di vento, che possono provocare una compressione degli strati di tessuto, riducendone lo spessore con conseguente variazione sia dell'isolamento termico che della resistenza evaporativa.

## **5. BIBLIOGRAFIA**

- [1] Alfano G., D'Ambrosio F.R., Riccio G. (1998). Disagio e stress termico: effetti, normative, valutazione e controllo. Atti Convegno dBA, Modena 17-19 settembre 1998.
- [2] Cecchini M., Monarca D., Nelli S. (2005). Indagine sul microclima nei caseifici dell'Italia centrale. Atti Convegno dBA incontri, Microclima, aerazione e illuminazione nei luoghi di lavoro. Bologna, 13-15 settembre 2005. 249-264.
- [3] Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome, ISPESL (2006). Microclima, aerazione e illuminazione nei luoghi di lavoro. Requisiti e standard. Indicazioni operative e progettuali. Linee Guida, Atti Convegno dBA. Modena, 12-13 ottobre 2006.
- [4] LSI laboratori di strumentazione industriale (1997). L'ambiente fisico. Milano.
- [5] Monarca D., Cecchini M., Colantoni A. (2007). Lo stress termico in ambienti severi caldi per gli operatori agricoli in campo e in serra. Atti 13° Convegno di Igiene Industriale AIDII "Le giornate di Corvara". Corvara (BZ), 26-28 marzo 2007
- [6] Monarca D., Cecchini M., Marucci A., Porceddu P.R. (2003). Microclimate risk for workers in greenhouses. XXX CIOSTA "Management and technology applications to empower agriculture and agro-food systems" Torino, 22-24 settembre 2003. vol. 2, 969-976.
- [7] Monarca D., Cecchini M., Nelli S., Panaro V., Santoro F. (2002). Il rischio da microclima: esperienze per alcuni dei principali ambienti di lavoro agroindustriali. Atti Convegno dBA. Modena, 25-27 settembre 2002. 99-114.
- [8] Monarca D., Cecchini M., Panaro A., Porceddu P.R. (2004). Valutazione del rischio di stress termico per i lavoratori in serra. Atti Convegno dBA incontri, Microclima. Valutazione, prevenzione e protezione dai rischi e comfort nei luoghi di lavoro. Modena, 13-14 ottobre 2004. 157-165.
- [9] Monarca D., Porceddu P.R., Cecchini M., Babucci V. (2005). La valutazione del rischio da microclima negli ambienti di lavoro agroindustriali. Riv. di Ing. Agr., 4, 89-93.
- [10] Sutter S. (2003). A guide to agricultural heat stress. Agricultural personnel management program newsletter. University of California Cooperative Extension.
- [11] U.S. Army Public Health Command (Prov) (2003). Ranger and Airborne School Students Heat Acclimatization Guide Booklet. Washington, D.C.: U.S. Army.
- [12] UNI EN 27243 (1996). Ambienti caldi. Valutazione dello stress termico per l'uomo negli ambienti di lavoro, basata sull'indice WBGT (temperatura a bulbo umido e del globotermometro).
- [13] UNI EN ISO 11079 (2008). Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione e interpretazione dello stress termico da freddo con l'utilizzo dell'isolamento termico dell'abbigliamento richiesto (IREQ) e degli effetti del raffreddamento locale.

- [14] UNI EN ISO 7726 (2002). Ergonomia degli ambienti termici - Strumenti per la misurazione delle grandezze fisiche.
- [15] UNI EN ISO 7730 (2006). Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale.
- [16] UNI EN ISO 7933 (2005). Ergonomia dell'ambiente termico - Determinazione analitica ed interpretazione dello stress termico da calore mediante il calcolo della sollecitazione termica prevedibile.
- [17] UNI EN ISO 8996 (2005). Ergonomia dell'ambiente termico - Determinazione del metabolismo energetico.
- [18] UNI EN ISO 9886 (2004). Ergonomia - Valutazione degli effetti termici (thermal strain) mediante misurazioni fisiologiche.
- [19] UNI EN ISO 9920 (2009). Ergonomia dell'ambiente termico - Valutazione dell'isolamento termico e della resistenza evaporativa dell'abbigliamento.

*Il contributo alla impostazione e allo svolgimento del lavoro va suddiviso in maniera paritetica tra gli Autori.*

## ATMOSFERE IPERBARICHE: NON SOLO MARE

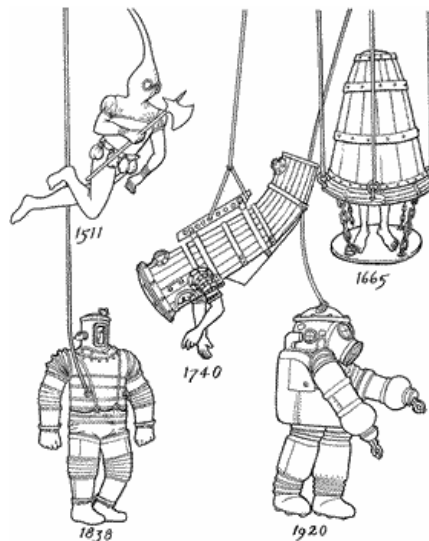
Enrico Marchetti<sup>(1)</sup>, Angelo Tirabasso<sup>(2)</sup>

(1) INAIL, Centro Ricerche Monteporzio Catone (Roma).

(2) Università di Roma Tor Vergata, Dipartimento di Otorinolaringoiatria.

### 1. INTRODUZIONE

Le attività lavorative svolte in atmosfera iperbarica hanno una lunga storia (**Figura 1**), ma mai come oggi sono state diversificate per finalità e ambiente di svolgimento.



**Figura 1:** alcune forme di lavoro subacqueo in contesto storico.

Dopo il 1700, grazie all'evoluzione tecnologica della rivoluzione industriale, iniziava l'era dei "cassonisti". Questi erano operai che lavoravano in una miniera allagata da cui veniva espulsa l'acqua pompando aria a pressione nell'ambiente di lavoro. Quest'aria, a pressione maggiore di quella atmosferica, li esponeva ad un rischio più subdolo di quello da cui li doveva proteggere: l'annegamento. La consapevolezza di tale rischio comincia a prendere forma pochi anni dopo: nel 1716 Halley [1], infatti, osservava alcuni peculiari effetti sugli operai. Nel 1845 Triger [2] estende tali osservazioni, ma dobbiamo arrivare alla fine dell'800 per avere un

tangibile interesse per la compressione e decompressione (riconosciuta nel 1878 da Paul Bert [3] come responsabile delle patologie osservate). Infatti nel 1907 la Marina Militare britannica attribuisce l'incarico a John Scott Haldane di studiare delle procedure di decompressione per i palombari della Marina. Questo incarico produce un caposaldo della teoria della decompressione [4] che produce tuttora risultati. Questo studio, infatti, contribuì a determinare le impostazioni che vengono ancora oggi seguite per elaborare la corretta procedura di decompressione per le diverse professionalità che operano in atmosfere iperbariche.

Notiamo a margine che l'inizio dell'attività lavorativa in atmosfere iperbariche non è legata all'acqua ma è, piuttosto, la conseguenza dell'intenzione di effettuare attività a secco in ambienti naturalmente allagati. Le attività lavorative sono di carattere industriale, con notevole impegno di capitale, ed i lavoratori sono costituiti da personale proletario poco professionalizzato.

Solo con la nascita della figura del palombaro (dopo il 1800) la professionalità di chi lavora in alta pressione comincia a crescere. Infatti nel 1829 Charles e John Deane progettano e realizzano il primo elmo da palombaro. Un'attrezzatura individuale così tecnologica e costosa non può essere messa in testa a persone poco qualificate.

La crescita della professionalità ha portato con sé anche un aumento della tutela, con la conseguente formazione di figure giuridicamente definite e tutelate. Nel tempo si è anche sviluppata una disciplina giuridica tecnica per alcune delle figure che si sono andate differenziando a partire dalle due precorritrici: cassonisti e palombari.

L'attuale stato delle cose è alquanto più articolato di quanto non fosse agli albori del lavoro in ambienti iperbarici. Le professioni che afferiscono alle atmosfere iperbariche si svolgono sia in acqua che a secco, vedono impegnate sia uomini che donne e sono variamente tutelate dal punto di vista sanitario e fisico. Il presente lavoro si prefigge di esaminare le varie tipologie di lavoro iperbarico e di valutare la loro tutela giuridica dal punto di vista della salute e prevenzione lavorativa, limitandosi al solo agente iperbarico.

Naturalmente i fattori di rischio che accompagnano queste attività lavorative sono molti ed i più disparati. Alcuni di questi fattori di rischio interagiscono tra loro dando luogo ad un'esposizione difficilmente valutabile, in quanto mancano gli indicatori corretti per l'interferenza. Per citare un esempio ovvio basta considerare le vibrazioni e il microclima severo freddo per i subacquei di alto fondale. Anche gli aspetti di sicurezza sono a volte interferenti: se il mare è mosso la decompressione non si può fare in acqua. La valutazione di tutti questi aspetti ci distrarrebbe dal mettere correttamente a fuoco la pura e semplice azione di un'atmosfera iperbarica. Pertanto non si terrà conto di alcun altro fattore di rischio che non la pressione del gas inerte che è presente nella miscela respiratoria. Con questo non si vuole sminuire ogni altro aspetto che qui viene omissis, ma solamente porre l'accento su uno dei rischi fisici che è entrato a far parte solo di recente della consapevolezza dei preventori.

L'esposizione ad atmosfere iperbariche fa sì che il gas presente nella miscela respiratoria, che non prende parte agli scambi metabolici, passi nei tessuti del lavoratore. Quando egli torna all'atmosfera di partenza il gas inerte deve nuovamente tornare all'ambiente. Questo può essere un evento potenzialmente rischioso che deve essere prevenuto. Nel tempo si sono sviluppate delle idonee strategie per prevenirlo ed evitarlo. Questo sono le procedure di decompressione che

si fondano sulle tabelle di decompressione e sul loro corretto uso. Prima degli anni '80 l'unico di tali sussidi era costituito dalle tabelle di decompressione della Marina Militare degli Stati Uniti (USN: *United States Navy*). Queste servivano a tutti: erano utilizzate sia per immersioni commerciali (in acqua ed in secco) sia per immersioni ricreative e anche per sottoporre a terapia i subacquei incidentati. Ancora adesso le tabelle più utilizzate e più recenti sono quelle della Marina Militare degli Stati Uniti (cui ha contribuito pure quella Italiana), cui si sono però aggiunte negli anni '90 le tabelle del Ministero del Lavoro Francese ed infine quelle dette RGBM, che fanno capo ad un diverso modello (si veda oltre). Ma soprattutto le tabelle si sono diversificate per tipologia di attività. Attualmente nelle diverse professioni che operano in ambiente iperbarico le tabelle operative sono moltissime, sia in aria che in acqua. Le grandi compagnie hanno sviluppato le proprie, dato che devono essere specifiche per una attività e non per altre. Naturalmente è intuitivo capire che non tutte le tabelle vanno bene per tutte le attività. Questo dipende essenzialmente dalle condizioni di test delle tabelle, oltre che dalle ipotesi sotto cui sono state derivate. Questo fa nascere l'esigenza che la procedura sia valutata prima di eseguire il lavoro, per poterla commisurare con le altre precauzioni adottate. Quindi ne nasce un obbligo in sede di valutazione dei rischi: programmare l'esposizione ad atmosfera iperbarica e scegliere la tabella di decompressione. Questo deve essere l'obiettivo centrale dell'attività di valutazione preventiva dei rischi per questo peculiare agente fisico. Perché ciò sia operativamente fattibile occorre che sia sancito per legge e che non ci siano procedure obbligate da norme troppo vincolanti, in modo da poter scegliere la tabella migliore fra quelle a disposizione. Questo ci porta a fare un esame delle diverse professioni e delle loro caratteristiche.

## 2. RASSEGNA DELLE BASI TEORICHE DELLA DECOMPRESSIONE

La legge fisica fondamentale che fa da base al modello decompressivo di Haldane è la legge di Henry, la quale afferma che due gas a pressione differente tendono ad equilibrarsi quando siano posti in comunicazione.

La tendenza a raggiungere l'equilibrio (livello di saturazione o tensione  $T$ ) ha un andamento proporzionale al tempo trascorso ed alla differenza di pressione tra i due gas:

$$dT = \beta \cdot t \cdot dP \quad \{1\}$$

La costante di proporzionalità  $\beta$  è una caratteristica del gas inerte che si trova nella miscela respiratoria, ma anche del tessuto in cui si scioglie. Questa proporzionalità tra livello di saturazione, pressione e tempo conduce, per integrazione, ad una legge esponenziale di aumento della saturazione nel compartimento che ha la pressione più bassa:

$$T(t) = c \cdot e^{\beta \cdot t} \quad \{2\}$$

con  $\beta = \frac{1}{\tau}$

Il tempo  $\tau$  rappresenta il tempo caratteristico (emitempo) in cui il compartimento a pressione più bassa assorbe la metà del gas inerte che dovrebbe complessivamente assorbire in ragione della differenza di pressione e della sua capacità, per un tempo infinito.

Il corpo umano non è ovviamente costituito da due soli compartimenti, ma si compone di una enorme intreccio di tessuti diversi, ognuno con caratteristiche di assorbimento del gas inerte differenti. Il tessuto immediatamente a contatto con il gas inerte è, escludendo la cute, quello polmonare, che però ha una funzione di trasferimento al sangue molto rapida. Quindi in definitiva, è il sangue che trasporta il gas inerte ai diversi tessuti. Tutti i tessuti scambiano, per contatto o per contiguità dei vasi sanguigni che li irrorano, gas inerte fra loro. Pertanto è stato inizialmente assunto che la velocità di assorbimento dell'inerte fosse proporzionale alla perfusione sanguigna del determinato tessuto. In tempi più recenti<sup>1</sup> ci si è resi conto che in realtà anche la diffusione atomica del gas all'interno dei vari tessuti può indurre un assorbimento significativo e rapido del gas inerte. Il diverso rapporto, in termini di quantità di inerte trasportato, tra perfusione e diffusione determina l'applicazione ottimale di differenti procedure di decompressione [6].

Il modello adottato da Haldane fa ricorso al solo meccanismo della perfusione e prevede che l'aumento della pressione parziale interna (saturazione) e la sua diminuzione in fase decompressiva (desaturazione) siano due fenomeni simmetrici ed esponenziali (si veda {2}). Dato che i tessuti che costituiscono il corpo umano si comportano in maniera differente dal punto di vista della velocità di saturazione e di desaturazione, Haldane [4] suddivise il corpo umano in cinque compartimenti (costituiti da insiemi di tessuti omogenei fra loro rispetto alla velocità di saturazione) con differenti tempi caratteristici di saturazione (emitempi)  $1/\tau_i$  (con  $i=1, 2, \dots, 5$ ) rispettivamente uguali a 5, 10, 20, 40, 75 minuti. Successivamente il numero dei compartimenti è passato da cinque a sei (tabelle USN anni 50' ÷ '60) [7] e poi da sei a dodici (tabelle della Marina Francese e del Ministero del Lavoro Francese del 1990) [8] che costituisce il modello con il numero massimo di compartimenti in cui ricadono, come velocità di saturazione, tutti gli organi e i tessuti del corpo. Ognuno di questi compartimenti ha il suo tempo caratteristico (emitempo). Ossia il tempo in cui raggiunge un assorbimento del 50 % del gas che può essere complessivamente contenuto come soluto in quel determinato solvente alla temperatura del corpo umano ed alla pressione data. Questo emitempo caratterizza la forma della curva esponenziale per quel dato compartimento. I vari compartimenti scambiano gas inerte fra loro tramite il sangue.

Un'ulteriore osservazione formulata da Haldane consistette nel fatto che esistono due regimi in cui un gas disciolto può tornare alla forma gassosa libera: uno senza formazione di bolle ed uno con formazione di bolle. La differenza tra i due tipi di passaggio risiede nella velocità di variazione della pressione interna riferita a quella esterna. Si è potuto osservare che, in conseguenza della differente velocità di variazione, ogni tessuto riesce a tollerare un maggiore o minore rapporto di

---

<sup>1</sup> La teoria atomica muoveva i primi passi nel 1905, data in cui Haldane fece le prime esperienze di decompressione. Quindi Haldane non poteva assolutamente prendere in considerazione la diffusione, visto che i corpi erano ancora impenetrabili.

sovrappressione tra interno ed esterno (ossia di sovrasaturazione critica<sup>2</sup>) in fase di risalita [8]. Questi valori vengono determinati sperimentalmente sia *in vivo* (su animali) che *in vitro*. Si va dai valori più piccoli del rapporto di sovrasaturazione critica di 1,54 per il tessuto con un emitempo di 120 minuti<sup>3</sup> (rappresentativo di compartimenti lenti come il grasso o il sistema nervoso) ai valori più elevati di 2,72 relativi ai compartimenti veloci come muscolo, reni e sangue. Queste tabelle, più articolate di quelle originali di Haldane ma costruite secondo gli stessi principi, rendono bene conto delle decompressioni più estreme e consentono di effettuare compressioni e decompressioni successive, oltre a compressioni multilivello (ossia con diversi livelli di pressione di lavoro nel corso della stessa pressurizzazione).

La costruzione pratica delle tabelle prevede di valutare qual è il tessuto guida, ossia quello che è più vicino alla saturazione. Questo tessuto funzionerà da serbatoio per trasferire gas inerte ai tessuti che con esso sono in contatto. L'elaborazione delle tabelle che prescrivono tempi di risalita e soste passa appunto per il calcolo di qual è il tessuto guida in un dato momento e qual è la sua sovrasaturazione critica. Quando questa ecceda i valori massimi previsti ci si deve fermare e aspettare un tempo sufficiente per far scendere la pressione parziale del gas inerte sotto al valore critico della sosta successiva. Questo genera una risalita a tappe: le tappe di decompressione.

L'enorme aumento dei dati raccolti derivati dalle immersioni militari e sportive ha consentito di effettuare una analisi delle tabelle di decompressione molto più accurata ed ha evidenziato una carenza di fondo. Questa carenza risiede nel fatto che, in particolari condizioni, la diffusione prevale sulla perfusione. Quindi considerare solo la perfusione porta a tempi di decompressione non corretti. A seguito di ciò si sono sviluppate sia nuove tabelle costruite su un più articolato modello haldaniano [8], sia nuovi modelli misti perfusivi-diffusivi [6] i quali hanno prodotto, a loro volta, nuove tabelle. In particolare, i nuovi modelli elaborati negli anni '90 dalla Marina degli Stati Uniti [5, 9 e 10] sono costruiti con la stessa logica ma hanno adottato un profilo della compressione diverso da quello della decompressione, rinunciando alla simmetria tra le due fasi [9 e 10]; inoltre fanno ricorso ad un maggior numero di compartimenti per tenere conto di tessuti con velocità intermedie tra quelli considerati in precedenza. Infine sono modelli probabilistici: ossia sviluppati tenendo conto di qual è la massima probabilità ammissibile, date le condizioni operative, di rischio di PDD (Patologia da decompressione).

L'empiricità dei valori di sovrasaturazione critica rende il modello haldaniano impreciso, soprattutto sulle immersioni ripetitive e protratte per lunghi periodi. Una più moderna analisi del meccanismo di formazione ed accrescimento delle bolle studia come convivono le due fasi del gas inerte: gassosa e disciolta. Il modello RGBM (*Reduced Gradient Bubble Model*) parte dalla meccanica di formazione delle bolle per accrescimento gassoso su micronuclei preesistenti [6]. Essi sono sia perfusivi che diffusivi (con una matematica piuttosto avanzata). Questo nuovo meccanismo di saturazione/desaturazione porta ad una formulazione delle soste di

---

<sup>2</sup> Pressione interna diviso pressione esterna.

<sup>3</sup> Questi valori sono riferiti alle tabelle della Marina Francese denominate MN90 [8].



decompressione più profonde di quello che era la prassi precedente. Nella pratica subacquea sportiva queste soste sono conosciute con il termine *deep stop*.

Tutti i modelli costruiti nel corso degli ultimi anni, inoltre, tengono conto anche dell'attività fisica esercitata dal personale in atmosfera iperbarica. Infatti abbiamo visto che quanto fatto nella fase di compressione influenza abbastanza profondamente quanto avviene nelle fasi di risalita e di post-immersione. Per comprendere questo aspetto dobbiamo entrare più nel dettaglio della saturazione. Rispetto all'organismo umano l'interfaccia tra la pressione esterna e quella interna del gas inerte è costituita dall'apparato respiratorio. La superficie degli alveoli polmonari è l'area in cui avvengono gli scambi da fuori a dentro e viceversa. Se nel corso della compressione noi effettuiamo una attività fisica elevata, dobbiamo aumentare corrispondentemente anche l'attività respiratoria per compensare le richieste metaboliche dell'organismo. Questo aumento della ventilazione rende più rapido l'assorbimento del gas inerte accelerando il ritmo di ricambio dell'aria inspirata. A parità di pressione e di permanenza si può avere un maggior assorbimento di gas inerte che varia tra il 10 ed il 30 % in più in ragione dell'attività fisica esercitata. Questo gas deve essere desaturato in seguito e può richiedere soste più profonde e più prolungate. Mentre questo, con le vecchie procedure, si faceva passando alla tabella relativa al tempo successivo di permanenza in profondità, con le tabelle più recenti si comincia a tenerne conto già in fase di compressione attraverso cardiofrequenzimetri che forniscono una stima dell'attività metabolica, sia pure approssimativa.

Le diverse tecniche di calcolo esposte fin qui servono a produrre delle tabelle di decompressione, ossia delle coppie di valori profondità-tempo che ammettono una procedura di decompressione. Quest'ultima è una procedura codificata che si compone di una prescritta velocità di risalita<sup>4</sup> e di interruzioni della risalita (soste) a determinate profondità per una certa durata. Queste prescrizioni devono essere accompagnate dalle relative definizioni di tempo di fondo (*bottom time*) e di durata dell'immersione. L'insieme costituisce una procedura finalizzata a garantire, con una determinata probabilità, di evitare una patologia da decompressione, ossia un evento che ha un ritardo di insorgenza che va da alcuni minuti ad alcune ore. Quindi un evento che attiene alla sicurezza di immersione. Oltre a tali effetti a breve termine ci sono effetti a lungo termine, quale l'osteonecrosi iperbarica, che hanno tempi ben più lunghi, si parla infatti di alcuni anni. Infine ci sono effetti immediati che sono di origine traumatica, quale la sovradistensione polmonare o traumi dell'orecchio.

I costi di elaborazione di tabelle di decompressione, uniti al grande numero di ore-immersione-uomo necessari per sottoporle a prova sperimentale, fanno sì che non siano un prodotto alla portata degli individui, ma piuttosto degli stati nazionali. Questo spiega perché molte nazioni, quale la nostra, adottano abitualmente tabelle prodotte negli Stati Uniti o in Francia, contribuendo eventualmente alla loro sperimentazione. Peraltro una procedura non sufficientemente sperimentata costituisce un forte aumento del rischio per l'operatore chiamato ad impiegarla.

---

<sup>4</sup> Ovvero di desaturazione, visto che la pressione varia linearmente con la profondità di acqua.

La periodica e successiva variazione delle procedure di decompressione vista nei paragrafi precedenti mostra che il progresso delle conoscenze in materia di decompressione non è lineare ed ha subito alcuni rapidi avanzamenti separati da periodi di relativa minor crescita. Questo indica, per tutti i fini pratici, una difficoltà a effettuare una previsione sull'evoluzione temporale dello stato dell'arte delle procedure decompressive. Conseguentemente non è possibile stabilire delle procedure che devono tassativamente essere adottate con uno strumento relativamente poco flessibile come una legge. Tale definizione deve essere lasciata ad allegati tecnici o, meglio ancora, a linee guida che possono seguire più da presso il progresso delle conoscenze e quindi l'avvicinarsi delle teorie e dei modelli decompressivi.

### 3. MATERIALI E METODI

Il presente lavoro vuole fare una valutazione comparativa dell'efficacia ed efficienza della prevenzione nelle diverse attività lavorative esercitate in atmosfere iperbariche (aria o altre miscele di gas). Questo per evidenziare, se presente, una difformità nel livello di tutela in materia di prevenzione fra le varie professioni afferenti al settore. Nel caso fosse confermata tale difformità si addiverrebbe alla necessità logica di una norma giuridica che le unifichi sotto il profilo della prevenzione, al fine di non avere disparità di tutela a parità di agente fisico.

La valutazione comparativa prenderà in esame diversi aspetti della tutela della sicurezza dei lavoratori dalle atmosfere iperbariche. In primo luogo si prenderà in considerazione la presenza di una norma giuridica nazionale<sup>5</sup> di settore. La data della sua emanazione sarà un altro elemento discriminante. Infatti la teoria della decompressione è evoluta molto negli ultimi decenni; quindi una norma emanata negli anni cinquanta non ha la stessa efficienza decompressiva di una che data solo dieci anni. Se la norma è stata emanata prima del '60 avrà punteggio 1, se tra il '60 e l'90 avrà punteggio 2, se dopo il '90 avrà punteggio 3. In assenza di normativa il punteggio sarà nullo. Oltre a ciò si è voluto valutare la presenza di contenuti tecnici oltre a quelli che inquadrano il profilo lavorativo. Se tali contenuti sono assenti la norma avrà un'efficacia ridotta, pertanto il punteggio sarà 1, mentre se presenti avranno comunque un punteggio pari a 2. In caso i contributi tecnici siano assenti nel corpo della norma, ma essa rinvii a una norma tecnica nazionale o internazionale, il punteggio sarà pari a 3.

Infine le norme tecniche e le procedure di decompressione adottate nelle diverse attività lavorative in atmosfera iperbarica vengono valutate per confronto con una particolare procedura. Per un'attività lavorativa svolta a 1,8 atm e della durata di 120 minuti, la procedura utilizzata per il confronto (ed anche la più cautelativa) è stata la Tabella n° 6 USN [5], impiegata di norma per le ricompressioni terapeutiche. Il confronto viene effettuato rapportando in percentuale le aree individuate dai profili delle diverse procedure decompressive nel piano tempo/pressione (espressi

---

<sup>5</sup> In alcuni casi esistono norme regionali per alcune tipologie di lavoratori iperbarici, ma non le prenderemo in considerazione in quanto non agenti effettivamente *erga omnes*.

rispettivamente in minuti ed atmosfere). L'area individuata dalla procedura meno cautelativa sarà la minore ed avrà, quindi, punteggio nullo. L'area individuata dalla seconda procedura meno cautelativa avrà punteggio 1 e così via le altre.

Tutti questi fattori sommati insieme daranno la possibilità di confrontare il livello di tutela delle varie professioni che operano in atmosfera iperbarica.

#### 4. LE ATTIVITÀ LAVORATIVE IN ATMOSFERE IPERBARICHE

Il presente capitolo è dedicato all'esame delle varie attività lavorative in atmosfera iperbarica. Di ciascuna attività si prenderà in considerazione la dotazione normativa sia giuridica che tecnica. Le attività commerciali in atmosfera iperbarica sono essenzialmente le seguenti: cassoni ad aria compressa, piattaforme petrolifere (alto e basso fondale), lavori portuali (subacqueo di porto), attività ricreative (guida subacquea ed istruttore subacqueo), camere iperbariche, ricerca subacquea, operazioni dei corpi dello Stato (vigili del fuoco, polizia, carabinieri, marina militare).

Il numero di lavoratori impiegati in ciascuna attività può solo essere stimato, in quanto molte delle suddette attività sfuggono ad un inquadramento legislativo che ne renda efficace un'anagrafe. Per fare un esempio si prendano in considerazione le guide subacquee: in poche regioni esiste una legge regionale che ne definisce la figura professionale e che renda possibile dire chi è una guida subacquea e chi non lo è, permettendo di contarle. Poiché manca una legge nazionale, diventa facile eludere un conteggio effettivo. Il che consente improvvisazione (pericolosa dal punto di vista della sicurezza sia dei lavoratori che degli utenti finali), lavoro nero ed evasione fiscale. Pertanto la stima del numero dei lavoratori impegnati nelle attività elencate in Italia può solo essere approssimativa (**Tabella 1**). I palombari (*hard hat*) sono stati trascurati perché la loro numerosità è fortemente diminuita negli ultimi dieci anni e non hanno quasi più un ruolo nella subacquea commerciale.

**Tabella 1:** stima del numero dei lavoratori impegnati nelle diverse attività commerciali in atmosfera iperbarica.

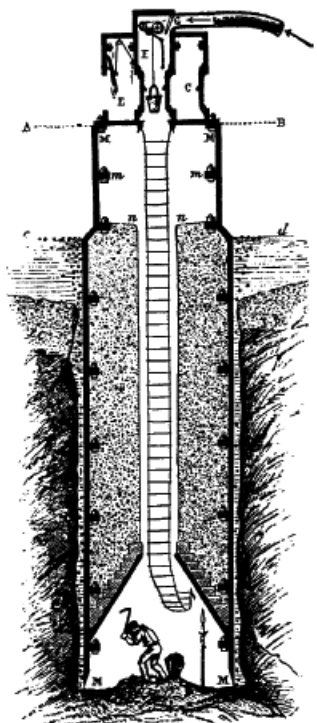
n°	Attività	Numero addetti
1	Cassonisti	5.000
2	Sommozzatore in servizio locale	300
3	Subacquei di alto fondale	100
4	Subacquei di basso fondale	400
5	Subacquei ricreativi	10.000
6	Tecnici e medici iperbarici	500
7	Subacquei dei Corpi dello Stato	600
8	Ricercatori subacquei	500
9	Pescatori subacquei professionali <sup>6</sup>	10
10	Palombari	0
		Totale 17.410

<sup>6</sup> I cosiddetti "corallari".

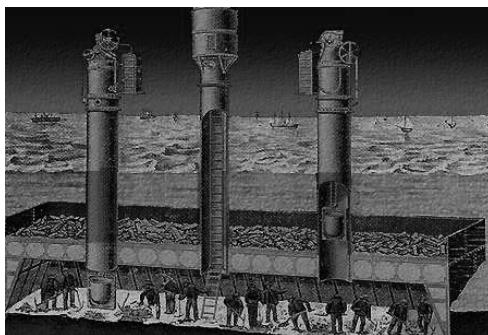
Non tutte le attività sopra citate sono esclusive di altre attività lavorative. Molto spesso il subacqueo del porto è anche ormeggiatore o lavora in un cantiere nautico oppure lavora in un *diving center*. I ricercatori subacquei sono spesso dottorandi o laureandi. Per il resto dei ricercatori l'attività subacquea è quasi sempre marginale rispetto all'attività accademica. I subacquei commerciali di basso fondale hanno spesso una seconda attività in un *diving center*. Questo aspetto rende ulteriormente difficile fare un valutazione individuale dei rischi.

#### 4.1. CASSONISTI

I cassonisti, come già detto altrove, sono coloro che eseguono lavori di manutenzione della macchina che effettua lo scavo meccanico, oppure svolgono direttamente operazioni di scavo, in un cassone ad aria compressa. Il cassone è un contenitore stagno che appoggia sul fondo del mare (**Figure 2 e 3**) oppure la testa della talpa che fa tenuta con la galleria che sta scavando. Poiché tenderebbe spontaneamente ad allagarsi si tiene fuori l'acqua pompando all'interno aria compressa alla pressione corrispondente alla quota di lavoro sotto il livello dell'acqua. Il loro impiego è nell'ambito dell'ingegneria civile: gallerie (stradali, metropolitana o ferrovia), miniere, lavori portuali, costruzione ponti. Questa attività costituisce la più antica di tutte quelle che si svolgono in aria compressa (**Figure 1**).



**Figura 2:** rappresentazione schematica d'epoca (Triger) di lavoro in cassone.



**Figura 3:** rappresentazione schematica attuale del lavoro in cassone.

Con tutto ciò la sua attualità rimane importante (**Figura 3**) dato la rinnovata attività di scavo meccanizzato per la costruzione di gallerie sotto fiumi e mari.

Il cassonista è un operaio salariato che opera alle dipendenze, generalmente, di grosse società. La sua specializzazione nasce esclusivamente dall'idoneità a adoperare in aria compressa.

La figura del lavoratore in cassone ad aria compressa in Italia è ben definita e tutelata dal DPR 321/56, che ne specifica sia gli aspetti giuridici che quelli tecnici. Infatti nel 321 sono presenti tanto articoli che stabiliscono quale sia la figura del cassonista, come articoli che definiscono gli elementi di tutela lavorativa e sanitaria.

Fra questi sono chiaramente indicate le procedure di decompressione. Purtroppo queste prescrizioni tecniche sono ferme al 1956 ed hanno subito un'obsolescenza piuttosto marcata [11 e 12]. In ogni caso la norma esiste e tutela la figura professionale fornendo, inoltre, tutela parziale anche ad altre figure professionali che operano in atmosfera iperbarica senza avere una norma che ne prescriva con altrettanta puntualità le condizioni igienico-sanitarie in cui è lecito operare.

#### 4.2. SOMMOZZATORI IN SERVIZIO LOCALE

Il sommozzatore in servizio locale, altrimenti detto subacqueo di porto, è la figura di riferimento per i piccoli e medi lavori portuali e di raddobbo delle navi in porto. Il suo campo d'applicazione è piuttosto ampio ma, per contro, la sua tutela è piuttosto scarsa. Infatti si tratta, come evidente dalla lettura della legge, di una figura libero professionale che può essere dotata, tutt'al più, di una struttura di supporto a livello di microimpresa.

I loro compiti consistono in:

- nel lavorare sotto acqua per posare e riparare ponti, moli e fondamenta di arginamento portuali;
- nell'ispezionare degli scafi delle navi e delle installazioni subacquee per rilevare eventuali danni ed effettuare delle riparazioni minori;
- nell'annunciare la condizione delle navi naufragate;
- nel liberarsi dagli ostacoli sotto acqua;
- nel praticare i fori per l'esplosivo sotto l'acqua;
- nel realizzare immersioni legate ad operazioni di salvataggio, di recupero o alla ricerca di annegati;
- nel coordinare altri lavoratori.

La norma che ne definisce la figura professionale è il D.M. 13 gennaio 1979, istitutiva della categoria professionale, che non riporta alcunché di tecnico, fatto salvo l'aspetto formativo. Infatti il decreto definisce le caratteristiche che deve avere il sommozzatore dal punto di vista della formazione. Nel D.M. 2 febbraio 1982 di modifica tale aspetto viene ulteriormente perfezionato. In queste norme mancano sia gli aspetti tecnici sia di tutela igienico-sanitaria.

### 4.3. SUBACQUEI DI BASSO ED ALTO FONDALE

Questa figura professionale, che si ammanta di un fascino non indifferente nell'immaginario collettivo, è tuttavia priva di una legge che ne definisca compiti, formazione e tutela igienico-sanitaria. Il percorso formativo si è costituito nel tempo in maniera del tutto autonoma sotto la guida della legge quadro della formazione professionale n° 845 del 21 dicembre 1978 e rappresenta un punto di eccellenza della categoria. Questo fa del subacqueo formato in Italia un professionista piuttosto ricercato.

Peraltro esistono norme tecniche, che si sono evolute essenzialmente nel modo anglosassone, in cui si distinguono le due categorie che operano in mare aperto (*offshore*) da quella in servizio locale (*inshore*), ma nel nostro sistema giuridico tale differenza non è riconosciuta. Questo genera sovrapposizione e danno ad entrambi le categorie.

Il subacqueo di basso fondale opera a profondità che vanno da pochi metri fino a 50. I suoi compiti sono di supporto alle attività estrattive per la parte sommersa dell'impianto: montaggi parti della trivella, saldature, verifica saldature, etc. Il subacqueo di alto fondale (**Figura 4**) esegue le stesse operazioni, ma a profondità che vanno da 50 a 300 metri. Entrambe le figure sono dipendenti di grosse società, ma con una spiccata professionalizzazione; non sono operai.



**Figura 4:** Subacqueo di alto fondale che opera con campana d'immersione.



**Figura 5:** subacqueo dei Vigile del Fuoco durante un intervento tecnico.

Nell'assenza di norme giuridiche si è, in tempi recentissimi, inserita un'ottima norma tecnica [13] che specifica compiti, formazione e requisiti di sicurezza lavorativa ed igienico-sanitaria del subacqueo *offshore*. Non vengono citate esplicitamente procedure di decompressione, lasciando alla professionalità delle figure coinvolte (specialista medico subacqueo, supervisore subacqueo, sommozzatore) la libertà di stabilire, prima dell'immersione, quali procedure adottare.

Questo sistema funziona bene se la professionalità messa in campo è elevata per tutte le figure e se c'è un'adeguata indipendenza dal datore di lavoro, altrimenti accadono incidenti. Purtroppo in Italia queste condizioni non sono rispettate, soprattutto a causa di carenza giuridica. Inoltre in mare aperto non valgono tutte le norme di tutela del lavoro che hanno applicazione sul territorio nazionale.

La norma tecnica [13] si applica anche ai sommozzatori in servizio locale i quali non hanno, però, la struttura organizzativa di una grande azienda. In questo caso il rischio è di origine organizzativa: carenze rispetto alla norma tecnica non rilevanti dal punto di vista operativo. La causa di tale rischio è da addebitarsi alla sporadica definizione delle figure professionali che sono istituite per legge. Il sommozzatore in servizio locale è istituito ma non ha norme tecniche specifiche, mentre il sommozzatore *offshore* non è definito ma ha norme tecniche specifiche. Inoltre l'adesione alle norme tecniche è volontaria.

La norma [13] non si applica, esplicitamente, né ai cassonisti né ai subacquei dei Corpi dello Stato né al personale che lavora nelle camere iperbariche ospedaliere.

#### 4.4. SUBACQUEI ADDETTI AD ATTIVITÀ RICREATIVE

L'attività subacquea ricreativa in questi ultimi venti anni è cresciuta a dismisura, diventando un vero fenomeno di massa. Contestualmente sono cresciute anche le strutture di supporto alla pratica di questa bellissima attività: centri immersione e scuole di immersione. I lavoratori che operano in questo settore si dividono in professionisti e dilettanti. I primi sono coloro che hanno un'altra attività subacquea professionale che si accompagna a quella di istruttore o di guida. I dilettanti, che a volte lo sono solo per definizione, ma possono essere molto più competenti<sup>7</sup> dei professionisti, sono coloro che hanno un mestiere principale che si sviluppa fuori dall'acqua. Il compito dell'istruttore è di formare l'allievo a tutte le procedure che ne renderanno sicura la permanenza sott'acqua. Di solito i corsi si articolano in diversi livelli e, di conseguenza, anche le figure di istruttore hanno una articolazione corrispondente. La guida subacquea ha il compito di portare sott'acqua un subacqueo autonomo o meno e di curarne la sicurezza ma soprattutto il divertimento, conducendolo dive l'immersione è più interessante e agevole.

A fronte dello sviluppo dell'attività si deve osservare che non si è avuta una corrispondente attenzione legislativa al fenomeno. Infatti a tutt'oggi risulta assente una legge di settore che ne definisca le figure professionali a livello nazionale. Esistono alcune leggi regionali (di quelle regioni che hanno sul mare un interesse

---

<sup>7</sup> La competenza didattica non è automaticamente legata al saper fare.

rilevante: Liguria, Toscana, Sardegna e Sicilia) che definiscono le figure della guida subacquea e dell'istruttore, ossia dei principali attori di un centro immersioni (sono colui - o colei - che "producono" il servizio). Nel caso della Toscana manca la definizione della figura dell'istruttore. Queste sono state emanate tra il 1997 ed il 2004 [14, 15, 16, 17]. Nessuno fa alcun cenno alle procedure di decompressione, come è peraltro ovvio visto il contesto. Esistono anche numerose norme tecniche sia nazionali che internazionale che ne specificano i requisiti formativi e di sicurezza, senza peraltro fare cenno a specifiche procedure di decompressione. Infatti sia le guide che gli istruttori seguono quasi sempre procedure computerizzate (**Figure 5 e 6**). Il fatto che tali norme tecniche siano tutte piuttosto recenti ci racconta un quadro della situazione, anche internazionale, che si sta evolvendo sotto i nostri occhi [da 18 a 29].



**Figura 6:** subacquei in immersione ricreativa.



**Figura 7:** computer subacqueo.

#### 4.5. TECNICI E MEDICI IPERBARICI

Le professioni che afferiscono alla sfera sanitaria hanno una definizione legislativa che si dipana nel tempo, ma non è specifica. Tanto per essere chiari la specializzazione medica che afferisce all'ossigeno terapia iperbarica è stata più volte cambiata. Attualmente è quella dell'anestesista rianimatore. Per contro il tecnico è rimasto da sempre nel vago, così come è successo per il subacqueo *offshore*. I percorsi formativi che li portano ad esercitare la loro professione sono vari e non ben definiti. Ma la professione esiste ed ha un'utilità conclamata, pur mancando di tutela legale.



**Figura 8:** camera iperbarica in un disegno d'epoca.



**Figura 9:** camera iperbarica nella pratica corrente.



I tecnici non entrano mai in camera iperbarica (**Figura 8**) mentre i medici vi si comprimono quando devono seguire pazienti acuti con parametri vitali fortemente critici.

Questo tipo di immersioni non ha una norma legale che ne specifichi le procedure di decompressione, ma la buona pratica medica, in Italia, prevede che siano tutte decompressioni in curva di sicurezza ai sensi delle tabelle della US Navy [5].

#### 4.6. SUBACQUEI DEI CORPI DELLO STATO

I subacquei dei Corpi dello Stato svolgono servizi di natura varia ma, in generale, deputati a risolvere situazioni che si sono create per effetto di cause naturali o umane. Oltre a ciò ci sono i subacquei della Marina Militare che possono effettuare missioni di combattimento (abbastanza raro in tempo di pace). Per quest'ultima categoria la decompressione è un problema secondario, tanto che le tabelle US Navy prevedono una risalita a velocità doppia delle immersioni ordinarie.

Quelle di servizio dei Corpi dello Stato invece hanno un limite (VV.FF.) a 50 metri (**Figura 5**).

Non tutti hanno leggi istitutive.

Le varie origini hanno date abbastanza sparse tra loro, ma vanno tutte dal 1952 (VV.FF.) in poi (tranne la Marina Militare che risale alla fine degli anni '30).

Non hanno contenuti tecnici. Molto spesso sono proprio questi corpi tecnici ad emanare le tabelle di decompressione, come è il caso della Marina Militare che ha contribuito alla fase sperimentale delle tabelle US Navy. In generale si fa riferimento alle tabelle US Navy.

In tempi più recenti si cominciano ad usare i computer subacquei (**Figura 7**).

#### 4.7. RICERCATORI SUBACQUEI

La ricerca è arrivata sott'acqua abbastanza di recente però, in Italia, non ha avuto un riconoscimento legale come invece negli altri paesi comunitari. Il ricercatore subacqueo esegue rilievi di carattere scientifico che non possono essere compiuti senza la necessaria professionalità scientifica specifica da parte di un operatore subacqueo professionale.

A titolo di esempio si prenda in considerazione la conta di varietà marine: senza la capacità di distinguere le diverse specie è impossibile fare il conteggio in maniera efficace. Così come è difficile ricavare un campione di sedimento con la sonda se non si sa riconoscere il tipo di fondo che si vuole campionare.

Il personale impiegato ha estrazione varia: studenti, dottorandi, ricercatori e professori. Non c'è spazio per operai, ma si tratta di persone con un elevato livello d'istruzione.

Alcune norme di buona pratica (non dell'ISO ma di categoria) esistono in paesi anglosassoni (essenzialmente Stati Uniti), ma da noi non sono state recepite. Le procedure più utilizzate per questa categoria sono quelle della subacquea ricreativa, con le limitazioni del basso fondale previste dai Vigili del Fuoco. Molto spesso vengono impiegati computer subacquei.

#### 4.8. PESCATORI SUBACQUEI PROFESSIONALI

Questa categoria è stata istituita con il D.M. 20 ottobre 1986 [29]. Tale decreto non riporta norme tecniche e non ne esistono di tipo UNI. Le procedure decompressive sono molto variabili, in quanto operano a profondità estremamente basse (intorno a -120 metri). Sono i cosiddetti corallari. La loro attività si esplica essenzialmente nella raccolta ad alta profondità di corallo ed altre specie. Il livello di rischio per loro è elevato ma sono tutti liberi professionisti. Fanno decompressione in camera iperbarica monoposto sul ponte della barca di appoggio.

#### 4.9. PALOMBARI

Sono una specie estinta; ne esisteranno due in tutto il mondo. Pertanto non li abbiamo considerati nel lavoro.

### 5. DONNE E IPERBARISMO

Le donne hanno cominciato ad accostarsi ai lavori in atmosfere iperbariche negli anni '70 circa, soprattutto negli Stati Uniti [30]. Il loro accesso alle professioni in mare ha ricevuto un'accoglienza dominata dal pregiudizio. In alcuni casi tale pregiudizio si è, col tempo, trasformato in collaborazione ed accettazione, in altri è diventato mito (si pensi a film tipo "Soldato Jane").

Il fatto che si impone all'attenzione è che ovunque le donne si sono cimentate in attività iperbariche esse hanno saputo raggiungere ed occupare posizioni di prestigio, pur dovendo affrontare difficoltà decisamente superiori all'altro genere [30]. Ad esempio l'attrezzatura subacquea, pensata per un uomo standard americano (90 kg per 1,80 m), che è stata adattata alla corporatura femminile solo negli anni '90.

La domanda che ci vogliamo porre in questo contesto è se ci sia una differenza tra generi dal punto di vista degli effetti della decompressione. La fisiologia dell'uomo differisce da quella della donna in molti aspetti, alcuni piuttosto evidenti. Poiché la fisiologia è il risultato di un adattamento e specifiche richieste ambientali che si sono determinate nel corso dell'evoluzione, ci si potrebbe aspettare una convergenza adattativa tra generi, pur con soluzioni specifiche differenti. Da questo punto di vista la ricerca scientifica non ha dato risultati né per il sì [31] né per il no [32]. Quindi la domanda deve, per ora, rimanere in attesa di una risposta più consistente dal punto di vista statistico. Infatti entrambi i lavori citati hanno come casistica dei settori poco generali di popolazione subacquea. Ma dato che la subacquea ricreativa è in forte espansione e, visto che le donne vi prendono parte con assiduità, ci si augura che parte del lavoro dedicato allo studio<sup>8</sup> delle procedure di decompressione prenda anche in considerazione la differenza di genere.

---

<sup>8</sup> Ad esempio da parte del *Divers Alert Network* (DAN).

## 6. RISULTATI

Per ciascuna professione è stato calcolato un punteggio che risulterà tanto più alto quanto maggiore è il livello di prevenzione e protezione dal rischio atmosfere iperbariche. Il computo è stato effettuato secondo le modalità già descritte in materiali e metodi il cui risultato è riportato schematicamente nella **Tabella 2**.

**Tabella 2.** valutazione comparativa degli aspetti della tutela della sicurezza dei lavoratori dalle atmosfere iperbariche.

Professione	Norma giuridica professionale nazionale	Richiamo a contenuti tecnici	Procedura decompressiva utilizzata	Confronto aree profili decompressivi	Punteggio (si veda capitolo 3)
Cassonisti	D.P.R. 321/56	si, nel D.P.R.	D.P.R. 321/56 (art.28)	vedi fig. 7 e 8	1+2+1=4
Sommizzatore in servizio locale	D.M. 13/01/79 D.M. 2/02/82	no	USN Std Air	vedi fig. 7 e 8	2+0+2=4
Subacquei di basso/alto fondale	Assente	si (UNI 11366)	ad hoc	vedi fig. 7 e 8	0+3+0=3
Istruttore/guida subacquea	Assente	si (UNI)	Dive computers	vedi fig. 7 e 8	0+3+0=3
Subacquei dei Corpi di Stato	Assente	no	USN Std Air <sup>9</sup>	vedi fig. 7 e 8	0+0+2=2
Ricercatore subacqueo	Assente	no	Dive computers/ USN Std Air	vedi fig. 7 e 8	0+0+2=2
Medico iperbarico	Assente	no	USN Table 6	vedi fig. 7 e 8	0+0+4=4
Pescatore subacqueo	D.M. 20/10/86	no	USN Std Air <sup>10</sup>	vedi fig. 7 e 8	2+0+2=4

Sulle otto professioni considerate operanti in ambienti iperbarici soltanto tre risultano essere governate da norme giuridiche professionali: i cassonisti (D.P.R. 321/56), i sommozzatori in servizio locale (D.M. 13/01/1979, D.M. 2/02/1982) ed i pescatori subacquei (D.M. 20/01/1986). Le altre (subacquei di basso e alto fondale, medici iperbarici, gli istruttori e le guide subacquee, i subacquei dei Corpi di Stato ed i ricercatori subacquei) al giorno d'oggi non godono di una normativa nazionale che le inquadra.

Ancor più sconcertante è la quasi totale assenza di norme a contenuti tecnici nel panorama lavorativo iperbarico: con l'eccezione dei cassonisti, dei subacquei di

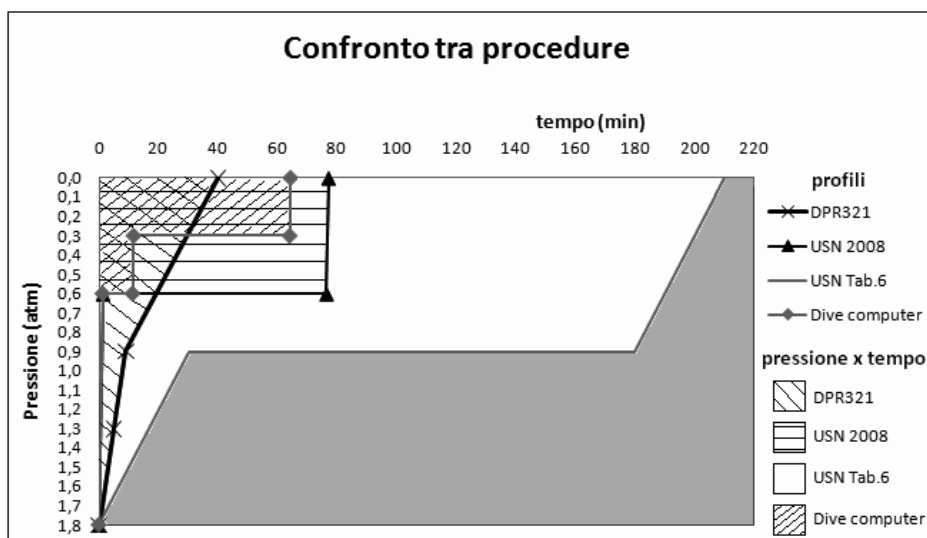
<sup>9</sup> Per i subacquei dei Corpi di Stato è prevista una velocità di risalita doppia (18 m/min) rispetto a quella standard, perciò il punteggio può considerarsi addirittura doppio rispetto al reale

<sup>10</sup> In realtà i pescatori subacquei lavorano sempre a pressioni ben più elevate di 1,8 atm e per tempi superiori alle 2 ore, pertanto il profilo decompressivo e la relativa area individuata non è quella riportata in figura 7 per la USN Standard Air Table

basso e alto fondale e dei subacquei ricreativi<sup>11</sup> che ne sono dotate, le altre professioni non sono governate da alcuna norma tecnica nazionale o internazionale di settore.

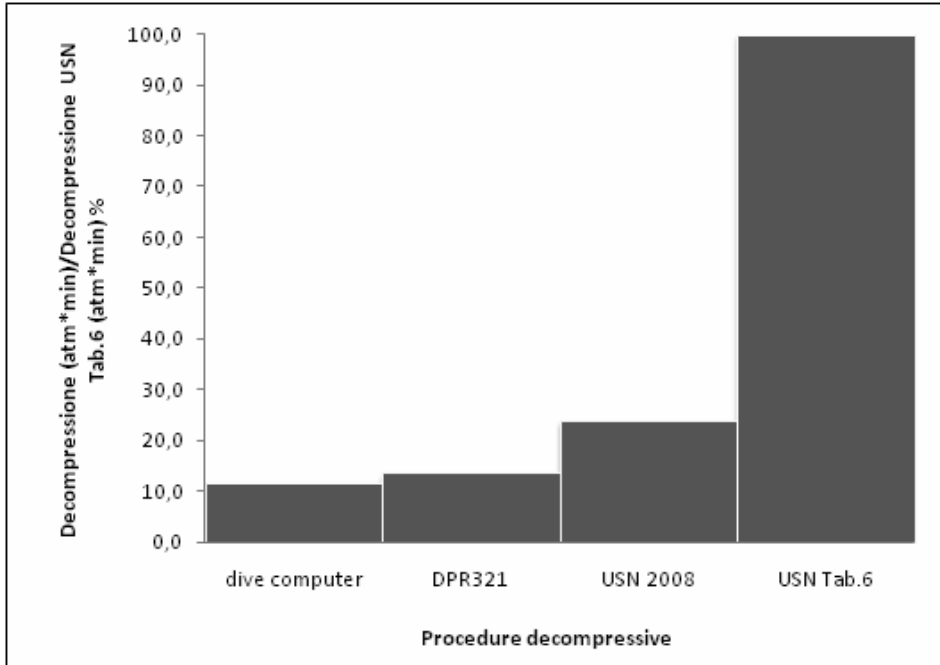
Nonostante la carenza normativa, però, è noto a tutti i lavoratori iperbarici come una scorretta procedura decompressiva possa essere rischiosa per la salute. Per questo ciascuna delle professioni indicate ha di norma una propria procedura di elezione. Oltre a rischi di patologia da decompressione (PDD) si dovrebbe prendere in considerazione anche un rischio igienistico piuttosto subdolo (lenta e fortemente dilazionata insorgenza) quale l'osteonecrosi iperbarica [33 e 34]. Di quest'ultimo, però, nessuno si è finora occupato in maniera risolutiva [33].

Il confronto tra le differenti procedure decompressivi è stato effettuato rapportando ognuna delle aree individuate dai vari profili con quella individuata dalla procedura più cautelativa, la Tabella 6 USN, per lavorazioni svolte a 1,8 atm. Le diverse aree sono visibili in **Figura 10**, mentre in **Figura 11** sono descritti i rapporti tra le stesse aree e l'area di riferimento.



**Figura 10:** Confronto delle diverse procedure decompressive e delle aree individuate dai diversi profili

<sup>11</sup> Queste norme sono, però, volte a garantire che il servizio fornito sia standardizzato qualitativamente per la salvaguardia, non tanto dei lavoratori coinvolti, quanto del pubblico che ne fruisce.



**Figura 11:** Rapporto percentuale tra le aree individuate dai diversi profili e l'area di riferimento (USN Tabella 6)

## 7. CONCLUSIONI

Quanto emerge da questa rassegna propone uno scenario alquanto deludente. Infatti è vero che la popolazione lavorativa complessiva è piuttosto contenuta, ma i rischi che corre sono decisamente maggiori di quelli di un lavoratore normobarico. Si evidenzia dalla **Tabella 2** che tutte le professioni si avvantaggerebbero in sicurezza se si adottasse una norma giuridica attuale che le riconosce e le integra con idonee norme tecniche. Infatti questa sezione del punteggio è la più scarsa. Peraltro il richiamo a contenuti tecnici, ovvero a procedure decompressive, inserite nella norma giuridica rischia di ingessare la parte tecnica e di inibirne un corretto sviluppo a seguito del progresso tecnologico e della conoscenza in materia. Anche in questo caso si vede come il relativo punteggio sia molto basso e, quindi, il vantaggio di avere siffatte norme tecniche sarebbe grande.

Lo sviluppo di procedure decompressive specifiche per le diverse attività sarebbe auspicabile ma dispendioso. Di fatto è un argomento di ricerca che può essere condotto solo da apparati statali idoneamente strutturati ed attrezzati. Questo è infatti un progetto che, in qualità di ricercatori ex ISPESL (in corso di transito nell'INAIL) vorremmo portare avanti. Come si vede dalla **Tabella 2** la mancanza di procedure decompressive specifiche per le diverse attività contribuirebbe enormemente ad accrescere la sicurezza sia contro la PDD che contro l'osteonecrosi. La strada che si è prefigurata segue le orme delle ultime tabelle USN: studiare una casistica

operativa reale in dettaglio e da questa ricavare statisticamente (metodo dei minimi quadrati) le procedure migliori per i cassonisti. Infatti le differenze tra profili studiate mediante le aree sottese rivelano che la mancanza di specificità contribuisce per un buon punteggio alla valutazione finale della sicurezza dei lavoratori iperbarici. Si ritiene, pertanto, che il primo passo verso il miglioramento della sicurezza sia di dare una sistemazione giuridica al settore e quindi di produrre norme tecniche quanto più specifiche possibile. Infine di elaborare procedure specifiche per le diverse professioni iperbariche.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- [1] Halley E., *The art of living underwater*, Phil. Trans. Roy Soc., 1917, 29: 492 – 499.
- [2] Triger A.G., *Lettre a M. Arago*, Comptes rendu de l'Academie des Sciences, 1845, 20:445 – 449.
- [3] Bert P., *Barometric Pressure. Research in experimental physiology*, 1878. (Translated in English by Hitchcock MA e FA, 1943).
- [4] Boycott A.E., Damant G.C.C., Haldane J.S., *The prevention of compressed air illness*, J. Hyg. (London), 1908, 8:342 – 443.
- [5] Gray J.G., *United States Navy Diving Manual, Revision 6*, Publ. Direction of Commander, Naval Sea Systems Command, 2008.
- [6] Wienke B.R., Reduced gradient bubble model, Int J Biomed Comput, 26: 237 – 256, 1990.
- [7] Workman R.D., *Calculation of air saturation decompression tables*, Navy Experimental Diving Unit, Research Report 11-57, Washington USA, 1957.
- [8] Molle Ph. (1995), *Plongée de loisir et professionnelle en sécurité*, Paris, Amphora, 1995.
- [9] Thalmann E.D., Parker E.C., Survanshi S.S., et al., *Improved probabilistic decompression model prediction using linear exponential kinetics*, Undersea Hyperb Med, 24 (4): 255 – 274, 1997.
- [10] Weathersby P.K., Survanshi S.S., Hays J.R. and MacCallum M.E., *Statistically based decompression tables III: comparative risk using U.S. Navy, British and Canadian standard air schedules*, Naval Medical Research Institute, Bethesda, Maryland, USA, 1986.
- [11] Marchetti E., Valente G., *Valutazione delle procedure decompressive del DPR 321/56*, atti del 19° Congresso Nazionale A.I.D.I., Napoli, 2001.
- [12] Marchetti E., Tirabasso A., *Esigenza di una normativa sul lavoro iperbarico*, atti del Convegno dBAincontri 2008, Modena, 2008.
- [13] UNI 11366, *Sicurezza e tutela della salute nelle attività subacquee ed iperbariche professionali al servizio dell'industria – Procedure operative*, Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano, 2010.
- [14] LEGGE REGIONALE DELLA REGIONE TOSCANA n° 54 DEL 30 luglio 1997, *Disciplina della professione di guida ambientale*.
- [15] LEGGE REGIONALE DELLA REGIONE SARDEGNA n° 26 febbraio 1999 n° 9, *Norme per la disciplina dell'attività degli operatori del turismo subacqueo*.
- [16] LEGGE REGIONALE DELLA REGIONE LIGURIA n° 4 luglio 2001 n. 19, *Norme per la disciplina dell'attività degli operatori del turismo subacqueo*.

- [17] LEGGE REGIONALE DELLA REGIONE SICILIANA n° 8 del 3 maggio 2004, *Disciplina delle attività di guida turistica, Guida ambientale-escursionistica, accompagnatore turistico e guida subacquea.*
- [18] UNI ISO 11107:2010. *Servizi per l'immersione ricreativa - Requisiti per i programmi di addestramento per le immersioni con aria arricchita nitrox (EAN), 2010.*
- [19] UNI ISO 11121:2010. *Servizi per l'immersione ricreativa - Requisiti per i programmi di addestramento introduttivi alle immersioni subacquee, 2010.*
- [20] UNI . UNI EN 15565:2008. *Servizi turistici - Requisiti per l'erogazione di programmi di formazione professionale e di qualifica delle guide turistiche, 2008.*
- [21] ISO - International Organization for Standardization. 24801. 1. 2007. *Recreational diving services - Safety related minimum requirements for the training of recreational scuba divers - Part 1: Level 1 - Supervised diver.*
- [22] ISO - International Organization for Standardization. 24801. 2. 2007. *Recreational diving services - Safety related minimum requirements for the training of recreational scuba divers - Part 2: Level 2 - Autonomous diver.*
- [23] ISO - International Organization for Standardization. 24801. 3. 2007. *Recreational diving services - Safety related minimum requirements for the training of recreational scuba divers - Part 3: Level 3 - Dive leader.*
- [24] ISO - International Organization for Standardization. 24802. 1. 2007. *Recreational diving services - Safety related minimum requirements for the training of scuba instructors - Part 1: Level 1.*
- [25] ISO - International Organization for Standardization. 24802. 2. 2007. *Recreational diving services - Safety related minimum requirements for the training of scuba instructors - Part 2: Level 2.*
- [26] ISO - International Organization for Standardization. 24803. 2007. *Recreational diving services - Requirements for recreational scuba diving service providers.*
- [27] ISO - International Organization for Standardization. 11121. 2009. *Recreational diving services - Requirements for introductory training programmes to scuba diving.*
- [28] ISO - International Organization for Standardization. 11107. 2009. *Recreational diving services - Requirements for training programmes on enriched air nitrox (EAN) diving.*
- [29] Decreto Ministeriale 20 ottobre 1986 (in G U, 2 dicembre, n° 280), *Disciplina della pesca subacquea professionale.*
- [30] Fife W. (ed.), *Proceedings of the 35° Undersea and Hyperbaric Medical Society Workshop: Women in diving*, 21-23 maggio 1986, Bethesda, Maryland, USA, 1987.
- [31] Bassett B.E., *Decompression sickness in female students exposed to altitude during physiological training*, Annual scientific meeting of the Aerospace Medical Association, 1973, 241 – 242.
- [32] Hagberg M., Ornhagen H., *Incidence and risk factors for symptoms of decompression sickness among male and female dive masters and instructors – a retrospective cohort study*, Undersea & Hyperbaric Medicine, 30: 93-103, 2003.
- [33] Kindwall E.P., *Compressed air tunneling and caisson work decompression procedures: development, problems and solutions*, Undersea and Hypebaric Medicine, 24 (4), 337 – 345, 1997.
- [34] Butler W.P., *Caisson disease during the construction of the Eads and Brooklyn bridges: a review*, Undersea and Hypebaric Medicine, 31 (4), 445 – 460, 2004.



# **Radiazioni ottiche**





## **RADIAZIONI OTTICHE NON COERENTI: GIUSTIFICARE, VALUTARE E MISURARE**

**Borra Massimo**

INAIL, Centro Ricerche Monteporzio Catone (Roma).

### **1. SOMMARIO**

Dal 26 aprile 2010, data prevista dall'Unione Europea come termine per il recepimento della "Direttiva 2006/25/CE"<sup>[1]</sup>, è in vigore il Capo V del Titolo VIII sugli Agenti Fisici del *Decreto Legislativo 9 aprile 2008 n.81*<sup>[2]</sup> relativo alla "Protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a radiazioni ottiche artificiali".

Le Radiazioni Ottiche Artificiali (ROA), campo di applicazione del Capo V, rientrano in quella regione dello spettro elettromagnetico non ionizzante di più alta energia; in questa banda spettrale si passa dagli effetti termici, propri delle radiofrequenze e delle microonde, caratterizzati da un assorbimento dell'energia da parte della materia di tipo "volumetrico", a quelli fotochimici e ionizzanti, con un'interazione poco penetrante e "superficiale". Questa caratteristica fa di occhi e pelle gli organi bersaglio da salvaguardare dall'esposizione professionale alla radiazione ottica sia essa di origine "artificiale" che "naturale"<sup>[3]</sup>; in quest'ultimo caso, escluso esplicitamente dal campo di applicazione del Capo V, la valutazione del rischio di esposizione a radiazione solare rientra comunque tra gli obblighi previsti dall'art. 28 del D.Lgs. 81/08.

Il Capo V è quindi lo strumento normativo a disposizione del datore di lavoro per redigere il documento di valutazione del rischio per le ROA; la sua applicazione, tuttavia, presenta non pochi problemi dovuti agli aspetti relativi alla comprensione delle grandezze fisiche e dei valori limite, riportati nell'Allegato XXXVII, nonché delle modalità operative per effettuare la valutazione e le misure. Vedremo quindi di capire, per il solo caso delle sorgenti artificiali di radiazione incoerente (la radiazione coerente è quella prodotta dalle sorgenti Laser), come il "...datore di lavoro valuta e, quando necessario, misura e/o calcola i livelli delle radiazioni ottiche..." ai sensi dell'art. 216 del D.Lgs. 81/08.

### **2. INTRODUZIONE**

Le Radiazioni Ottiche, comprese tra 100 nm ed 1 mm, si distinguono in radiazioni

**Tabella 1:** Suddivisione della banda delle Radiazioni Ottiche

<b>radiazioni ultraviolette o UV</b>	UVC tra 100 e 280 nm
	UVB tra 280 e 315 nm
	UVA tra 315 e 400 nm
<b>radiazioni visibili</b>	Tra 380 e 780 nm
<b>radiazioni infrarosse o IR</b>	IRA tra 780 e 1400 nm
	IRB tra 1400 e 3000 nm
	IRC tra 3000 e 1 mm

ultraviolette (UV), visibili e infrarosse (IR) a loro volta suddivise in sottointervalli spettrali (vedi Tabella 1) che rispondono a diverse caratteristiche di interazione con gli organi bersaglio e quindi a diversi valori per i limiti di esposizione.

Questi limiti, contenuti come abbiamo detto nella Tabella 1.1 del D.Lgs 81/08 per la radiazione incoerente, si riferiscono essenzialmente a due grandezze fisiche di cui è necessario avere chiara la definizione e il significato per poter comprendere, senza fare confusione, quali dei limiti stessi debbano essere considerati. La prima di queste grandezze è la **radianza (L)**, ovvero la potenza emessa per unità di superficie dalla sorgente in una determinata direzione, all'interno di una unità di angolo solido; si misura in **watt [W]** su **metro quadrato [m<sup>2</sup>]** su **steradiano [sr<sup>-1</sup>]**. In realtà una sorgente, tranne il caso di sorgente monocromatica (che nel caso particolare di emissione monocromatica e coerente sarebbe una sorgente laser), emette radiazione elettromagnetica di diverse lunghezze d'onda: in tal caso la radianza è funzione anche della lunghezza d'onda e la sorgente si caratterizza in termini di **radianza spettrale (L<sub>λ</sub>)**; integrando sullo spettro in λ (Eq. [1]) si ottiene la radianza appena definita.

$$L = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda}(\lambda) \cdot d\lambda \quad [1]$$

La radianza è quindi una proprietà intrinseca della sorgente, rappresenta l'energia da essa emessa nello spazio circostante (fatte salve tutte le precisazioni in termini di omogeneità spaziale e temporale) e come tale indipendente dal punto di vista dell'osservatore (lo strumento di misura, nel caso pratico di chi deve effettuare una valutazione) e dalla sua distanza da essa.

Una grandezza fotometrica direttamente correlata alla radianza è la **luminanza (L<sub>v</sub>)** (Eq. [2]),

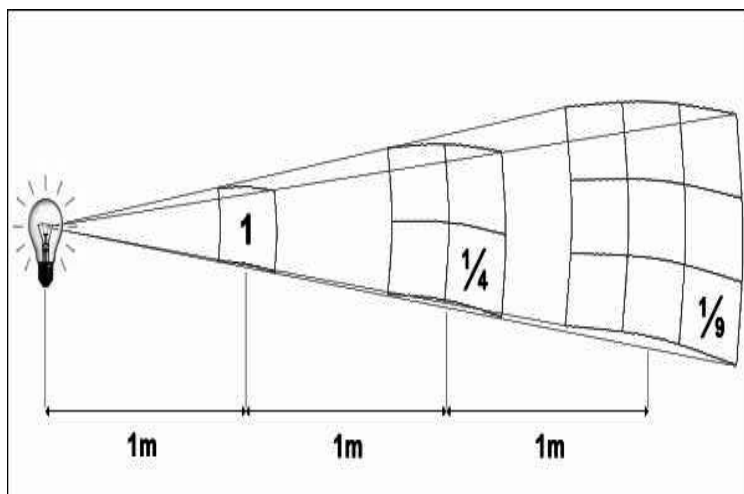
$$L_v = \int_{380}^{780} L_{\lambda}(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda \quad [2]$$

che si ottiene integrando la radianza spettrale pesata con lo spettro fotopico CIE V<sub>λ</sub> (che rappresenta la sensibilità dell'occhio umano alla radiazione elettromagnetica) nella banda del visibile (380 nm – 780 nm); la sua unità di misura è la **candela su metro quadrato [cd/m<sup>2</sup>]**.

La seconda grandezza che si incontra nella Tabella 1.1 dell'Allegato XXXVII è l'**irradianza** ( $E$ ), ovvero la potenza che attraversa l'unità di superficie e che si misura dunque in **watt [W]** su **metro quadrato [m<sup>2</sup>]**.

In questo caso la potenza incidente sulla superficie considerata (che nel caso pratico rappresenta la superficie del rivelatore) dipende ovviamente dalla distanza di questa (e dalla sua orientazione) rispetto alla sorgente che "illumina" la superficie del rivelatore stesso.

L'irradianza è una grandezza che scala con il quadrato della distanza; se, ad esempio, si effettuano due misure di irradianza (vedi **Figura 1**) a distanze una tripla dall'altra, la seconda sarà 1/9 della prima.



**Figura 1:** Dipendenza di  $E$  da  $1/r^2$

L'analogia grandezza fotometrica, molto conosciuta, ottenuta pesando con lo spettro CIE  $V_\lambda$  l'irradianza  $E$  si chiama **illuminamento** e si misura in [**lux**].

Anche per l'irradianza vale quanto detto in precedenza per la radianza; in generale il flusso di energia radiante che attraversa la superficie è funzione della lunghezza d'onda e si parla allora di **irradianza spettrale** ( $E_\lambda$ ) che, integrata in  $\lambda$ , fornisce l'irradianza.

$$E = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E_\lambda(\lambda) \cdot d\lambda \quad [3]$$

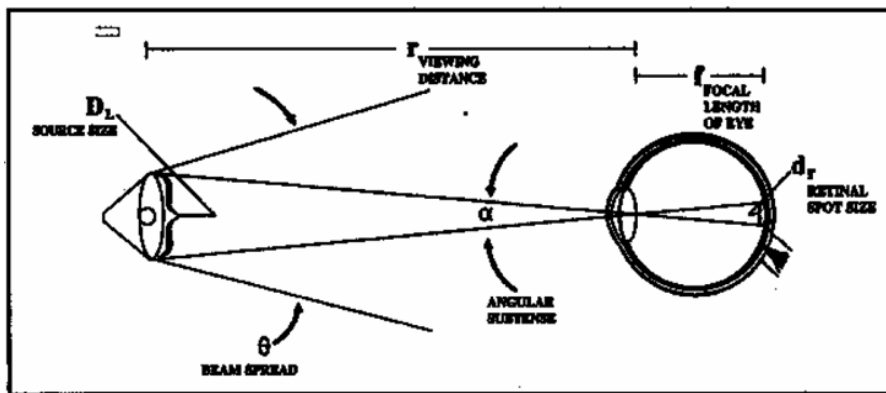
Sia la radianza che l'irradianza, per essere confrontate con i limiti del Capo V, dovranno essere pesate con degli spettri d'azione per il rischio fotochimico ( $S_\lambda$  per pelle, cornea e cristallino se la radiazione è nell'UV o  $B_\lambda$  per la retina se è nel visibile) o con uno spettro d'azione per il rischio termico ( $R_\lambda$  per la retina nel

visibile e nell'IRA); resta la ancora da determinare quando confrontarsi con i limiti in termini di irradianza (**E**) o di radianza (**L**).

Come abbiamo appena ricordato, l'irradianza (**E**) è la potenza per unità di superficie, ovvero l'energia per unità di tempo che raggiunge la superficie del sensore dello strumento; è quindi direttamente confrontabile con la potenza che viene depositata sulla superficie della pelle o dell'occhio (cornea e cristallino) quando la radiazione incidente non penetri che pochi millimetri di tessuto. E' il caso della radiazione ultravioletta (UV da 180 nm a 400 nm) che deposita tutta la sua energia a livello del derma e delle strutture esterne dell'occhio e non raggiunge la retina per l'opacità dei tessuti oculari a queste lunghezze d'onda<sup>[4]</sup>.

Diverso è il caso della radiazione visibile (380 nm – 780 nm) e infrarossa (IRA da 780 nm – 1400 nm) che viene focalizzata dal cristallino (una vera lente biologica) sulla retina permettendoci quindi la visione; in questo caso è la retina la superficie esposta alla radiazione ed è questa struttura che deve essere salvaguardata.

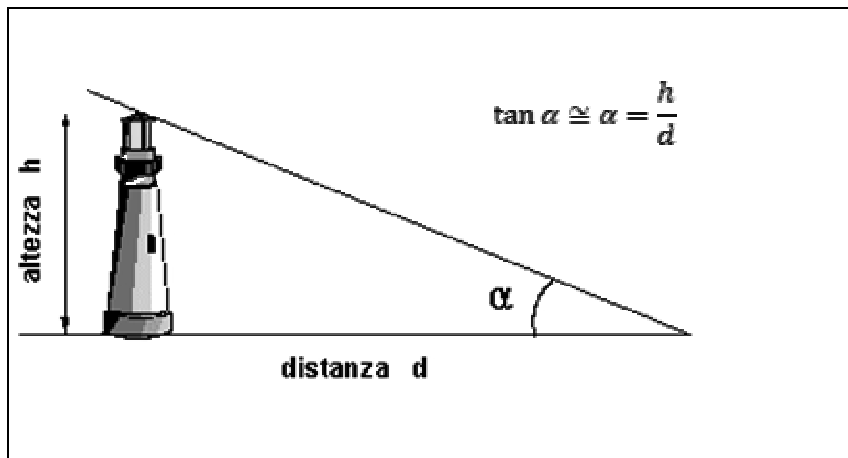
Ricordiamo che un sistema ottico che focalizzi una sorgente avente una determinata radianza produce sul piano focale un'immagine della sorgente stessa che, anche se più piccola, conserva la radianza della sorgente (vedi schema in **Figura 2**)<sup>[5]</sup>.



**Figura 2:** Schema del sistema ottico dell'occhio

Quindi, da qualsiasi distanza si osservi una sorgente luminosa estesa, si ottiene un'immagine sulla retina avente la stessa radianza della sorgente osservata; limite teorico di questa condizione è quella di sorgente puntiforme o all'infinito. In questo caso, infatti, la dimensione dell'immagine di un sistema ottico ideale si ridurrebbe ad un punto e la densità di potenza divergerebbe; nella realtà, la dimensione minima di un'immagine retinica è comunque finita (dell'ordine di 20-25  $\mu\text{m}$ ).

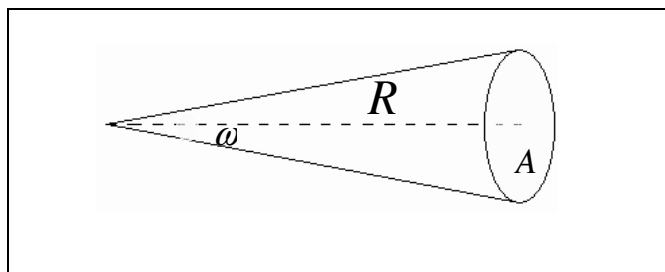
Quindi, per la radiazione che raggiunge la retina, dobbiamo distinguere due casi: quello di sorgente estesa (dove il limite sarà espresso in termini di radianza della sorgente) da quello di sorgente puntiforme (dove il limite sarà espresso in termini di irradianza); la dimensione angolare  $\alpha$  sottesa dalla sorgente (vedi **Figura 2**) sarà quindi l'elemento in base al quale discriminare tra i due casi.



**Figura 3:** Dimensione angolare di una sorgente

In pratica, se  $\alpha < 11 \text{ mrad}$  la sorgente è puntiforme, se  $\alpha \geq 11 \text{ mrad}$  allora la sorgente è estesa; questa condizione si ha quando la distanza della sorgente dall'osservatore è 100 volte la sua dimensione (vedi **Figura 3**).

In generale lo *spettro radiometro*, ovvero lo strumento che permette di acquisire lo spettro di emissione di una sorgente, misura l'**irradianza spettrale** ( $E_\lambda$ ) e non la radianza; per misurare la radianza lo strumento dovrebbe essere dotato di un'ottica calibrata con la quale effettuare la misura.



**Figura 4:** Angolo solido  $\omega$

E' però possibile<sup>[6]</sup>, con le dovute attenzioni, risalire alla radianza spettrale di una sorgente dalla misura dell'irradianza spettrale e da alcune semplici considerazioni geometriche quali *distanza* e *superficie* della sorgente stessa. Infatti, nell'ipotesi che l'irradianza misurata dallo strumento sia attribuibile alla sola sorgente in esame, la semplice relazione che lega irradianza  $E$  e radianza  $L$  è funzione dell'angolo solido  $\omega$  in steradiani (**sr**) sotteso dalla superficie apparente della sorgente (**A**) rispetto al

punto di misura posto a distanza  $R$  dalla stessa, ovvero  $\omega = \frac{A}{R^2}$  (vedi **Figura 4**) e

la radianza risulta quindi definita come:

$$L = \frac{E}{\omega} \quad [4]$$

Un'ulteriore considerazione, molto importante nel processo di valutazione del rischio espositivo, riguarda la naturale avversione che l'occhio manifesta nei confronti di una sorgente particolarmente intensa e che ci protegge, in circa 0.25 secondi, dalla visione diretta e involontaria del sole facendoci chiudere gli occhi e restringere l'iride al suo minimo diametro (circa 3 mm). Questo meccanismo interviene però solo quando la sorgente emette nel visibile; una sorgente molto intensa nell'infrarosso ma debole o assente nel visibile non viene percepita dal nostro occhio e potremmo osservarla a lungo in condizioni di midriasi della pupilla. In questo caso i limiti previsti per la radianza devono per forza essere diversi dagli altri e riferiti al solo intervallo IRA tra 780 e 1400 nm.

Riassumendo, la radiazione UV si misura e si valuta direttamente in termini di irradianza; il visibile e l'infrarosso vicino (380 – 1400 nm) si confrontano con i limiti in irradianza, se la sorgente è puntiforme (lontana), o in radianza, se la sorgente è estesa. Quando la sorgente emette solo nell'infrarosso IRA (780 – 1400 nm), cioè in assenza di contributo nel visibile, il confronto con i limiti è effettuato ancora in termini di radianza; se estendiamo all'IRB fino a 3000 nm la valutazione, il confronto sarà nuovamente in termini di irradianza poiché, anche l'IRB come l'UV, non raggiunge la retina e deposita superficialmente (pelle, cornea e cristallino) la propria energia.

### 3. GIUSTIFICARE, VALUTARE e MISURARE

Effettuare la valutazione dei rischi di esposizione ad un agente chimico, fisico o biologico non consiste, semplicemente, nel confrontare il valore di una determinata grandezza riportata in una tabella con un output strumentale; si perderebbe, infatti, il significato principale del concetto di prevenzione che non significa azzeramento del rischio (cosa tra l'altro impossibile) ma conoscenza approfondita dello stesso.

Il primo passaggio della valutazione, deve quindi prevedere l'acquisizione di tutte le informazioni disponibili sulla sorgente e sulle sue caratteristiche fisiche, informazioni che, almeno da quando la recente normativa UNI EN 12198-1<sup>[7]</sup> permette al costruttore di certificare il proprio prodotto in termini di radiazioni emesse dal dispositivo, sono e saranno sempre più facilmente disponibili.

Il concetto di *giustificazione*<sup>[8]</sup>, contenuto nel testo legislativo come una delle possibilità che il datore di lavoro ha per effettuare la valutazione dei rischi, significa che ciò che sappiamo circa le caratteristiche della sorgente e delle sue usuali condizioni di utilizzo non necessita di alcun approfondimento particolare o della necessità di effettuare una misura.

Non ha alcun senso, infatti, misurare sorgenti con emissioni notoriamente insignificanti (come nel caso di lampade a incandescenza da poche decine di watt) così come non ha senso conoscere in quanti secondi<sup>[9,10,11]</sup> superi il limite l'emissione di una sorgente certamente intensa e pericolosa come l'emissione di una saldatrice ad arco; in tutti e due i casi la valutazione può essere effettuata senza ricorrere a calcoli o a misurazioni disponendo direttamente, nel secondo caso, per i dispositivi di protezione specifici (DPI).

Sono certamente sicure e quindi *giustificabili*,<sup>[12]</sup> tutte le sorgenti seguenti (ovviamente l'elenco non vuole essere esaustivo):

- illuminazione a soffitto (fluorescente o altro) tipo ufficio dotata di diffusori posizionati davanti al tubo o ai bulbi;
- lampade tascabili o da scrivania, lampade tungsteno-alogene dotate di vetro di protezione (che scherma la componente UV)<sup>[13]</sup>;
- fotocopiatrici;
- computer e display, compresi i PDA;
- Led di strumentazione di controllo;
- flash fotografici (se usati singolarmente);
- pannelli di riscaldamento radiante a gas (stufe);
- tutte le lampade o sistemi di lampade classificate Esenti o Gruppo 1 (LED inclusi) nella UNI EN 62471:2009<sup>[14]</sup>

Possiamo estendere questa lista comprendendo tutta una serie di sorgenti che, se utilizzate in modo appropriato (ad esempio non troppo vicino agli occhi o alla pelle), possono essere *giustificate*<sup>[10]</sup> anch'esse:

- illuminazione fluorescente a soffitto senza schermi diffusori;
- lampade al mercurio ad alta pressione (comunque ormai in disuso);
- proiettori per presentazioni;
- fari di autoveicoli;
- sorgenti sanitarie non laser (lampade scialitiche, visori per radiografie, trans illuminatori neonatali, etc);
- trappole luminose per insetti;
- illuminazione per uso artistico (a spot), effetti di luce e flash multipli provvisti di adeguata schermatura per UV) in studi fotografici
- tutte le lampade o sistemi di lampade classificate Gruppo 2 (LED inclusi) nella UNI EN 62471:2009

Inoltre, possiamo certamente assumere che, se una sorgente non compresa in questi elenchi non ha mai dato origine a problemi di salute e non si abbia il sospetto che ci sia un rischio particolare nel modo in cui viene utilizzata, allora non è necessario effettuare delle misure più approfondite.

Non dobbiamo però dimenticare che la *giustificazione* deve essere comunque il frutto di un'analisi attenta, effettuata da personale qualificato ed in grado di valutare tutte le condizioni al contorno che possono dar luogo, anche con sorgenti di per sé *giustificabili*, a situazioni a rischio indiretto; è il caso in cui possano esserci lavoratori con particolari condizioni di salute (es. condizioni preesistenti aggravate dalla luce), lavoratori che usino sostanze chimiche fotosensibilizzanti, lavoratori



esposti a sorgenti multiple, effetti di abbagliamento (per cui si abbia cecità temporanea in grado di causare errori in situazioni e mansioni pericolose).

E' con questo approccio, ovvero con l'idea alla base del processo di *giustificazione* appena descritto, che deve essere affrontata la valutazione del rischio di esposizione lavorativa alla radiazione solare<sup>[15]</sup>; non servono infatti misure complesse, quali quelle previste dal Capo V per le radiazioni ottiche artificiali, ma la formazione del datore di lavoro e dei lavoratori interessati per affrontare in modo attento e consapevole l'esposizione. Ricordiamo infatti che, pur essendo una sorgente essenziale alla vita, l'ultravioletto solare è cancerogeno di Gruppo 1 secondo la classificazione dello IARC e come tale deve essere valutato ai sensi dell'art.28 del D.Lgs. 81/08 soprattutto in quelle realtà occupazionali che svolgono la loro attività essenzialmente all'aperto (edilizia, agricoltura, pesca, etc). In attesa che vengano emanate delle linee guida a livello nazionale è certamente utile riferirsi alle indicazioni date da istituzioni, come quelle australiana<sup>[16]</sup>, da decenni attente alle problematiche dell'esposizione occupazionale alla luce solare.

E' forse questo il momento, passando alla discussione dei concetti di *calcolo* e *misura*, di approfondire un aspetto molto importante che rischia di essere sottovalutato ma che si presenta, a mio avviso, come la variabile più significativa per la valutazione del rischio retinico (fotochimico e termico) da luce visibile. Abbiamo ricordato le grandezze fisiche sulla base delle quali sono definiti i limiti; ma come interpretare la radianza di una sorgente, ottenuta "guardando" con lo strumento la sorgente stessa, in termini del limite corrispondente per la retina del lavoratore, non è cosa ben definita.

Per fare un esempio, una lampada scialitica da sala operatoria ha una radianza pesata sia  $B_{\lambda}$  che  $R_{\lambda}$  il cui limite viene superato in pochi minuti; se considerassimo i tempi di superamento dei limiti in funzione della misura effettuata in visione diretta della sorgente nessun chirurgo potrebbe più operare. D'altra parte nessun chirurgo opera guardando la lampada scialitica; la valutazione dell'esposizione retinica alla radiazione visibile ha senso solo se siamo in grado di valutare (di *calcolare* o di *misurare*) l'effettiva esposizione dovuta al compito visivo del chirurgo.

Ricordiamo infatti quanto detto in precedenza sul riflesso istintivo di avversione ad una sorgente intensa: anche volendo non riusciamo a fissare lo sguardo su una luce molto forte e il massimo tempo di esposizione diretta risulta pari al tempo di risposta allo stimolo definito di 0,25 secondi. E' certamente possibile che lo sguardo del chirurgo, o di un assistente, possa incrociarsi più volte direttamente con la sorgente ma sempre per tempi non superiori alla risposta di avversione; diversamente il compito visivo abbraccia il campo chirurgico: tessuti e strumenti metallici riflettono, ciascuno con le proprie caratteristiche, la radiazione primaria della lampada dando origine ad un insieme di sorgenti secondarie, queste sì, da considerare nella valutazione dell'esposizione. Resta certamente la difficoltà di determinare la radianza di siffatte superfici e di separarla dal contributo dei riflessi metallici, spesso puntiformi, che andrebbero valutati invece in termini di irradianza.

E' quindi evidente la difficoltà intrinseca alla valutazione che debba ricorrere alla misura o al calcolo a maggior ragione se effettuato su dati di catalogo: più della misura è importante la definizione delle modalità espositive e del compito visivo del lavoratore rispetto alla sorgente stessa.

Queste considerazioni sono anche correlate ad un altro aspetto fondamentale dell'esecuzione di una misura, quello dell'errore. Iniziamo ricordando che uno spettroradiometro di quelli oggi disponibili sul mercato per effettuare misure in contesto protezionistico è un oggetto portatile, a singolo grating, di costo medio (5-10 k€) e con sensori CCD sensibili sino a 1100 – 1400 nm; sensori con sensibilità estesa fino a 1700 – 2400 nm hanno costi più che doppi con ulteriori difficoltà per la calibrazione assoluta oltre i 1700 nm. L'errore associato a questa strumentazione è tipicamente del 20-30%; errori più bassi sono certamente ottenibili ma solo da strumentazione da laboratorio molto più costosa e sofisticata.

Sorge spontanea una domanda: ha senso, ai fini della valutazione del rischio di esposizione a radiazione ottica incoerente in ambito lavorativo, perseguire misure più accurate quando è il tempo di esposizione la vera variabile della misura? In altre parole, cosa guarda realmente e per quanto tempo un lavoratore del vetro? E un chirurgo? O una commessa in un centro commerciale pieno di lampade HID che si riflettono sul vetro del banco di servizio<sup>[17]</sup>?

Di seguito riportiamo un elenco, non esaustivo, delle sorgenti che possono rappresentare un ragionevole rischio per l'occhio e la pelle dei lavoratori e dove si può certamente ipotizzare la necessità di valutazioni strumentali:

- industria farmaceutica e ricerca (UV per fluorescenza e sterilizzazione)
- industrie dell'acciaio (fornaci e colate)
- industria della stampa (fotoincisione, indurimento e asciugatura degli inchiostri)
- carrozzerie (foto indurimento degli stucchi, delle vernici e saldatura)
- tutte le lampade e sistemi di lampade classificate di Gruppo 3 dalla UNI EN 62471:2008

Non è casuale, alla luce di quanto esposto sino a questo momento, che il concetto di *calcolo* sia un concetto complementare e non solamente alternativo, a quello di *misura*. Il datore di lavoro può *calcolare* l'irradianza prodotta da una sorgente in un certo punto o la sua radianza, partendo dai dati dichiarati dal costruttore; questi dati possono essere in forma grafica o tabellati. In ogni caso l'uso di dati di catalogo o di database implica la capacità della loro interpretazione da parte del valutatore: l'estrapolazione di questi alle condizioni reali di utilizzo resta un suo compito e una sua responsabilità diretta.

Abbiamo già accennato alla difficoltà di ottenere misure spettrali al di sopra di 1100 nm con gli spettroradiometri attualmente in commercio; questa limitazione impedisce quindi di ottenere direttamente misure di irradianza spettrale (o di radianza) nell'intera banda IRA (780 – 1400 nm), per non parlare della possibilità di misurare l'IRB fino a 3000 nm. L'emissione di radiazione in queste regioni spettrali è tipica dell'industria metallurgica, orafa e del vetro ed è responsabile della più antica malattia professionale riconosciuta: la cataratta del vetraio. In mancanza della strumentazione in grado di coprire tutto il range spettrale previsto dalla normativa, l'unica alternativa per determinare il rischio espositivo da confrontare con i limiti è quella di *calcolare* l'emissione nell'IR assumendo che la sorgente sia un *corpo nero*<sup>[18]</sup>; una possibilità è anche quella di correlare la *misura*, effettuata con lo

spettrometro fino a dove è in grado di acquisire ed estrapolandola con il *calcolo* nell'IRA, oltre la sua risposta strumentale. Alcuni lavori<sup>[19]</sup>, in fase di pubblicazione, hanno come scopo proprio quello di fornire un modello di calcolo (eventualmente anche sottoforma di programma) per semplificare la valutazione nei casi di sorgenti significative nell'infrarosso.

#### 4. CONCLUSIONI

Il recepimento della Direttiva 2006/25/CE nel D.Lgs. 81/08 e la sua piena attuazione a partire dal 26 aprile 2010 ha trovato certamente impreparate gran parte delle figure professionali coinvolte; bisogna anche ricordare che, alla stessa data, solo pochi altri paesi europei (tra i quali l'Inghilterra, che ha realizzato una guida sulle ROA<sup>[6]</sup> su incarico della Commissione Europea) hanno recepito la Direttiva.

Come sempre avviene quando si apre un nuovo scenario, competenze e conoscenze evolvono e maturano lentamente; possiamo certo affermare che anche per le radiazioni ottiche, a fronte di una consolidata letteratura scientifica circa gli effetti noti su occhi e cute<sup>[4,5]</sup>, non ci sia un'altrettanto approfondita conoscenza di come affrontare la valutazione del rischio di esposizione a ROA nel suo insieme e nelle reali condizioni lavorative. Ed è per questo che, almeno in questo primo periodo di applicazione, l'attenzione di chi ha a cuore la salute dei lavoratori dovrebbe essere concentrata non solamente al perfezionamento degli aspetti tecnici e scientifici della misura ma, soprattutto, alla necessaria formazione ed informazione dei datori di lavoro e dei lavoratori.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Direttiva Europea 2006/25/CE pubblicata su GU L 114 del 27.4.2006, pag.38-59
- [2] D.Lgs. n.81/2008 pubblicato sul S.O. 108/L della GU n.101 del 30.4.2008
- [3] M. Borra *La Direttiva Europea 2006/25/CE sulle radiazioni ottiche "alla luce del Sole"*, Atti del Convegno Nazionale dBA2006, pp. 11-23, Modena 12-13 ottobre 2006
- [4] ICNIRP Guidelines - *Guidelines on limits of exposure to ultravioletoptical radiation of wavelengths between 180 nm and 400 nm (incoherent optical radiation)* Health Physics, Vol. 87, No. 2, 2004
- [5] ICNIRP Guidelines - *Guidelines on limits of exposure to broad-band incoherent optical radiation (0.38 to 3 μm)* Health Physics, Vol. 73, No. 3, 1997
- [6] *A Non-Binding Guide to the Artificial Optical Radiation Directive 2006/25/EC* Health Protection Agency (U.K.), Radiation Protection Division - VC/2007/0581
- [7] UNI EN 12198-1:2009 *Valutazione e riduzione dei rischi generati dalle radiazioni emessa dal macchinario- Parte 1*
- [8] *Indicazioni operative sulla prevenzione e protezione dai rischi dovuti all'esposizione a radiazioni ottiche artificiali nei luoghi di lavoro* Coordinamento tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Provincie Autonome – 11.03.2010
- [9] G. Mariutti, M. Matzeu *Measurement of ultraviolet radiation emitted from welding arcs* Health Physics, Vol. 54, No. 5, pp. 529-532, 1998

- [10] C. Peng, C. Lan et al, *Exposure assessment of aluminium arc welding radiation* Health Physics, Vol. 93, No. 4, 2007
- [11] T. Okuno, J. Ojima, H. Saito *Ultraviolet radiation emitted by CO2 Arc Welding* Ann. Occup. Hyg., Vol. 45, No. 7, pp. 597 – 601, 2001
- [12] *Guidance for Employers on the Control of Artificial Optical radiation at Work Regulations (AOR) 2010* Health Protection Agency (U.K.), Radiation Protection Division – 20.04.2010
- [13] M. Khazova, J.B. O'Hagan, *Optical radiation emission from compact fluorescent lamps* Radiat. Prot. Dosim. (2008) doi:10.1093/rpd/ncn234
- [14] UNI EN 62471:2009 *Sicurezza fotobiologica delle lampade e sistemi di lampade*
- [15] UNI EN 14255-3:2008 *Misurazione e valutazione dell'esposizione personale*
- [16] *Guidance note for the protection of workers from the ultraviolet radiation in sunlight* pubblicato da - Australian Safety and Compensation Council
- [17] B. Piccoli, P. Troiano, A. Bergamaschi *Rischi e danni per l'apparato visivo da esposizione a "luce blu" nel terziario e nell'industria* Atti del Convegno Nazionale dBA2006, pp. 151-162, Modena 12-13 ottobre 2006
- [18] R. Sisto, I. Pinto, N. Stacchini, F. Giuliani. *Infrared radiation exposure in traditional glass factories* AIHAJ (61) February 2000 5-10
- [19] Priv. comm. By F. Frigerio *Modelling infrared radiation exposure by blackbody-like sources*



## **ROA NELLE OFFICINE MECCANICHE**

**Francesco Giacobbe<sup>(1)</sup>, Francesco Faranda<sup>(2)</sup>, Teresa Diaco<sup>(2)</sup>**

(1) INAIL Messina

(2) ASP 5 Messina

### **ABSTRACT**

La tecnologia industriale in questi ultimi decenni, nell'ambito delle lavorazioni meccaniche, ha permesso notevoli positive evoluzioni nell'ambito dei processi di saldatura e di taglio.

Oggigiorno ogni officina meccanica dispone di diverse tipologie attrezzature, anche di fascia economica, che permettono sofisticate lavorazioni basate sul controllo localizzato di notevoli quantità di energia.

Tali tecnologie comportano l'emissione di significativi valori di radiazioni ottiche artificiali (ROA) nelle frequenze dell'infrarosso, del visibile e dell'ultravioletto con conseguente attenzione, ai fini della sicurezza e salute dei lavoratori, da parte del datore di lavoro. Infatti ad esempio le radiazioni UV agiscono sulla pelle (es. eritema, pigmentazione) e sugli occhi (es. microlacerazioni della cornea con stati di dolore, fotofobia; congiuntivite).

Nel presente lavoro si esaminano le modalità operative adottate dalle aziende operanti nel settore della caldalleria e della cantieristica navale per la valutazione del rischio ROA. Tali aziende manifatturiere fanno uso sistematico di processi di taglio e saldatura di metalli.

In funzione delle specifiche commesse e dei materiali metallici utilizzati possono utilizzarsi saldatrici ad arco (es. TIG, MIG, ecc.) portatili ed attrezzature fisse e portatili per il taglio (es. plasma, fascio laser, ecc.). Ove possibile le lavorazioni vengono effettuate in apposite singole postazioni dotate di schermi (disposizioni a carattere prevenzionistico già in vigore con l'art. 259 del DPR 547/55 e con l'art. 22 del DPR 303/56). Però può accadere di dover anche operare nelle immediate vicinanze di altri saldatori e dunque le precauzioni e le procedure in tali casi devono essere specifiche. In entrambi i suddetti casi i lavoratori operano utilizzando occhiali o maschere dotate di appositi filtri inattinici e di indumenti in crosta capaci di filtrare le radiazioni.

Ad un campione rappresentativo, appartenenti a diverse aziende, è stato sottoposto un questionario per la valutazione dello stato di percezione del rischio e per il monitoraggio degli eventuali disturbi fisici accusati all'apparato visivo.

## **1. REQUISITI NORMATIVI SULLE ROA**

Recentemente sono entrate in vigore, ai sensi del comma 3 dell'art. 306 D.Lgs. 81/08, le disposizioni inerenti la protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a radiazioni ottiche artificiali (ROA). Nel suddetto Testo Unico in materia di sicurezza sul lavoro sono escluse dal novero delle radiazioni ottiche naturali, come la luce solare (rimane comunque l'obbligo da parte del Datore di Lavoro di effettuare la valutazione dei rischi nei casi in cui i lavoratori sono esposti ai raggi solari).

In particolare, scopo della norma è la prevenzione dei possibili danni alla vista ed alla cute dovuti all'esposizione dei lavoratori a radiazioni ottiche artificiali, intendendosi per tali ad esempio quelle generate durante i processi di saldatura ad arco elettrico.

L'art. 215 del D.Lgs. 81/08 fissa (rimandando all'allegato XXXVII) i valori limite di esposizione a tali radiazioni, distinguendo fra radiazioni laser e radiazioni incoerenti (diverse da quelle laser).

I limiti di esposizione sono stati fissati sulla base di studi effettuati sugli effetti dannosi accertati sulla salute oltre che su considerazioni di carattere fisico e biologico; le formule continue e discrete da applicare per la quantificazione del livello di esposizione si basano su parametri derivanti dal tipo di sorgente a cui si è esposti (se coerente o non coerente), sul tipo di lesione causata (danno retinico di natura termica, fotochimica, danno di carattere termico al cristallino, danno termico alla cornea, ustioni cutanee, fotosensibilizzazione); infine sul tipo di radiazione emessa dalla sorgente e sulla lunghezza d'onda della radiazione emessa.

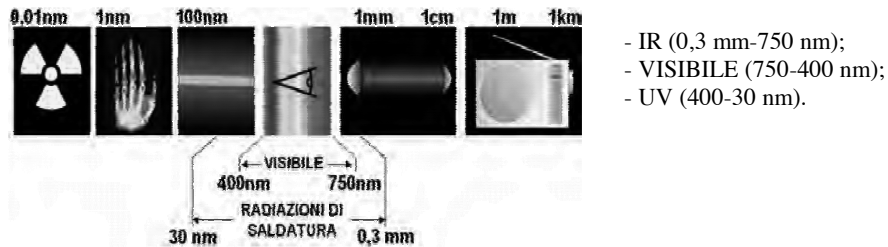
## **2. ROA NEI PROCESSI DI SALDATURA AD ARCO**

Le radiazioni ottiche, generate durante i processi di saldatura ad arco (es. ad elettrodo rivestito, TIG, MIG) possono essere caratterizzate in base alla lunghezza d'onda (inversamente proporzionale all'energia) e all'intensità; queste dipendono dai seguenti fattori:

- processo di saldatura;
- metalli coinvolti (materiali base e d'apporto);
- stato di finitura superficiale del metallo;
- potenza termica della sorgente (tensione e intensità di corrente per i processi ad arco).

Ad esempio risultano maggiormente critici i casi di saldatura delle leghe di alluminio con processi sotto protezione di gas (casistica molto diffusa nella cantieristica navale), ove il materiale base ha in genere elevata riflettività e l'atmosfera protettiva non provvede a schermare l'arco elettrico; mentre risulta praticamente nulla esposizione durante la saldatura ad arco sommerso, essendo l'arco completamente coperto da una spessa coltre di flusso.

Le ROA nel caso di processi di saldatura ad arco presentano uno spettro di lunghezze d'onda nell'intorno del visibile e più precisamente:



**Figura 1:** lunghezze d'onda delle ROA nei processi di saldatura ad arco

### 3. EFFETTI DELLE ROA SULL'UOMO

I rischi per la salute, riguardano essenzialmente gli organi del corpo umano che vengono direttamente “investiti” ed in particolare: l'occhio in tutte le sue parti (cornea, cristallino e retina) e la cute.

I principali danni che le radiazioni emesse dai processi di saldatura ad arco possono determinare agli occhi sono:

- radiazioni UV: infiammazioni alla cornea con rischio di danni al cristallino. È possibile rilevare casi di dolori agli occhi, fotofobia e infiammazione delle palpebre);
- radiazioni visibili: mal di testa, ipertensione agli occhi, diminuzione dell'acutezza visiva e danni alla retina;
- radiazioni IR: problemi alla vista o infiammazione dell'iride (fino alla cataratta).

Le stesse radiazioni possono anche provocare bruciature alla pelle e, in certi casi, anche danni ai tessuti. Pertanto è necessario operare solo con opportune protezioni.

#### OCCHI:

I danni agli occhi procurati dai raggi della saldatura, possono essere di generi diversi a seconda che si manifestino a breve termine, oppure che abbiano una manifestazione a lungo termine. Il raggio IR provoca un danno termico alla cornea e di conseguenza la cataratta, che attraverso un'operazione chirurgica viene rimossa garantendo di nuovo la massima visibilità. Il raggio UV provoca il cosiddetto “colpo d'arco”, il fastidio agli occhi ed il rossore si manifestano immediatamente e con l'applicazione di pomate adeguate il problema viene risolto in pochi giorni. La luce blu viene spesso sottovalutata in quanto appartenente allo spettro di luce visibile e quindi erroneamente considerata “sicura”. Tali raggi non vengono minimamente ostacolati da quei meccanismi istintivi come il riflesso palpebrale o quello di allontanamento. Inoltre non si manifesta nell'immediato ed è per questo che risulta essere la più dannosa in quanto spesso irreversibile. La sua continua esposizione fa perdere nel tempo gradi di diottrie fino in alcuni casi di cecità.

#### CUTE:

Non è semplice valutare la rilevanza degli infortuni professionali alla cute dovuti all'esposizione a radiazioni ottiche sia perché gli effetti, ad esclusione di ustioni o



eritema, si manifestano dopo diversi anni, sia perché i lavoratori sono normalmente esposti sia alle radiazioni naturali che artificiali in forme ed intensità molto differenti. Ad ogni modo patologie come i tumori della pelle, tra cui il melanoma, sono ormai da tutti riconosciute fortemente dipendenti dall'esposizione a radiazione ottica ultravioletta.



**Figura 2:** esempi di effetti negativi connessi all'esposizione a ROA  
a) melanoma al viso                      b) ustione alla mano

Particolarmente controindicata è l'esposizione alle ROA da parte di lavoratori con le seguenti patologie:

- portatori di malattie del collagene (radiazioni UV);
- albinosi e individui di fototipo 1 (radiazioni UV);
- soggetti in trattamento cronico o ciclico con farmaci fotosensibilizzanti;
- soggetti affetti da alterazioni dell'iride e della pupilla;
- lavoratori con lesioni cutanee maligne o pre-maligne (radiazioni UV);
- lavoratori con patologie cutanee fotoindotte o fotoaggravate (radiazioni UV e IR);
- lavoratori affetti da xeroderma pigmentosus (radiazioni UV);
- soggetti epilettici per esposizione a luce VISIBILE di tipo intermittente.

**Tabella 1:** sintesi delle possibili patologie connesse all'esposizione alle ROA

RADIAZIONE OTTICA	OCCHIO	CUTE
ULTRA-VIOLETTO	fotocheratocongiuntivite (UVB-UVC), cataratta fotochimica (UVB)	eritema (UVB-UVC), sensibilizzazione (UVA-UVB), foto retinimento (UVC-UVB-UVA), cancerogenesi (UVB-UVA)
VISIBILE	foto retinite (in particolare da luce blu, 380-550 nm)	fotodermatosi
INFRAROSSO	ustioni corneali (IRC-IRB), cataratta termica (IRB-IRA), danno termico retinico (IRA)	vasodilatazione, eritema, ustioni

#### 4. VALUTAZIONE DEL RISCHIO ROA NELLE OFFICINE MECCANICHE

Secondo quanto riportato nella pubblicazione “Protecting Workers from Ultraviolet Radiation” della International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection si evince che le ROA emesse nei processi di saldatura ad arco possono, abbastanza spesso, superare i valori limite di soglia nel caso di radiazioni UV. Secondo questi studi quindi risulta necessario approfondire la valutazione del rischio da parte dei datori di lavoro. Il documento del Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e Province autonome in collaborazione con ISPESL e ISS, suggerisce che nel caso delle saldatrici ad arco, pur essendo il rischio estremamente elevato, l'effettuazione delle misure e l'acquisizione dei tempi è superflua per l'operatore addetto se i tempi risultano dell'ordine della decina di secondi. Ulteriori valutazioni si rendono necessarie nei casi di processi eseguiti da più lavoratori che risiedono nelle adiacenze della sorgente.

Nei cantieri navali e nelle officine meccaniche viene fatto uso assiduo di processi di saldatura ad arco per la costruzione e riparazione di imbarcazioni ed attrezzature a pressione e non è remota (per esigenze costruttive) la possibilità di avere più lavoratori che operano contemporaneamente e nelle medesime zone.



**Figura 3:** Esempi di processi di saldatura

La valutazione dei rischi dovrà essere eseguita seguendo le metodologie proposte dall'IEC per quanto riguarda i laser e le raccomandazioni del CEI e del CEN per quanto riguarda le sorgenti incoerenti, e dovrà tenere conto della presenza di eventuali lavoratori particolarmente sensibili o sensibilizzati, e dovrà porsi l'obiettivo di minimizzare i livelli di esposizione nei luoghi di lavoro e di proteggere il lavoratore mediante dispositivi di protezioni individuali.

Le saldatrici di recente costruzione permettono al datore di lavoro di acquisire specifiche informazioni utili ai fini della valutazione del rischio. In particolare il fabbricante (in ottemperanza delle norme UNI EN 12198-1:2009 / UNI EN 12198-2:2009 / UNI EN 12198-3:2008) assegna alla macchina una categoria in funzione del livello di emissione di radiazioni. Le categorie sono 3:

**Tabella 2:** categorie secondo la sintesi UNI EN 12198

Categoria	Restrizioni e misure di protezione	Informazioni e addestramento
0	Nessuna restrizione	Nessuna informazione necessaria
1	Restrizioni: possono essere necessarie la limitazione dell'accesso e misure di protezione	Informazioni su pericoli, rischi ed effetti secondari
2	Restrizioni speciali e misure di protezione sono essenziali	Informazioni su pericoli, rischi ed effetti secondari; l'addestramento può essere necessario

Le macchine rientranti nelle categorie 1 e 2 devono riportare una marcatura specifica comprendente i seguenti elementi:



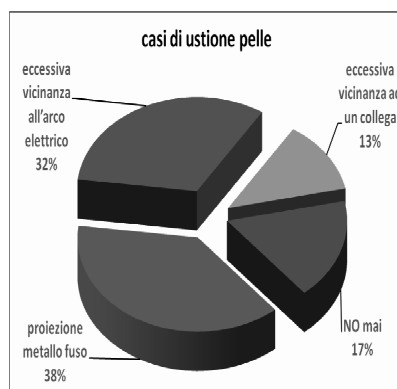
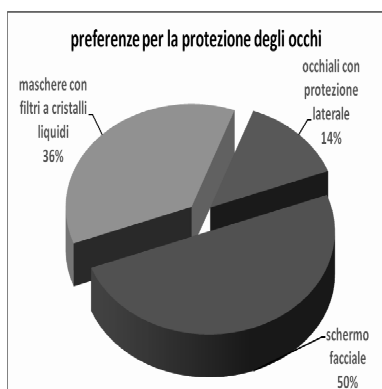
- il segnale di sicurezza rappresentante il tipo di emissione di radiazione;
- il numero di categoria (categoria 1 o categoria 2);
- il riferimento alla norma UNI EN 12198:2009.

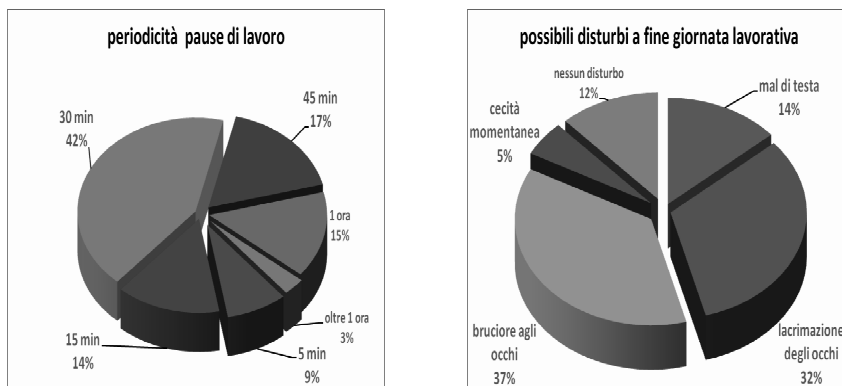
## 5. QUESTIONARIO SOTTOPOSTO AI SALDATORI

Ad un campione rappresentativo (pari a 168 saldatori), appartenenti a diverse aziende operanti nel settore della caldareria (64% del campione) e della cantieristica navale (36% del campione), è stato sottoposto un questionario per la valutazione dello stato di percezione del rischio e per il monitoraggio degli eventuali disturbi fisici accusati all'apparato visivo.

Le domande del questionario prevedevano la selezione di una risposta singola su un ventaglio di diverse possibilità.

Di seguito i grafici con i risultati del questionario ed i relativi commenti.





**Figura 4:** rappresentazione grafica dell'esito del questionario

Viene fatto un utilizzo prevalente di schermo facciale per la protezione degli occhi. Pur utilizzando assiduamente idonei DPI la maggioranza dei saldatori a fine giornata alcune volte presentano disturbi agli occhi (es. bruciore o lacrimazione). L'organizzazione e le tempistiche lavorative prevedono l'interruzione, all'esposizione dell'arco elettrico, attraverso un breve pausa in media ogni 30 min.

I saldatori denunciano un'ampia probabilità di subire, nel corso della loro carriera professionale, casi di ustione della pelle.

## 6. MISURE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE

Quando, a seguito della valutazione dei rischi, il datore di lavoro verifica che i valori limite possono essere effettivamente superati, definisce ed attua un programma d'azione che comprende misure tecniche e/o organizzative, secondo quanto previsto dall'art. 217 del D.Lgs. 81/08, destinate ad evitare che l'esposizione a questi fattori di rischio superi i valori limite.

Il datore di lavoro dovrà tener conto quindi della possibilità di utilizzare altri metodi di lavoro che comportano una minore esposizione, di introdurre misure tecniche che riducano l'emissione di radiazioni ottiche, di utilizzare dispositivi di sicurezza (es. schermatura), di limitare il livello e la durata dell'esposizione, di rendere disponibili adeguati dispositivi di protezione individuale, di far riferimento alle istruzioni del fabbricante, etc.

Da qui la necessità di suddividere le postazioni di saldatura con adeguate barriere protettive e nello stesso tempo trasparenti, per coloro che muovendosi all'esterno non hanno un'osservazione prolungata e diretta del raggio. Tende, tende a strisce, schermi mobili.

Per il contatto diretto e ravvicinato invece l'obbligo di utilizzare delle protezioni degli occhi della cute di tutto il corpo, adeguate alle applicazioni di saldatura che si

stanno svolgendo in cui è molto pericolosa l'esposizione anche prolungata. Maschere a casco, maschere auto oscuranti, indumenti protettivi.



**Figura 4:** Pittogramma di pericolo sulle ROA

Per proteggere il personale ubicato nelle vicinanze, è opportuno sistemare intorno alla zona di saldatura tende o opportune paratie schermanti, facendo attenzione anche alle radiazioni indirette (dovute soprattutto ai raggi UV), riflesse per esempio dalle pareti e dal soffitto (talvolta risulta opportuno utilizzare colorazioni scure).

La dotazione personale si compone generalmente di:

- Occhiali dotati di protezioni laterali e filtri colorati inattinici, con grado di protezione scelto in funzione dell'intensità della radiazione o schermo facciale con filtro colorato inattinico o a cristalli liquidi per saldatura ad arco elettrico;
- Guanti di cuoio o materiale di caratteristiche equivalenti, resistenti alle particelle incandescenti, con protezione del polso e dell'avambraccio;
- Scarpe di sicurezza con puntale protettivo;
- Grembiule e protezioni parziali di cuoio o in materiale di caratteristiche equivalenti, resistenti alle particelle incandescenti;
- Maschera di protezione delle vie respiratorie, se particolari lavorazioni la rendessero necessaria.

Attualmente sono presenti sul mercato le maschere con filtri a cristalli liquidi che si adattano in tempi brevissimi all'intensità luminosa evitando di innescare l'arco a maschera alzata; l'incremento del DIN è attivato automaticamente dallo scoccare dell'arco elettrico in meno di 1 millisecondo.

Tradizionalmente la protezione dalle radiazioni ottiche, "almeno nell'industria, è sempre stata considerata una questione infortunistica di scelta del protettore oculare più adatto". La norma applicabile agli schermi per radiazione incoerente è la UNI EN 169 "Protezione personale degli occhi. Filtri per saldatura e tecniche connesse. Requisiti di trasmissioni e utilizzazioni raccomandate". Secondo questa norma ad ogni dispositivo è associato un numero di graduazione.

**Tabella 3:** Gradazione DIN (UNI EN 169) consigliata dei vetri filtranti per saldatura e tecniche connesse

PROCESSO DI SALDATURA E TECNICHE CONNESSE	INTENSITÀ DI CORRENTE IN AMPERE															
	0,5	2,5	10	20	40	80	125	175	225	275	350	450				
	1	5	15	30	60	100	150	200	250	300	400	500				
Elettrodi rivestiti				9		10	11		12			13		14		
MIG (leghe leggere)					10		11	12	13	14		15				
TIG				9	10	11	12	13	14							
Filo continuo					10		11	12	13			14		15		
Saldatura plasma	5	6	7	8	9	10	11	12	13		14			15		
Taglio (arco carbone)							10		11	12	13	14	15			
Taglio plasma							11		12		13					
	0,5	2,5	10	20	40	80	125	175	225	275	350	450				
	1	5	15	30	60	100	150	200	250	300	400	500				

## 7. CONCLUSIONI

L'esito del questionario sottoposto ai saldatori evidenzia una notevole e consolidata attenzione ai rischi connessi al processo di saldatura. Già da diversi decenni è prassi utilizzare gli appositi DPI per la protezione della cute e degli occhi. Non ancora molto diffuso l'impiego delle maschere con i filtri a cristalli liquidi. Le protezioni a schermo per le singole postazioni di lavoro sono applicabili prevalentemente nelle attività in officina pertanto nelle attività in campo risulta abbastanza probabile non poter impiegare tali schermi; inoltre è probabile che per esigenze cantieristiche vi siano diversi saldatori che operano nella medesima zona.

## 8. BIBLIOGRAFIA

1. UNI EN 14255 Esposizione personale a radiazioni ottiche non coerenti
2. UNI EN 14255-1 Radiazioni ultraviolette emesse da sorgenti artificiali nel posto di lavoro
3. UNI EN 14255-2 Radiazioni visibili ed infrarosse emesse da sorgenti artificiali nel posto di lavoro
4. UNI EN 14255-4 Terminologia e grandezze utilizzate per le misurazioni delle esposizioni a radiazioni UV, visibili e IR
5. UNI EN 12198 Valutazione e riduzione dei rischi generati dalle radiazioni emesse dal macchinario
6. UNI EN 169 Protezione personale degli occhi - Filtri per la saldatura e tecniche connesse - Requisiti di trasmissione e utilizzazioni raccomandate
7. Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome. Decreto Legislativo 81/2008 Titolo VIII, Capo I, II, III, IV e V sulla prevenzione e protezione dai rischi dovuti all'esposizione ad

- agenti fisici nei luoghi di lavoro. Indicazioni operative. Documento n° 1-2009 rev.02
8. Autori Vari, Saldatura & Ambiente di lavoro, 2007
  9. Assessment of EMF (Electromagnetic fields) and biological effects in arc welding applications, P. Mair (Documento tecnico IIW, commissione XII – 1848-05, 2005)
  10. Health hazards from exposure to electro-magnetic fields in welding, Commissione VIII dell'IIW (Documento tecnico IIW, commissione VIII-1858-98, 1998).
  11. Salute e sicurezza in saldatura: panorama dello stato dell'arte in sede nazionale e internazionale, N. Panicucci (Rivista italiana della saldatura, n.4, 1996)
  12. Contact lens use in industry (Documento tecnico IIW, commissione VIII-1298-85, 1985).
  13. Welding adds hazards to work in confined spaces, commissione VIII dell'IIW (Documento tecnico IIW, commissione VIII-1856-98, 1998).
  14. Paolo Vecchia, Maila Hietanen, Bruce E. Stuck, Emilie van Deventer, Shengli Niu. Protection Workers from Ultraviolet Radiation. ICNIRP/ILO/WHO, ICNIRP 14/2007

**LA MISURAZIONE DELLE RADIAZIONI OTTICHE ARTIFICIALI  
NELL'AMBIENTE OSPEDALIERO**

**Luca Gentile<sup>(1)</sup>, Walter Sartor<sup>(1)</sup>, Loretta Ferrero<sup>(2)</sup>**

- (1) Fisica Sanitaria, ASL CN1, Cuneo
- (2) Fiat Group, Deposito Avogadro, Torino

**1. PREMESSA**

Il 26 aprile scorso è entrato in vigore il Capo V del DLgs.81/2008, riguardante la tutela dei lavoratori dai rischi derivanti dall'esposizione a sorgenti artificiali di radiazioni ottiche. Il servizio di fisica sanitaria dell'ASL CN1 di Cuneo ha perciò provveduto, in collaborazione con il Deposito Avogadro del Gruppo FIAT, alla definizione di una metodica di misura ed alla valutazione dei rischi per i lavoratori nelle diverse strutture ospedaliere dell'Azienda. Visto il vasto numero di sorgenti presenti, e la loro tipologia notevolmente diversificata, si è provvedo innanzi tutto ad una raccolta preliminare dei dati attraverso il modello di seguito riportato.

VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA RADIAZIONI OTTICHE ARTIFICIALI NON COERENTI		PAG. /
<p>INDIVIDUAZIONE DELLE POTENZIALI SORGENTI DI RADIAZIONI OTTICHE ARTIFICIALI NON COERENTI</p> <p>(D. Lgs. 81/08 – Titolo VIII – Capo V)</p>		
SEDE: (comune – edificio)		
REPARTO:		
RIFERIMENTI:	tel. _____	e_mail _____
	Fax. _____	
DATA COMPILAZIONE:		
<p>Alcune indicazioni per la compilazione della tabella:  <b>TIPOLOGIA SORGENTE:</b> indicare il numero corrispondente della tabella sottostante rispetto alla sorgente presente  <b>MODELLO</b> (marca – modello – n. inventario)  <b>UBICAZIONE</b> (locale nel quale è posizionata – se spostata in diversi locali precisare)  <b>QUANTITA'</b> numero di apparecchiature presenti del medesimo tipo  <b>CONFINAMENTO SORGENTE</b>  <b>ESPOSIZIONE ADIETTI</b> indicare la parte esposta normalmente esposta durante l'utilizzo non accidentale dello strumento  <b>TEMPO MAX ESPOSIZIONE</b> indicare in ore il tempo di esposizione del personale (non accidentale)  <b>DPI</b> indicare gli eventuali Dispositivi di protezione presenti con la relativa sigla I indumenti O per occhiali S per schermi</p> <p>In un foglio allegato potranno essere fornite tutte le necessarie informazioni che possono essere utili per la valutazione dei rischi.</p>		

VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA RADIAZIONI OTTICHE ARTIFICIALI NON COERENTI		PAG. /
TIPOLOGIA SORGENTE	MODELLO	UBICAZIONE
QUANTITA'	ESPOSIZIONE ADIETTI	TEMPO MAX ESPOSIZIONE GIORNALIERO
DPI		
I = indumenti		
O = occhiali		
S = schermi		
<p>Timbro e firma Direttore SC</p>		
1	1	1
2	2	2
3	3	3
4	4	4
5	5	5
6	6	6
7	7	7
8	8	8
9	9	9
10	10	10
11	11	11
12	12	12
13	13	13
14	14	14

**Figura 1:** Modulo per la raccolta dati



## 2. STRUMENTI E METODI

Per l'esecuzione delle misure, così come previsto dal D.Lgs. 81/08, ci si è attenuti alle raccomandazioni della commissione Elettrotecnica Internazionale per l'Illuminazione (CIE) e del Comitato Europeo di Normazione (CEN) e alle linee guida nazionali o internazionali.

Nello svolgimento della valutazione del rischio si è fatto specifico riferimento a:

- Norma Europea UNI EN 14255-1 *Misurazione e valutazione dell'esposizione personale a radiazioni ottiche incoerenti.*

*Parte 1: radiazioni ultraviolette emesse da sorgenti artificiali nel posto di lavoro*

Norma Europea UNI EN 14255-2.

*Parte 2: radiazioni visibili ed infrarosse emesse da sorgenti artificiali nei posti di lavoro*

- Norma Europea UNI EN 14255-4 *Misurazione e valutazione dell'esposizione personale a radiazioni ottiche incoerenti*

*Parte 4: Terminologia e grandezze utilizzate per le misurazioni delle esposizioni a radiazioni UV, visibili e IR.*

Per l'esecuzione delle misurazioni è stato impiegato un spettroradiometro OCEAN OPTICS modello MAJA 2000PRO s/n MAYP10206, abbinato ad una fibra ottica OCEA OPTICS mod. 727-733-2447, lunghezza 2 m e core 400 micron, e ad un correttore di coseno OCEAN OPTICS con ottica in spectralon.

Lo strumento presenta un range di misura di 175nm-1100 nm, con una risoluzione ottica di circa 0.035nm.

Per l'analisi dei dati così ottenuti ci si è avvalsi del software OCEAN OPTICS SPECTRASUITE.

Per calibrare la catena di misura prima dell'impiego è stata utilizzata la lampada ad emissione certificata OCEAN OPTICS mod. DH-2000-CAL sn. 037990371, emittente nell'intervallo 200 – 2100 nm.

Per ottenere condizioni di misura quanto più ripetibili è stato utilizzato un cavalletto di sostegno (in materiale non riflettente) per la fibra ottica e sono stati acquisiti i dati geometrici di posizionamento della sonda; quando necessario è stato utilizzato un laser (diodo rosso – Classe 2) per allineare l'orientamento della fibra con la sorgente. Le posizioni di misura adottate sono state scelte al fine di rappresentare la situazione peggiore in cui un operatore può essere esposto alla sorgente nello svolgimento di una normale attività lavorativa. Per ogni posizione e situazione di misura sono state effettuate non meno di dieci acquisizioni ed è stato registrato lo spettro ottenuto.

Quando possibile, i rilievi sono stati condotti in assenza di altre fonti luminose (luci ambientali spente e/o condizione di buio).

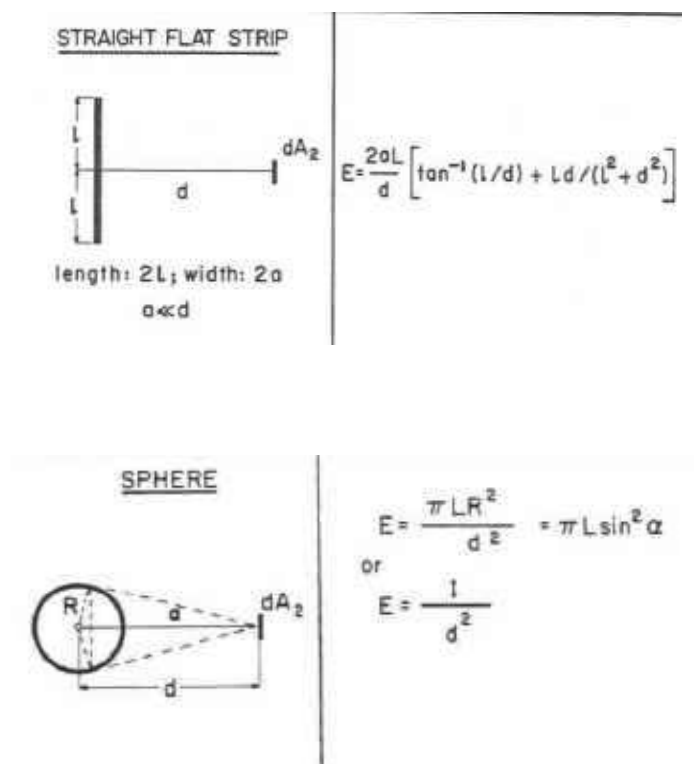
I valori ottenuti sono stati poi confrontati con i limiti riportati nell'allegato XXXVII del D.Lgs. 81/08 (vedi **Tabella 1**), in base alla regione di spettro analizzata, utilizzando le opportune funzioni peso necessarie.

**Tabella 1:** limiti di riferimento per le diverse lunghezze d'onda

Indice	Regione spettrale	Grandezza ricavata	Metodo calcolo della grandezza da dati sperimentali	Ulteriori calcoli per confronto con limiti
a	180 ÷ 400 nm UVA-UVB- UVC	$E_{\text{eff}}$ [W m <sup>-2</sup> ]	Irradianza spettrale pesata con la funzione S( $\lambda$ )	Ricavare $H_{\text{eff}} = E_{\text{eff}} \times t$ [J/m <sup>2</sup> ] dove t = 8 ore
b	315 ÷ 400 nm UVA	$E_{\text{UVA}}$ [W m <sup>-2</sup> ]	Irradianza spettrale	Ricavare $H_{\text{UVA}} = E_{\text{UVA}} \times t$ (J/m <sup>2</sup> ) dove t = 8 ore
c-d	300 ÷ 700 nm Luce blu Sorgente estesa ( $\alpha \geq 11$ mrad)	$L_B$ [W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ]	Irradianza spettrale pesata con la funzione B( $\lambda$ ) e divisa per l'angolo solido di vista della sorgente estesa	Se tempi esposizione $\leq$ 10000 s, ricavare $t = L_B/10^6$ [s]
e-f	300 ÷ 700 nm Luce blu Sorgente piccola ( $\alpha < 11$ mrad)	$E_B$ [W m <sup>-2</sup> ]	Irradianza spettrale pesata con la funzione B( $\lambda$ )	Se tempi esposizione $\leq$ 10000 s, ricavare $t = E_B/100$ [s]
g-i	380 ÷ 1400 nm VIS-IRA	$L_R$ [W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ]	Irradianza spettrale pesata con la funzione R( $\lambda$ ) e divisa per l'angolo solido di vista	Calcolo angolo di vista $\alpha$ per adozione valore $C_\alpha$ nel calcolo valore limite Se tempi esposizione compresi tra 10 $\mu$ s e 10 s, ricavare appropriato $L_R$
j-l	780 ÷ 1400 nm IRA	$L_R$ [W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ]	Irradianza spettrale pesata con la funzione R( $\lambda$ ) e divisa per l'angolo solido di vista della sorgente estesa	Calcolo angolo di vista $\alpha$ per adozione valore $C_\alpha$ nel calcolo valore limite Se tempi esposizione compresi tra 10 $\mu$ s e 10 s, ricavare appropriato $L_R$

Le emissioni rivelate sono in generale localizzate nella regione della luce blu (300nm-700nm).

Per l'intervallo, della luce visibile, si rende necessario procedere al calcolo dei valori di radianza, attraverso valutazioni inerenti le sorgenti e gli angoli in gioco.



**Figura 2:** schemi di calcolo della radianza spettrale per diverse tipologie di sorgenti

Tuttavia, nei casi pratici in cui la sorgente può essere considerata in buona approssimazione uniforme, e la distanza  $d$  del rivelatore è molto maggiore dell'area apparente  $A$  della sorgente, è possibile approssimare l'angolo solido semplicemente come  $\alpha = A/d^2$ . L'area apparente coincide con le dimensioni reali nel caso in cui ci si ponga esattamente di fronte alla sorgente.

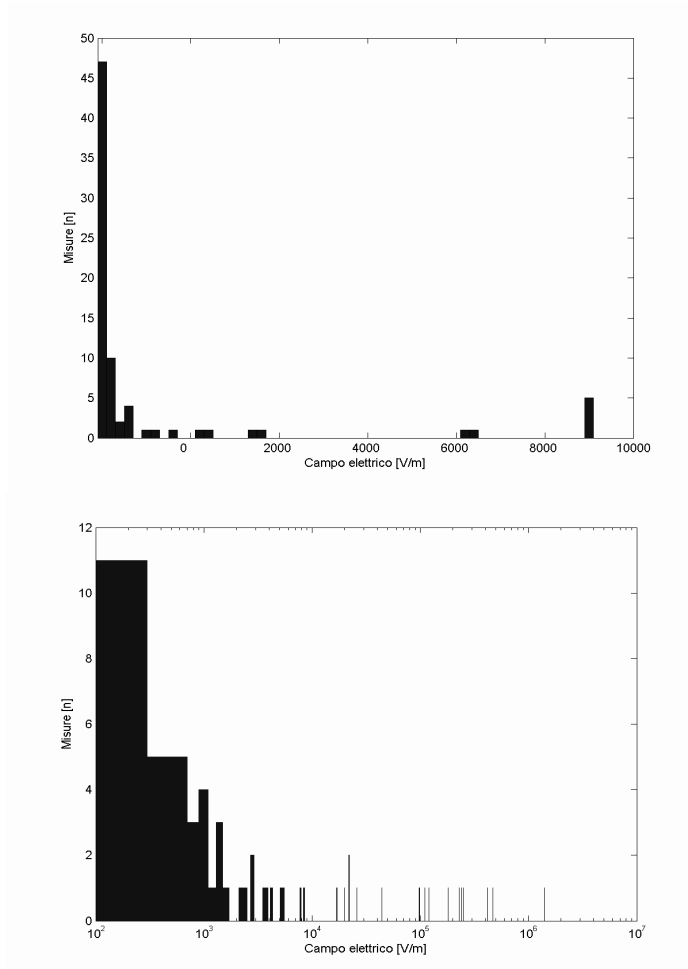
La radianza  $L$  risulta pertanto esprimibile semplicemente come:

$$L = E d^2/A$$

### 3. RISULTATI

La varietà delle sorgenti in ambiente ospedaliero spazia dalle lampade scialitiche, a quelle per indurimento delle resine per uso odontoiatrico, fino a quelle allo xenon e alle lampade per la cura dell'ittero neonatale. Questo si riflette in una notevole

eterogeneità delle misure che vanno da pochi  $W m^{-2} sr^{-1}$  fino a valori ben oltre i limiti di  $100 W m^{-2} sr^{-1}$ .



**Figura 3:** distribuzione dei risultati delle misure nella regione di indice d (sopra) ed in quella di indice g (sotto)

Una maggiore omogeneità si riscontra prendendo in analisi sorgenti di natura analoga.

Le lampade allo xenon risultano in particolare le responsabili delle problematiche maggiori, mentre per le scialitiche e lampade per la polimerizzazione si ha una situazione intermedia, con apparecchi che rientrano nei limiti, ed altri invece con emissioni superiori.

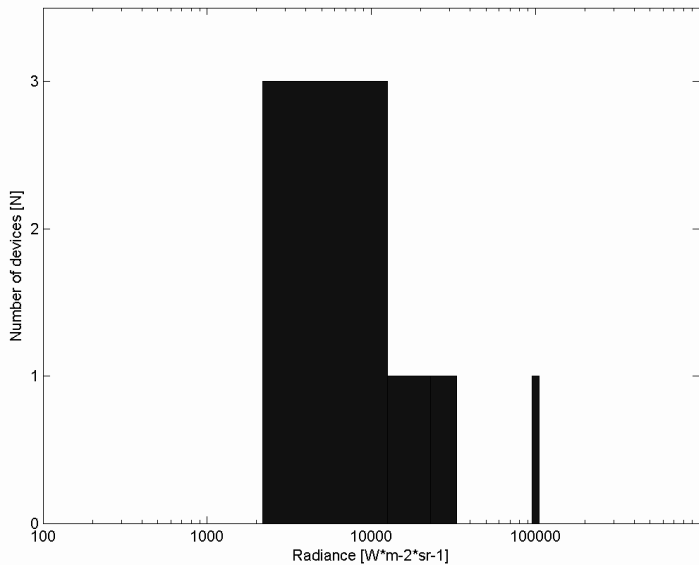


Figura 4: distribuzione dei valori rilevati per le lampade allo xenon

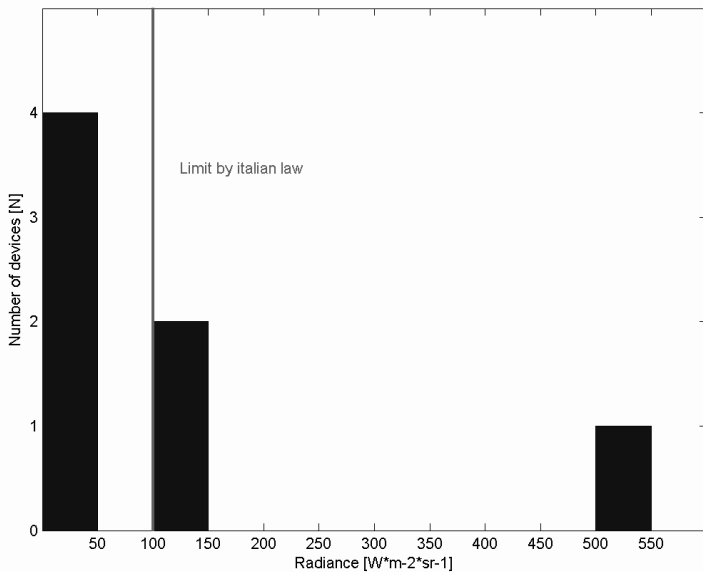
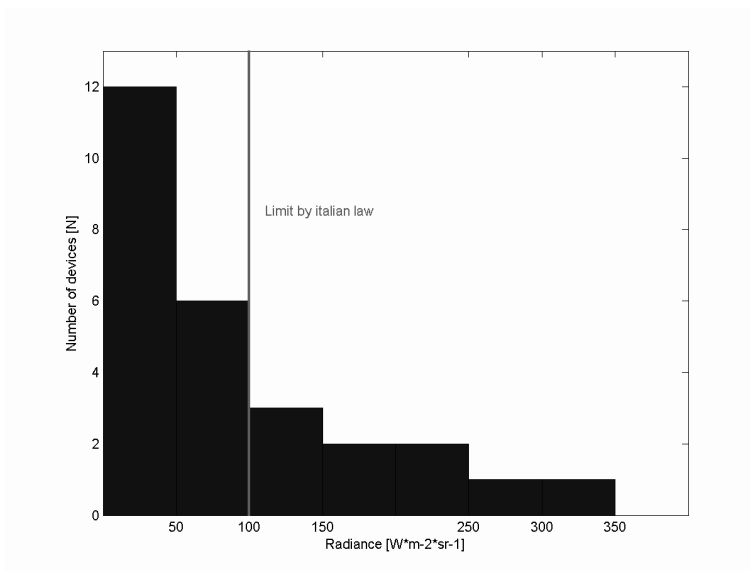
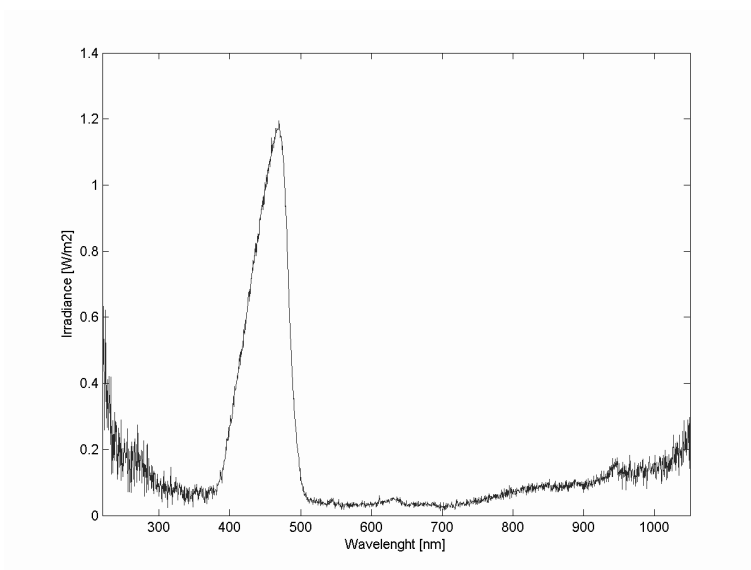


Figura 5: distribuzione dei valori rilevati per le lampade per polimerizzazione

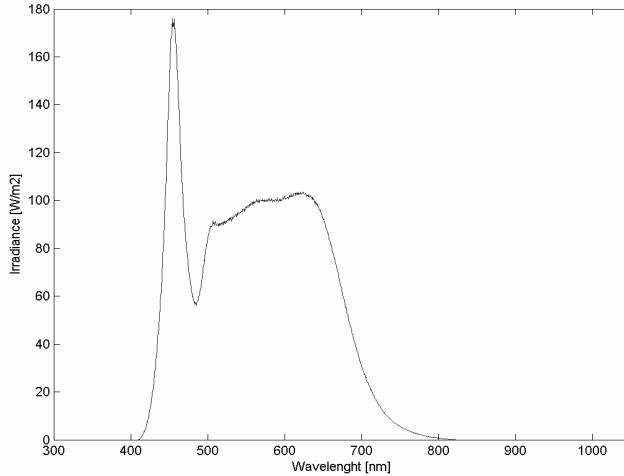


**Figura 6:** distribuzione dei valori rilevati per le lampade scialitiche

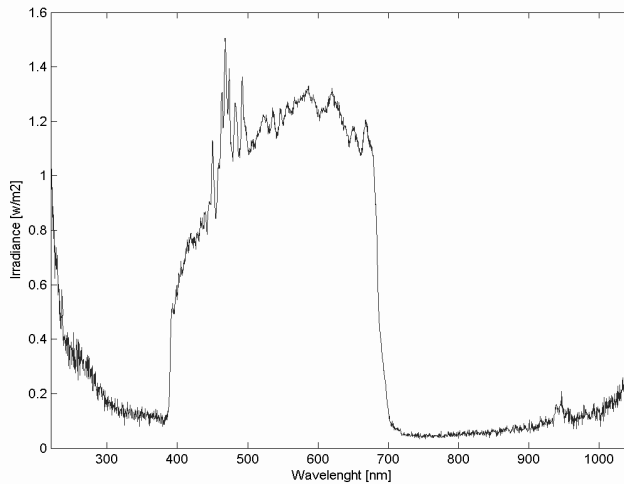
Gli spettri acquisiti confermano inoltre come le emissioni siano spesso fortemente localizzate nella regione blu dello spettro.



**Figura 7:** spettro di lampada per la cura dell'ittero neonatale



**Figura 8:** spettro di lampada scialitica



**Figura 9:** spettro di lampada allo xenon

#### 4. CONCLUSIONI

Accanto ad apparecchi di una certa pericolosità come saldatrici ad arco, per cui risulta a priori indispensabile l'adozione di opportune norme di comportamento e l'adozione dei necessari dispositivi di protezione, è stata riscontrata una vasta gamma di differenti apparecchi le cui emissioni non sono a priori standardizzabili e necessitano pertanto un'analisi.

Si ritiene pertanto opportuno che in sede di acquisizione, a qualsiasi titolo, di nuova strumentazione venga richiesta al fabbricante una dichiarazione attestante le eventuali radiazioni ottiche non coerenti che possono nuocere all'operatore o alle persone esposte; in mancanza di norme di prodotto specifiche il fabbricante deve dichiarare la categoria assegnata all'apparecchio secondo quanto stabilito dalla norma UNI EN 12198:2009. In caso di acquisizione di lampade o sistemi di lampade il fabbricante deve dichiarare la classificazione delle apparecchiature secondo lo standard CEI EN 62471:2009.

Per quanto riguarda i dispositivi medici ed i dispositivi diagnostici in vitro il fabbricante è tenuto a dichiarare la conformità ai requisiti delle pertinenti Direttive attenendosi alle prescrizioni in esse contenute (all. I, par. 11 Direttiva 93/42/CE o 2007/47/CE del 21/03/2010 e allegato I paragrafo 5 e paragrafo 8 della direttiva 98/79/CE).

In caso di fornitura di apparecchiature classificate secondo le succitate norme rispettivamente in categoria uno e due o in gruppo non esente devono essere forniti i dati emissione specifica ( spettro di emissione, potenza, radianza e/o irradianza a livello operatore....) specificando le misure di prevenzione e protezione previste , i DPI o schermi necessari ed eventualmente forniti e qualsiasi informazione utile per la sicurezza prevenzione comprese la descrizione di un adeguato programma di manutenzione .

Nel caso l'emissione di radiazioni avvenga tramite accessori occorrono come sopra le dichiarazioni specifiche relative all'impiego previsto per ogni accessorio.

A parità di prestazioni dovranno essere preferite le apparecchiature con emissione e livelli di rischio inferiore.

Prima dell'uso deve essere attuata la valutazione dei rischi e il personale eventualmente esposto deve essere autorizzato all'esposizione previa idoneità sanitaria e informazione e formazione adeguata.

Per rispondere appieno alle prescrizioni del D.Lgs. 81/08 e s. m. si è provveduto poi a definire il programma di formazione ed informazione, secondo quanto indicato nel D.Lgs stesso e seguendo le indicazioni operative del comitato tecnico interregionale della prevenzione nei luoghi di lavoro rev. 02 del 11 marzo 2010.

Il corso (vedi **Tabella 2**) è articolato in lezioni tenute da figure professionali differenti per una durata totale di 3h15', oltre ad un test finale di 15', e viene tenuto con una frequenza quinquennale.

**Tabella 2:** programma di formazione ed informazione.

Legenda: MC= Medico competente o medico del lavoro; ERO =Esperto valutazioni ottiche non coerenti; FS =Fisico sanitario Specializzato; SPP= RSP/ASPP qualificato in ROA incoerenti; T = tutte le figure precedenti

Argomenti	Qualifica formatore	Obiettivi	Durata
Generazione e caratteristiche delle ROA	T	Apprendere il tipo e le caratteristiche della radiazione ottica con cui si può interagire durante il lavoro con cenni sulle radiazioni ottiche naturali.	30'
Legislazione italiana ,	T + Avv + Personale	Conoscere e tenere aggiornate le proprie conoscenze giuridiche e la lettura critica al	30'



norme IEC, Linee guida.	ispettivo	fine della loro applicazione (obblighi dei lavoratori e diritti e doveri di dirigenti e preposti inclusi). definizione e significato dei valori limite delle ROA utilizzate	
Interazione ROA tessuto. Effetti biologici e sanitari. Rischi per la salute	T + oculista	Conoscere le interazioni ROA- tessuto. Riconoscere azioni e situazioni di rischio con cenni su radiazioni ottiche naturali	20'
Sorveglianza Sanitaria	MC	Conoscere il significato della valutazione e della relativa sorveglianza medica, oltre che le circostanze che danno diritto a una sorveglianza sanitaria Risultati anonimi e collettivi della sorveglianza su ROA Modalità per individuare e segnalare gli effetti negativi per la salute derivanti da esposizione a ROA. Condizioni di salute che classificano un lavoratore come particolarmente sensibile al rischio al rischio ROA. Cenni sui rischi da radiazioni ottiche naturali	40'
Risultati della valutazione rischi	ERO, SPP, FS.	Conoscere i risultati della valutazione, calcoli e misure e loro significato.	30'
Misure di prevenzione e protezione, mezzi di protezione adottati. Misure per il Miglioramento nel tempo	ERO, FS, SPP.	Conoscere significato, indicazioni e controindicazioni d'uso e manutenzione dei DPI, uso corretto delle attrezzature e dei dispositivi di protezione collettiva (schermature). Procedure di prevenzione e protezione specifiche, limiti, segnaletica di segnalazione ROA e criteri utilizzati per la sua collocazione. Simulazione di una situazione reale con uso di DPI.	30'
Discussione	ASL, FS,		15'
Verifica	T	Test	15'

Sembra inoltre opportuno prevedere un corso pratico, riguardante l'uso di sorgenti ROA, da svolgersi in reparto, con frequenza a discrezione del Responsabile dell'attività, ma non superiore ai cinque anni e comunque ogniqualvolta venga introdotti un nuovo tipo di sorgente o nuove attività. Docenti qualificati ed effettuazione dovrebbero essere richiesti contestualmente alle procedure di

acquisizione di attrezzature e la formazione fornita come parte integrante dell'apparecchiatura

Nel caso di neoassunti o di personale proveniente da un cambio di mansioni informazione formazione e addestramento sono a cura del responsabile dell'attività specifica, e si svolgono mediante l'affiancamento di personale esperto.

Per una corretta gestione del rischio si è infine provveduto ad elaborare una serie di norme generali di comportamento e sicurezza, di facile e rapida assimilazione per gli operatori, da esporre all'esterno dei locali.

### **NORME GENERALI DI COMPORTAMENTO E SICUREZZA PER RADIAZIONI OTTICHE ARTIFICIALI INCOERENTI**

- a) Ogni uso dev'essere giustificato e ottimizzato ( es limitare durata e livello di esposizione)
- b) L'uso e/o esposizione è consentita al personale autorizzato idoneo dal punto di vista della sorveglianza medica e informato e formato, nei locali autorizzati.
- c) I locali in cui è possibile il superamento di un limite devono essere adeguatamente segnalati mediante opportuno pittogramma:



- d) Evitare l'osservazione diretta delle sorgenti e non puntarle verso occhi di terzi
- e) Effettuare prove funzionali delle apparecchiature utilizzando quando possibile una bassa intensità luminosa
- f) Utilizzare correttamente i dispositivi di protezione e DPI previsti accertandosi della loro integrità prima dell'uso.
- g) Rispettare quanto previsto nel manuale o nelle specifiche di uso previste dal costruttore/fornitore e da eventuali procedure e istruzioni interne
- h) Segnalare al medico competente l'eventuale stato di gravidanza e/o l'assunzione di farmaci fotosensibilizzanti.

In caso si sospetti un'esposizione indebita:

1. effettuare una visita oculistica o dermatologica secondo il caso eventualmente rivolgendosi al pronto soccorso
2. informare il Direttore Sanitario ed il medico competente

## **5. BIBLIOGRAFIA**

- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection: "Guidelines on limits of exposure to broad-band incoherent optical radiation (0.38 to 3 $\mu$ m)"

- Coordinamento Tecnico Interregionale della Prevenzione nei Luoghi di Lavoro: “Decreto Legislativo 81/2008, Titolo VIII, Capo I, II, III, IV e V sulla prevenzione e protezione dai rischi dovuti all’esposizione ad agenti fisici nei luoghi di lavoro. Indicazioni operative”
- Norma UNI-EN 14255-2:2006: “Misurazione e valutazione dell’esposizione personale a radiazioni ottiche incoerenti - Parte 2: Radiazioni visibili ed infrarosse emesse da sorgenti artificiali nei posti di lavoro”
- Norma UNI-EN 14255-4:2007:” Misurazione e valutazione dell’esposizione personale a radiazioni ottiche incoerenti - Parte 4: Terminologia e grandezze utilizzate per le misurazioni delle esposizioni a radiazioni UV, visibili e IR”
- Norma UNI EN 12198-1:2009: “Sicurezza del macchinario - Valutazione e riduzione dei rischi generati dalle radiazioni emesse dal macchinario - Parte 1: Principi generali”
- Health Protection Agency, Centre for Radiation, Chemical and Environmental Hazards: “A Non-Binding Guide to the Artificial Optical Radiation Directive 2006/25/EC”

***RINGRAZIAMENTI:***

Dott. Massimo Borra, ISPESL

Dott. Andrea Militello, ISPESL

## **RISULTATI DELLA VIGILANZA SU APPARECCHIATURE AD UV PER USO ESTETICO. GESTIONE DEL RISCHIO PER LAVORATORI E UTENTI DAL PUNTO DI VISTA RADIOPROTEZIONISTICO**

**Simonetta Chierici<sup>(1)</sup>, Anita Cappello<sup>(1)</sup>, Roberto Tebaldi<sup>(1)</sup>, Dario Cirelli<sup>(1)</sup>,  
Riccardo Di Liberto<sup>(2)</sup>, Gabriele Arienti<sup>(1)</sup>**

<sup>(1)</sup> ASL di Milano, Servizio Salute e Ambiente

<sup>(2)</sup> Policlinico San Matteo Pavia, Servizio Fisica Sanitaria

### **1. PREMESSA**

Il notevole aumento di incidenza di tumori cutanei nella popolazione mondiale di pelle chiara è fortemente associato all'esposizione al sole e/o all'uso di fonti artificiali di raggi UV, quali lampade e lettini solari. Una valutazione sanitaria di tale problematica è stata fatta, nel corso degli ultimi dieci anni dall'OMS, che ha contribuito, assieme ad altre Istituzioni, a definire la cornice logica della protezione dalla radiazione ultravioletta ed alla pubblicazione di documenti che affrontano i suoi diversi aspetti, in particolare la riduzione dei rischi di danno all'occhio e di tumori cutanei.

Nel territorio dell'ASL di Milano sembra essere in costante aumento il numero dei solarium e dei centri estetici che utilizzano apparecchiature ad UV. Nel 2009 se ne contavano circa 600 solo nel capoluogo lombardo. Il che indica un diffuso aumento della domanda di abbronzatura artificiale.

Per definire meglio i contorni del fenomeno nel territorio cittadino, il Servizio Salute e Ambiente del Dipartimento di Prevenzione dell'ASL di Milano ha condotto un'indagine conoscitiva, in cui sono stati presi in esame un campione di centri abbronzatura e centri estetici che impiegano apparecchi a UV, con l'obiettivo di verificare la gestione dei rischi per lavoratori e utenti dal punto di vista radioprotezionistico; in particolare si è voluto:

- indagare la rispondenza di tali apparecchi alle norme tecniche CEI EN 60335-2-27: 2005,
- individuare eventuali criticità e possibili interventi di prevenzione primaria,
- verificare l'istruzione operativa per i sopralluoghi, impiegata dall'ASL di Milano.

### **2. MATERIALI E METODI**

Sono stati selezionati 49 solarium e centri estetici rappresentativi delle varie zone della città e delle varie tipologie di centri presenti nella città.

I sopralluoghi presso le strutture suddette sono stati effettuati dal 2006 al 2009 da Tecnici della Prevenzione del Servizio Salute e Ambiente, coadiuvati da un tirocinante tesista del corso di laurea in Tecniche della Prevenzione nell'Ambiente e nei Luoghi di Lavoro.

Per la rilevazione dei dati emergenti dal sopralluogo è stata predisposta una sezione specifica all'interno dell'istruzione operativa "Sorgenti NIR in attività di estetica" già in uso nel Servizio Salute e Ambiente (vedasi **Allegato 1**).

Successivamente è stata predisposta una griglia di valutazione dei dati rilevati, per mettere in evidenza i principali aspetti che potessero presentare criticità:

- tutela del cliente
- gestione delle apparecchiature
- tutela degli addetti
- verifica della documentazione.

Vedasi **Allegato 2**.

I risultati sono stati rappresentati tramite grafici.

### 3. RISULTATI

E' emerso quanto segue.

#### 3.1 TUTELA DEL CLIENTE

- *Prima di ogni trattamento il cliente è informato sugli effetti attesi/indesiderati nonché sulle controindicazioni?*

Nel 84% delle strutture i clienti vengono informati sugli effetti attesi e/o indesiderati prima di ogni trattamento, verbalmente da parte dell'operatore o attraverso cartelli informativi esposti all'ingresso.

- *Prima di ogni trattamento con UV A viene acquisito il consenso informato, anche in caso di minori?*

Nel 65% dei casi non viene acquisito il consenso informato, anche in caso di minori.

- *Ogni ciclo di somministrazione UV A è registrato nominalmente?*

Nel 71% delle strutture oggetto d'indagine i cicli di somministrazione UV non vengono registrati nominalmente.

Questa situazione è dovuta al fatto che molti centri estetici ricorrono solamente all'utilizzo di "tessere personali di abbonamento", senza una vera e propria registrazione nominale in grado di fornire indicazioni precise circa il numero di esposizioni di ogni utente.

#### 3.2 GESTIONE DELLE APPARECCHIATURE

- *Le apparecchiature UV sono marcate secondo lo schema "tipo UV da 1 a 4"?*

Nel 58% dei centri estetici le apparecchiature non sono marcate secondo lo schema "tipo UV da 1 a 4", come previsto dalla normativa tecnica.

- *E' presente su ciascuna apparecchiatura la marcatura o una targa adiacente fissata a parete con il seguente testo "Attenzione: la radiazione ultravioletta può causare danni agli occhi e alla pelle. Indossare gli occhiali protettivi forniti. Alcuni cosmetici possono accrescere la sensibilità" ?*

Nel 60% delle strutture non viene esposta una marcatura o una targa con i possibili rischi per occhi e pelle.

- *Per gli apparecchi di tipo 4, è presente una marcatura o una targa adiacente riportante il seguente testo "Attenzione. Da usare solo seguendo le avvertenze mediche" ?*

Nella totalità delle strutture prese in considerazione non è presente tale marcatura.

### 3.3 TUTELA DEGLI ADDETTI

- *Sono disponibili occhiali protettivi in numero adeguato alle apparecchiature UV?*  
Nel 57 % dei casi gli occhiali protettivi sono in numero adeguato alle apparecchiature UV. La normativa tecnica prevede 2 paia di occhiali per ogni apparecchiatura UV.
- *Gli occhiali protettivi sono conformi alle norme UNI EN 170:2003?*  
Nel 100% dei casi gli occhiali protettivi non sono conformi alle norme tecniche.

### 3.4 VERIFICA DELLA DOCUMENTAZIONE

Nel 63% dei casi non è presente un programma di manutenzione degli apparecchi.

Nel 59% delle strutture esaminate non è presente il libretto di istruzione per ogni apparecchio.

Nel 67 % dei casi non è presente presso il centro estetico un'informativa che gli utenti possono consultare in caso di necessità.

Infine, c'è una sostanziale parità tra le strutture in cui è possibile trovare copia dell'attestazione circa la formazione degli addetti (attestato diploma estetista) e quelle in cui non è reperibile.

## 4. CONCLUSIONI

Dai risultati delle verifiche effettuate è emersa la scarsa rispondenza alle norme tecniche, la mancanza di formazione degli addetti, l'esposizione non controllata degli addetti alle radiazioni UV, la carenza di informazioni ai clienti sui possibili rischi legati all'esposizione ad UV e il rischio di esposizioni ripetute; l'assenza di un controllo preventivo dei clienti da parte del medico curante.

Da ciò è emersa la necessità di effettuare futuri interventi di prevenzione primaria:

1. verifica della valutazione del rischio di esposizione degli addetti ad UV da parte del datore di lavoro e modalità di gestione del rischio ( DPI, cartellonistica, marcatura apparecchi, ecc.)
2. formazione addetti
3. informazione ai clienti sui rischi e verifica delle precedenti esposizioni

4. integrazione dell'istruzione operativa per il sopralluogo con approfondimenti per quanto riguarda la tutela degli addetti:

- *valutazione del rischio di esposizione a radiazioni ottiche per i lavoratori addetti*
- *applicazione del Capo V del D.Lgs 81/2008 con valutazione dei livelli espositivi.*

## Allegato 1

ASL di Milano SSD Salute e Ambiente Tel 02 8578 9556/7 Fax 02 8578 9649 e-mail <a href="mailto:ssa@asl.milano.it">ssa@asl.milano.it</a>	 <b>Regione Lombardia</b> <b>ASL Milano</b>	<b>Mod. 21 /</b> <b>IOSp Radioprotezione</b>
	<b>Modulo di Registrazione</b> <b>SORGENTI NIR IN ATTIVITÀ DI ESTETISTA</b>	Pagina 1 di 6 Rev. 01 Data diff. 01.06.2010

## Sopralluogo

Legale Rappresentante \_\_\_\_\_

Inirizzo \_\_\_\_\_ Piano \_\_\_\_\_

Sede dell'intervento \_\_\_\_\_

E' presente al sopralluogo \_\_\_\_\_

In qualità di \_\_\_\_\_

Data sopralluogo \_\_\_\_\_ Orari e giorni apertura \_\_\_\_\_

Acquisire copia del diploma professionale per ogni estetista e degli attestati dei corsi di aggiornamento frequentati (almeno 1 corso entro il 2008). ("Linee guida per l'aggiornamento e la regolamentazione delle attività delle estetiste" DDGS n.4259 del 13/3/2003)

Note ed Osservazioni \_\_\_\_\_

Laser No  Sì  Se Sì, indicare quantità e classi di appartenenza \_\_\_\_\_

Finalità \_\_\_\_\_

Lampade a U.V. No  Sì  Se Sì, indicare quantità e tipo (1 - 2 - 3 o 4) \_\_\_\_\_

Finalità \_\_\_\_\_

Tipologia	N°	Marca	Modello	Tipo UV
facciale		.....	.....	.....
		.....	.....	.....
		.....	.....	.....
dioccia		.....	.....	.....
		.....	.....	.....
		.....	.....	.....
lettino		.....	.....	.....
		.....	.....	.....
		.....	.....	.....

Sterilizzatrici U.V. No  Sì  Se Sì, indicare quantità \_\_\_\_\_

Finalità \_\_\_\_\_

Polimerizzatori per resine a U.V. No  Sì  Se Sì, indicare quantità \_\_\_\_\_

Finalità \_\_\_\_\_



Apparecchi ad ultrasuoni No  Sì  Se Sì, indicare tipologia e quantità \_\_\_\_\_  
Finalità \_\_\_\_\_

Lampade ad I.R. No  Sì  Se Sì, indicare quantità \_\_\_\_\_  
Finalità \_\_\_\_\_

Apparecchiature a R.F. No  Sì  Se Sì, indicare quantità \_\_\_\_\_  
Finalità \_\_\_\_\_

Apparecchiature per stimolazione a luce blu No  Sì  Se Sì, indicare tipologia e quantità \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Lampade a luce pulsata No  Sì  Se Sì, indicare tipologia e quantità \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
Finalità \_\_\_\_\_

Altre apparecchiature \_\_\_\_\_

**Sorgenti Laser classe 3B e 4 - norma CEI 76-6, 2001**

No  Sì  n° Apparecchi \_\_\_\_\_ di cui:

Ubicazione	Classe	Marca	Modello	Sorgente	Lunghezza d'onda	Potenza impiegata

Esiste Addetto alla Sicurezza Laser?

Sì  No

Se Sì, indicare nome e qualifica \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Note ed Osservazioni \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Addetto Sicurezza Laser (ASL) per classe 3B e/o 4**

- 1 Il datore di lavoro ha provveduto a nominare l'Addetto Sicurezza Laser ?      Sì  No

*Compiti dell'ASL*

2	Ha provveduto a individuare/delimitare la zona laser controllata (ZLC)?	Sì	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
3	Ha provveduto a scegliere i d.p.i. adatti per ciascun tipo di sorgente?	Sì	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
4	Ha provveduto ad effettuare le valutazioni relative alla sicurezza dell'ambiente di lavoro con LASER e degli operatori ?	Sì	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
5	Ha partecipato all'attività di formazione del personale operatore?	Sì	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
6	Ha provveduto ad effettuare i test di accettazione di ogni sorgente?	Sì	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
7	Ha provveduto ad effettuare i controlli periodici di sicurezza?	Sì	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
8	Ha provveduto ad analizzare tutti gli infortuni e gli incidenti che riguardano gli apparecchi laser, ove esistenti?	Sì	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
9	Sono state intraprese tutte le operazioni necessarie al fine di evitare il ripetersi di eventuali incidenti e/o infortuni?	Sì	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
10	E' stato istituito un registro su cui riportare eventuali incidenti e/o infortuni?	Sì	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
11	Ha provveduto a definire le procedure operative di sicurezza?	Sì	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>

**Indicazioni generali**

12	Le apparecchiature elettromeccaniche presenti sono utilizzate esclusivamente da personale in possesso della qualifica professionale di estetista?	Sì	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
13	E' stata apposta la segnaletica di avvertimento in corrispondenza ad ogni accesso alla ZLC ?	Sì	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
14	Esiste un segnale luminoso all'ingresso della ZLC che indichi quando la sorgente è in uso?	Sì	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>

15	Sono stati previsti corsi di formazione per il personale operatore relativi ai rischi specifici derivanti dall'utilizzo di laser? Se Sì, acquisire evidenza documentale.	Sì	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
16	Esistono e sono esposte delle norme di sicurezza?	Sì	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
17	E' presente la segnaletica che prescrive l'obbligo di protezione oculare, se previsto?	Sì	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
18	E' prevista una sorveglianza medica degli operatori? Se Sì, in che consiste? _____ _____ _____	Sì	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
19	E' prevista una visita oftalmica preventiva?	Sì	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
20	Sono previste visite periodiche di monitoraggio? Se Sì, con che frequenza vengono effettuate? _____ _____ _____	Sì	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
21	E' stato istituito un registro su cui riportare eventuali incidenti e/o infortuni?	Sì	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
22	Sono state intraprese tutte le azioni necessarie al fine di evitare il ripetersi di eventuali incidenti e/o infortuni, se verificatisi?	Sì	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
23	Esiste un programma di manutenzione degli apparecchi da parte di personale qualificato?	Sì	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
24	Contestualmente, esiste un programma di assicurazione della qualità secondo le indicazioni della norma CEI 76-6 al fine di garantire il funzionamento ottimale delle apparecchiature laser?	Sì	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
25	Con quale frequenza sono applicati i programmi di cui sopra? _____ _____ _____				

Note ed Osservazioni \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**Sorgenti U.V.- norma CEI EN 60335-2-27, 2005**

1	Prima di ogni trattamento il cliente è informato sugli effetti attesi e gli eventuali effetti indesiderati nonché sulle controindicazioni? Se sì, in che modo: _____	Sì <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
2	Prima di ogni trattamento con UV A viene acquisito il consenso informato, anche nel caso dei minori (per i quali occorre il consenso di chi ne ha la potestà)? Se sì, in che modo? _____	Sì <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
3	Ogni ciclo di somministrazione di raggi UV A è registrato nominalmente? Se sì, in che modo? _____	Sì <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
4	Gli apparecchi UV di tipo 1 e 2 sono utilizzati sotto la supervisione di persone adeguatamente addestrate? (acquisite copia attestato addestramento)	Sì <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
5	In caso di apparecchiature UV di tipo 4, sono impiegate seguendo avvertenze mediche?	Sì <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
6	Le apparecchiature UV presenti sono marcate secondo lo schema "Tipo UV numero da 1 a 4"?	Sì <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
7	E' presente su ciascuna apparecchiatura la marcatura o una targia adiacente fissata a parete con il seguente testo? <i>"Attenzione: la radiazione ultravioletta può causare danni agli occhi e alla pelle, quali invecchiamento della pelle e, nel tempo, neoplasia della pelle stessa. Consultare il personale per ulteriori informazioni. Indossare gli occhiali protettivi forniti. Alcuni medicinali e cosmetici possono accrescere la sensibilità."</i> . Tale marcatura deve essere sempre visibile.	Sì <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
8	Per gli apparecchi di tipo 4, è presente una marcatura o una targia adiacente riportante il seguente testo? <i>"Attenzione: da usare solo seguendo le avvertenze mediche"</i>	Sì <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
9	Sono disponibili occhiali protettivi in numero adeguato alle apparecchiature UV (almeno due paia per apparecchiatura: punto 32.102 Norma CEI EN 60335-2-27)?	Sì <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
10	Gli occhiali protettivi sono conformi alla norme UNI EN 170:2003?	Sì <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
11	Le apparecchiature UV sono sottoposte ad un programma di manutenzione da parte di personale qualificato?	Sì <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
12	E' presente il libretto di istruzioni fornito dal fabbricante?	Sì <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
13	dichiarazione secondo cui l'apparecchio UV non deve essere utilizzato da persone la cui pelle, durante l'esposizione al sole, si brucia senza abbronzarsi, da persone che soffrono di eritema solare, da bambini o da persone che soffrono o che hanno in precedenza sofferto di neoplasia cutanea o che sono ad essa predisposte: <ul style="list-style-type: none"> <li>- le informazioni riguardanti la distanza dell'esposizione ( o meno che la stessa non sia controllata dalla costruzione dell'apparecchio UV);</li> <li>- un programma di esposizione raccomandato che specifichi la durata e gli intervalli ( basato sulle caratteristiche dell'emettitore UV, sulla distanza e sulla sensibilità cutanea);</li> <li>- il numero raccomandato di esposizioni che non dovrebbe essere superato in un anno;</li> <li>- una dichiarazione secondo cui l'apparecchio non deve essere utilizzato se il temporizzatore è difettoso o se il filtro è rotto o rimosso;</li> <li>- l'identificazione dei componenti alternativi che possono influenzare la radiazione ultravioletta, quali i filtri e i riflettori;</li> <li>- l'identificazione di emettitori (lampade) sostituibili e una dichiarazione secondo cui questi devono essere sostituiti solamente con tipi marcati sull'apparecchio, oppure un foglio di istruzioni per cui la sostituzione delle lampade deve essere effettuata solo dopo aver chiesto consigli al personale del servizio autorizzato.</li> </ul>	Sì <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>

14	<p>Verificare che il libretto di istruzioni fornito dal fabbricante contenga le seguenti informazioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- le radiazioni ultraviolette solari o gli apparecchi UV possono causare danni alla pelle e/o agli occhi. Tali effetti biologici dipendono dalla qualità e quantità delle radiazioni così come dalla sensibilità cutanea e oculare dell'individuo;</li> <li>- la cute può sviluppare un'eritema solare dopo un'esposizione eccessiva. Esposizioni ripetute alle radiazioni UV solari o degli apparecchi UV possono portare ad un invecchiamento prematuro della cute così come all'aumento del rischio di sviluppo di neoplasie cutanee;</li> <li>- l'occhio non protetto può sviluppare un'infezione superficiale e, in alcuni casi, per esempio dopo un intervento di cataratta, può verificarsi un danno alla retina dopo un'esposizione eccessiva. Le cataratte possono svilupparsi dopo molte esposizioni ripetute;</li> <li>- è necessaria un'attenzione particolare nei casi di pronunciata sensibilità individuale alle radiazioni ultraviolette e nei casi in cui siano impiegati alcuni medicinali o cosmetici che possono aumentare detta sensibilità.</li> </ul> <p>e precauzioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- utilizzare sempre gli occhiali protettivi forniti;</li> <li>- rimuovere con cura i prodotti cosmetici prima dell'esposizione e non applicare alcuna crema protettiva per il sole;</li> <li>- non sottoporsi all'esposizione mentre si assumano farmaci che accrescono la sensibilità alle radiazioni ultraviolette. In caso di dubbio farsi consigliare dal Medico;</li> <li>- far passare almeno 48 ore tra le prime due esposizioni;</li> <li>- non prendere il sole e non utilizzare l'apparecchio nel medesimo giorno;</li> <li>- seguire le raccomandazioni relative alla durata dell'esposizione, gli intervalli tra un'esposizione e l'altra e le distanze dalla lampada;</li> <li>- consultare il Medico se si sviluppano sulla cute protuberanze persistenti, irritazioni o se compaiono cambiamenti per i nei pigmentati.</li> </ul>	<p>SI <input type="checkbox"/></p> <p>SI <input type="checkbox"/></p> <p>SI <input type="checkbox"/></p> <p>SI <input type="checkbox"/></p> <p>SI <input type="checkbox"/></p> <p>SI <input type="checkbox"/></p> <p>SI <input type="checkbox"/></p> <p>SI <input type="checkbox"/></p> <p>SI <input type="checkbox"/></p> <p>SI <input type="checkbox"/></p> <p>SI <input type="checkbox"/></p> <p>SI <input type="checkbox"/></p>	<p>No <input type="checkbox"/></p> <p>No <input type="checkbox"/></p> <p>No <input type="checkbox"/></p> <p>No <input type="checkbox"/></p> <p>No <input type="checkbox"/></p> <p>No <input type="checkbox"/></p> <p>No <input type="checkbox"/></p> <p>No <input type="checkbox"/></p> <p>No <input type="checkbox"/></p> <p>No <input type="checkbox"/></p>
15	<p>E' presente il documento di valutazione dei rischi, con particolare riferimento ai rischi relativi agli UV?</p> <p>Sono citate le norme tecniche di riferimento nella valutazione dei rischi?</p> <p>Che formazione hanno avuto gli operatori riguardo ai rischi da UV? _____</p> <p>_____</p> <p>La formazione è documentata?</p>	<p>SI <input type="checkbox"/></p> <p>SI <input type="checkbox"/></p> <p>SI <input type="checkbox"/></p> <p>SI <input type="checkbox"/></p>	<p>No <input type="checkbox"/></p> <p>No <input type="checkbox"/></p> <p>No <input type="checkbox"/></p> <p>No <input type="checkbox"/></p>

Note ed Osservazioni \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Milano, data sopralluogo \_\_\_\_\_, data redazione verbale \_\_\_\_\_, data registrazione su DEMO \_\_\_\_\_

Gli Operatori (timbro e firma)

Medico

Tecnico della Prevenzione

Fisico Sanitario

## Allegato 2

**GRIGLIA DI VALUTAZIONE****1. TUTELA DEL CLIENTE**

- Prima di ogni trattamento il cliente è informato sugli effetti attesi/indesiderati nonché sulle controindicazioni?  
SI  NO
- Prima di ogni trattamento con UV A viene acquisito il consenso informato, anche nel caso di minori?  
SI  NO
  - Ogni ciclo di somministrazione di raggi UV A è nominalmente registrato?  
SI  NO

**2. GESTIONE APPARECCHIATURE**

Le apparecchiature UV sono marcate secondo lo schema “Tipo UV da 1 a 4” ?  
SI  NO

- E' presente su ciascuna apparecchiatura la marcatura o una targa adiacente fissata a parete con il seguente testo ?  
“*Attenzione: la radiazione ultravioletta può causare danni agli occhi e alla pelle, quali invecchiamento della pelle e, nel tempo, neoplasia della pelle stessa. Consultare il personale per ulteriori informazioni. Indossare gli occhiali protettivi forniti. Alcuni medicinali e cosmetici possono accrescere la sensibilità.*”. Tale marcatura deve essere sempre visibile.

SI  NO

Per gli apparecchi di tipo 4, è presente una marcatura o una targa adiacente riportante il seguente testo? “*Attenzione: da usare solo seguendo le avvertenze mediche*”. SI  NO

**3. TUTELA DEGLI ADDETTI**

- Sono disponibili occhiali protettivi in numero adeguato alle apparecchiature UV ?  
SI  NO

- Gli occhiali protettivi sono conformi alla norme UNI EN 170:2003 ?  
SI  NO

#### 4. VERIFICA DELLA DOCUMENTAZIONE

E' stato possibile prendere visione della seguente documentazione:

- Programma di manutenzione degli apparecchi? SI   
NO
- Libretti di istruzioni per ogni apparecchio? SI   
NO
- Informativa per gli utenti? SI   
NO
- Copia attestato diploma dell' estetista? SI   
NO

#### 5. BIBLIOGRAFIA

1. D.Lgs.81/08 come modificato dal D.Lgs.106/09: Attuazione dell'art. 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.
2. Regione Lombardia, D.G. Sanità: Prevenzione dei rischi da sorgenti di radiazioni non ionizzanti impiegate in ambito sanitario. Milano, 2005;
3. CEI EN 61228 (34-80): Metodo di misura delle radiazioni UV delle lampade ultraviolette utilizzate per abbronzatura. Fascicolo 9575 (2008).
4. CEI EN 60335-2-27 (61-184): Sicurezza degli apparecchi elettrici di uso domestico e similare. Parte 2: Norme particolari per apparecchi per il trattamento della pelle con raggi ultravioletti e infrarossi per uso domestico e similare. Fascicolo 4427 (2005).
5. IRPA Guidelines: Guidelines on limits of exposure to ultraviolet
6. radiation of wavelenghts between 180 nm and 400 nm (incoherent optical radiation). Health Physics 49, 331-340 (1985).

7. IRPA /INIRC Guidelines: Proposed changes to the IRPS 1985 guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation 56, 971\_972 (1989).
8. ICNIRP Guidelines: Guidelines on limits to exposure to broad – band incoherent optical radiation (0,38 to 3 $\mu$ m). Health Physics 73 (1997)
9. ICNIRP statement: Health issues of ultraviolet tanning appliances used for cosmetic purposes. Health Physics 84,119-127 (2003).
10. <http://www.who.int/uv/intersunprogramme/activities/uvartsunbeds/en/>
11. ASL Milano: Abbronzarsi con la lampada. Volume 1, Numero 1. 25/12/2008.
- 13 ASL Milano: Stili di vita e fattori ambientali di rischio. 18/12/2006.





## **SOLUZIONI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO DA RADIAZIONI OTTICHE ARTIFICIALI**

**Riccardo Borghetto, Maria Diletta Siviero**

Lisa Servizi – Marghera (VE)

### **1 – PREMESSA**

Il presente lavoro ha lo scopo di valutare possibili soluzioni di riduzione del rischio da esposizione a radiazioni ottiche artificiali: si apportano in tale lavoro come esempio l'attività di saldatura ad arco elettrico, l'attività di polimerizzazione delle resine tramite torcia UV .

Come già riportato dalle Linee Guida delle Regioni '*Decreto Legislativo 81/2008, Titolo VIII, Capo I, II, III, IV e Decreto Legislativo 81/2008, Titolo VIII, Capo I, II, III e IV sulla prevenzione e protezione dai rischi dovuti all'esposizione ad agenti fisici nei luoghi di lavoro*' la valutazione ad esposizione a radiazioni ottiche derivanti dal processo di saldatura ad arco potrebbe non richiedere misurazioni e/o calcoli in quanto è noto che per qualunque corrente di saldatura e su qualunque supporto i tempi in cui si raggiunge sovraesposizione è dell'ordine di poche decine di secondi. Lo evidenziano anche precedenti studi di cui a titolo di esempio citiamo il lavoro di G. Mariutti e M. Matzeu " *Measurement of ultraviolet radiation emitted from welding arcs* " – Health Physics vol 54 n.5 1988.

Ciò nonostante non è da sottovalutare l'esposizione a radiazioni UV indiretta, ad esempio postazioni prossime all'attività di saldatura o personale di passaggio, le quali potrebbero essere involontariamente esposte ad alti livelli di radiazioni ottiche.


### **2 – PROCESSI DI SALDATURA**

#### **2.1 – ESEMPI DI MISURAZIONI EFFETTUATE**

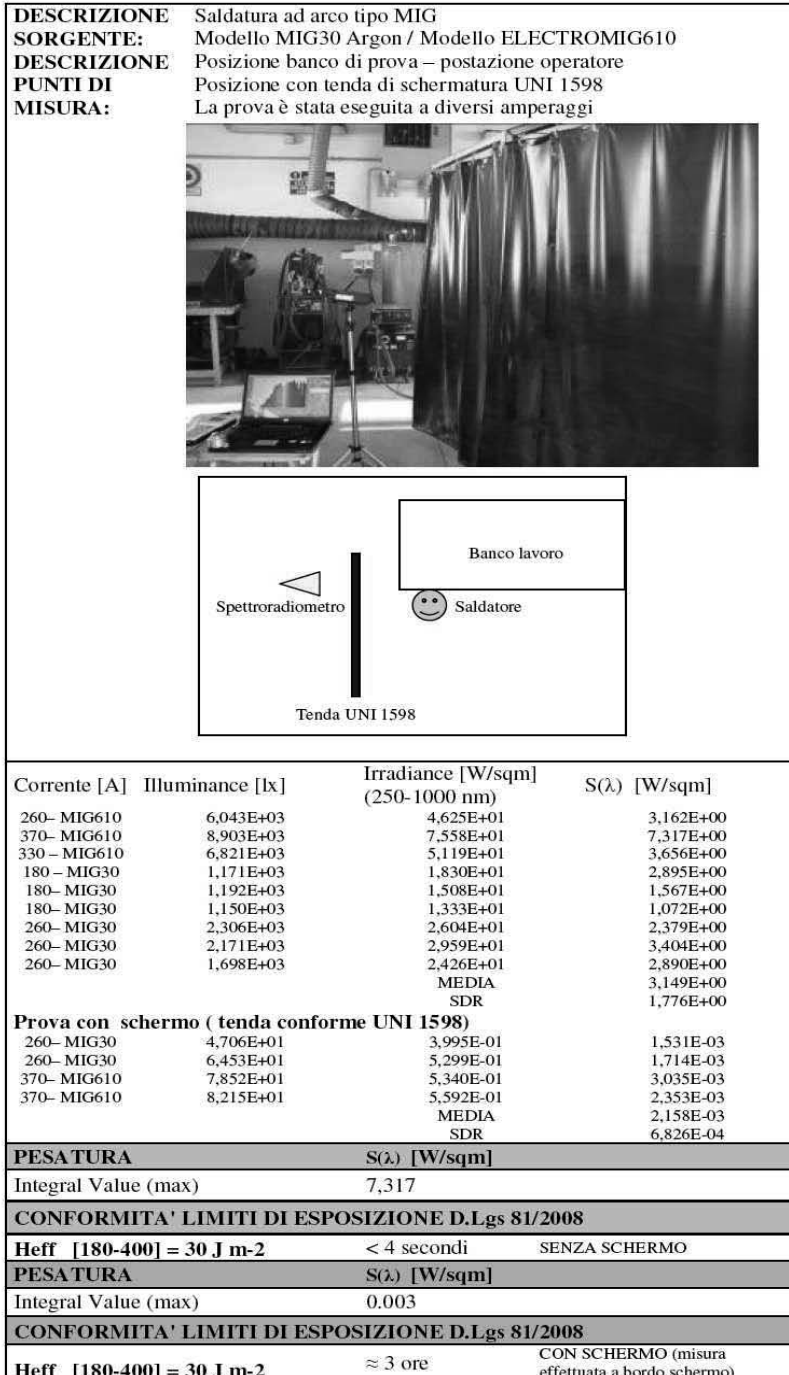
Si riportano di seguito alcuni esempi di campionamento di postazioni di saldatura. Le misure sono state effettuate a diversi amperaggi o cambiando tipo di elettrodo, per posizionare lo strumento di misura si sono scelte diverse postazioni: postazione operatore o misura a distanze maggiore per valutare la possibile esposizione di persone eventualmente di passaggio.

Le misure sono state eseguite sia con spettro radiometro portatile con range di

misura 250-1000 nm, avvolte con misura di controllo con piranometro con range 350 – 2800 nm e sonda per l'irradiazione a UVC con range 220 – 280 nm. (vedi **Figura 1, 2, 4 e 5**)

<b>DESCRIZIONE SORGENTE:</b>	Saldatura ad arco elettrico Elettrodi rivestiti rutilo/basico		
<b>DESCRIZIONE PUNTI DI MISURA:</b>	Posizione banco di prova 30 cm distanza orizzontale altezza 1,60m La prova è stata eseguita con elettrodi diversi e potenze.		
			
Corrente [A]	Illuminance [lx]	Irradiance [W/sqm] (250-1000 nm)	S( $\lambda$ ) [W/sqm]
80	2,867E+03	2,764E+01	1,173E+00
100	4,467E+03	4,067E+01	1,457E+00
120	4,577E+03	4,172E+01	1,499E+00
140	4,573E+03	3,128E+01	1,038E+00
180	1,014E+04	8,303E+01	5,222E+00
		MEDIA	2,078E+00
		SDR	1,768E+00
<b>PESATURA</b>			<b>S(<math>\lambda</math>) [W/sqm]</b>
Integral Value (max)			<b>5,222</b>
<b>CONFORMITA' LIMITI DI ESPOSIZIONE D.Lgs 81/2008</b>			
<b>Heff [180-400] = 30 J m-2</b>			<b>&lt; 6 secondi</b>

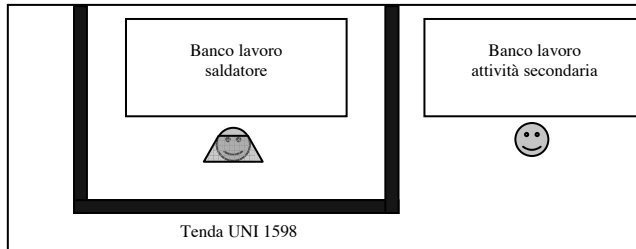
**Figura 1**



**Figura 2**

I tempi di esposizione per non superare il valore limite di esposizione (ex Tabella 1.1 allegato XXXVII) è dell'ordine dei pochi secondi per visione diretta. Con schermo, ponendosi nella posizione più sfavorevole (a bordo schermo), i tempi di esposizione superano le tre ore circa.

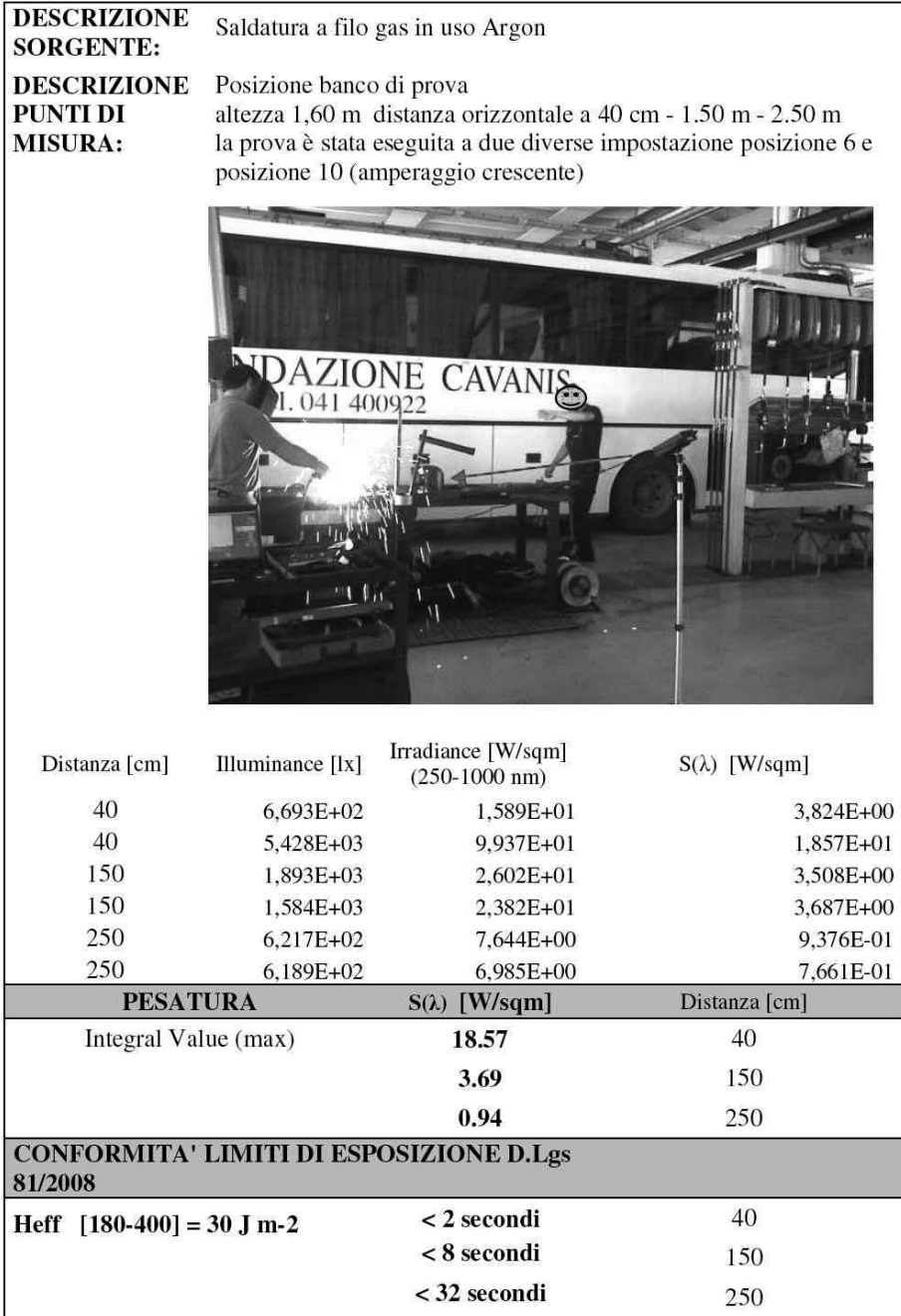
Pertanto se l'attività richiede postazioni di saldatura in prossimità di altre lavorazioni stabili risulta necessario dotare la posizione con schermature più avvolgenti che limitino la fuoriuscita di radiazioni dannose (vedi **Figura 3**).



**Figura 3**

<b>DESCRIZIONE</b>	Saldatura al plasma		
<b>SORGENTE:</b>			
<b>DESCRIZIONE</b>	Posizione banco di prova		
<b>PUNTI DI MISURA:</b>	distanza orizzontale 3,00 m altezza 1,60 m		
Corrente [A]	Illuminance [lx]	Irradiance [W/sqm] (250-1000 nm)	S( $\lambda$ ) [W/sqm]
80	2,390E+03	3,032E+01	8,842E-01
<b>PESATURA</b>	<b>S(<math>\lambda</math>) [W/sqm]</b>		
Integral Value (max)	<b>0.884</b>		
<b>CONFORMITA' LIMITI DI ESPOSIZIONE D.Lgs 81/2008</b>			
<b>Heff [180-400] = 30 J m-2</b>	<b>&lt; 34 secondi</b>		

**Figura 4**



**Figura 5**

Si può notare che per le varie tipologie dei processi di saldatura si ha il superamento dei limiti di esposizione in pochi secondi, limite che può essere superato anche in postazioni diverse da quelle occupate dal saldatore.

## 2.2 – MISURE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE

Appare chiaro che le misure di prevenzione e protezione devono operare su due livelli: il primo livello che va a proteggere l'operatore addetto alla saldatura ed eventuale assistente tramite l'utilizzo di idonei DPI, nel secondo livello dobbiamo salvaguardare anche personale terzo che potrebbe essere indirettamente esposto al processo di saldatura, intervenendo con idonei DPC.

### 2.2.1 – La scelta dei DPI

La scelta di occhiali/visiere o maschere autoscuranti per saldatura deve essere svolta in base alla tipologia di saldatura che si va ad effettuare e ai parametri che la caratterizzano. Le norme di riferimento per la saldatura è la UNI EN 169:2003, UNI EN 175:1999, UNI EN 379:2004 per filtri automatici.

I requisiti del fattore di trasmissione dei filtri utilizzati nella saldatura e tecniche connesse sono riportati nella **Tabella 1** una sua definizione si trova nella norma EN165.

**Tabella 1:** Requisiti del fattore di trasmissione UNI EN 169

N° di scala	Fattore spettrale di trasmissione massimo nel campo dell'ultravioletto $t(\lambda)$		Fattore di trasmissione luminosa $t_v$		Fattore spettrale di trasmissione medio massimo nel campo dell'infrarosso $t_A$
	313 nm %	365 nm %	Massimo %	Minimo %	Da 780 nm a 1 400 nm %
1,2	0,000 3	50	100	74,4	69
1,4	0,000 3	35	74,4	58,1	52
1,7	0,000 3	22	58,1	43,2	40
2	0,000 3	14	43,2	29,1	28
2,5	0,000 3	6,4	29,1	17,8	15
3	0,000 3	2,8	17,8	8,5	12
4	0,000 3	0,95	8,5	3,2	6,4
5	0,000 3	0,30	3,2	1,2	3,2
6	0,000 3	0,10	1,2	0,44	1,7
7	0,000 3	0,050	0,44	0,16	0,81
8	0,000 3	0,025	0,16	0,061	0,43
9	0,000 3	0,012	0,061	0,023	0,20
10	0,000 3	0,006	0,023	0,008 5	0,10
11	0,000 3	0,003 2	0,008 5	0,003 2	0,050
12	0,000 3	0,001 2	0,003 2	0,001 2	0,027
13	0,000 3	0,000 44	0,001 2	0,000 44	0,014
14	0,000 16	0,000 16	0,000 44	0,000 16	0,007
15	0,000 061	0,000 061	0,000 16	0,000 061	0,003
16	0,000 023	0,000 023	0,000 061	0,000 023	0,003

Per la saldatura ad arco elettrico i parametri di ingresso per la scelta dell'idoneo numero di scala delle lenti sono: tipo di supporto e corrente in uso (**Tabella 2**).

I numeri di scala da utilizzare per la saldatura a gas, saldobrasatura e ossitaglio dipendono invece dalla portata in litri/ora del gas in uso (**Tabella 3 e 4**).

**Tabella 2:** Scelta dei vetri inattinici conformi alla norma UNI EN 169

	Correnti in A																								
	1,5	6	10	15	30	40	60	70	100	125	150	175	200	225	250	300	350	400	450	500	600				
Elettrodi rivestiti	8						9				10			11			12			13			14		
MAG	8						9		10			11			12			13			14				
TIG	8			9			10			11			12			13									
MIG metalli pesanti							9			10			11			12			13		14				
MIG leghe leggere										10			11		12		13		14						
Taglio aria arco	10										11		12		13		14		15						
Taglio plasma-jet							9		10		11		12			13									
Sald. ad arco micro plasma	4		5		6		7		8		9		10		11		12								
	1,5	6	10	15	30	40	60	70	100	125	150	175	200	225	250	300	350	400	450	500	600				

**Tabella 3:** Numeri di scala da utilizzare per saldatura a gas e saldobrasatura

	$q \leq 70$	$70 < q \leq 200$	$200 < q \leq 800$	$q > 800$
Saldatura e saldobrasatura	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
q portata di acetilene in litri/ora				

**Tabella 4:** Numeri di scala da utilizzare per l'ossitaglio

	$900 \leq q \leq 2000$	$2000 < q \leq 4000$	$4000 < q \leq 8000$
Ossitaglio	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
q portata di ossigeno in litri/ora			

I requisiti dei filtri automatici per la saldatura vengono descritti dalla norma UNI EN 379:2004, se ne riporta un breve estratto.



**Figura 6:** filtro automatico per saldatura



Un filtro automatico (**Figura 6**) per saldatura ha il vantaggio di commutare automaticamente il proprio numero di scala da un valore più basso (numero di scala allo stato chiaro) a un valore più alto (numero di scala allo stato scuro) quando è innescato l'arco di saldatura.

Il numero di scala allo stato chiaro rappresenta il numero di scala corrispondente al valore massimo del fattore di trasmissione luminosa  $\tau_1$ . Mentre il numero di scala allo stato scuro rappresenta il numero di scala corrispondente al valore del fattore di trasmissione luminosa  $\tau_d$  raggiunto dopo l'accensione dell'arco di saldatura mediante un filtro automatico per saldatura.

Il numero di scala allo stato più scuro rappresenta il numero di scala più alto corrispondente al valore minimo del fattore di trasmissione luminosa  $\tau_2$  di un filtro automatico per saldatura dichiarato dal fabbricante.

Il tempo di commutazione da uno stato all'altro deve rispondere ai requisiti della **Tabella 5**.

**Tabella 5**

Numero di scala allo stato scuro	Numero di scala allo stato chiaro						
	1,7	2	2,5	3	4	5	6
	Tempo di commutazione ms						
7	300	400	500	700	1000	Nessun requisito	Nessun requisito
8	100	150	200	300	500	1000	Nessun requisito
9	40	50	70	100	200	400	700
10	20	20	30	40	70	100	300
11	6	7	10	15	30	50	100
12	2	3	4	5	10	20	40
13	0,8	1	1,5	2	4	7	10
14	0,3	0,4	0,5	0,7	1	3	5
15	0,10	0,15	0,2	0,3	0,5	1	2
16	0,04	0,05	0,07	0,1	0,2	0,4	0,7

Le maschere auto oscuranti permettono al lavoratore di lavorare in più configurazioni di saldatura e permettono al lavoratore di operare a mani libere e con maggior confort, elemento a sfavore è invece il fatto che essendo più complicate nelle impostazioni e nell'uso tendono a essere non utilizzate dall'operatore non adeguatamente formato all'uso.

Durante i sopralluoghi eseguiti le maschere generalmente erano presenti, avvolte disponibili con diversi numeri di scala, in 2 casi su 18 erano disponibili maschere ad oscuramento automatico (vedi **Figura 7**).

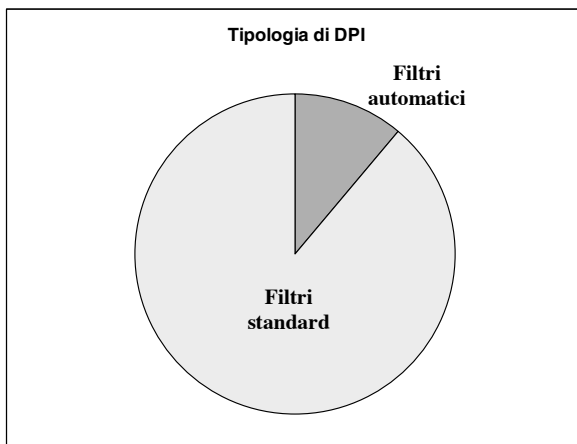
Tuttavia per il 100% dei casi non era stata fatta formazione e addestramento efficaci e l'operatore non sceglieva la protezione adeguata all'attività di saldatura che doveva compiere.

Per quanto riguarda gli indumenti da lavoro spesso viene sottovalutata l'esposizione della pelle agli UV con possibile formazione di eritema, dovrebbero essere evitate mezze maniche, braghe corte o materiali sintetici. I guanti dovrebbero presentare riferimento alle norme EN388 per protezione a rischi meccanici e EN407 per protezione a rischi termici.

Devono essere fornite poi scarpe di sicurezza con puntale protettivo e suola gommata per protezione di tipo elettrico, gambali, mezzi protettivi delle vie

respiratorie (maschera o semimaschera con adeguato filtro), nel caso in cui non sia realizzabile un'adeguata eliminazione dei fumi di saldatura.

Durante i sopralluoghi eseguiti solo in 2 casi su 18 l'operatore utilizzava tutti i dispositivi con caratteristiche corrette.



**Figura 7**

### 2.2.2 – La scelta dei DPC

L'automazione oltre a modificare i principali parametri legati alla qualità ed alla quantità della produzione, permette di raggiungere consistenti progressi anche nel campo dell'igiene e della sicurezza in saldatura limitando l'esposizione degli operatori al rischio.

Per la scelta dei dispositivi di protezione collettiva si sottolinea l'utilizzo di schermi d'intercettazione per la saldatura ad arco conformi alla norma UNI EN1598 che fissa i parametri di trasmissione luminosa, di riflessione, di resistenza al fuoco e di trasparenza.



Gli schermi devono circondare completamente la postazione di lavoro in modo da isolare suddetta attività dalle altre postazione ed impedire la trasmissione di radiazioni ad altri lavoratori.

Nelle 18 realtà valutate solo in 3 casi erano presenti schermi di protezione e di queste solo in 1 caso venivano utilizzati per postazioni robotizzate, pur riscontrando tuttavia anche in tal caso che in alcuni punti gli schermi risultavano sganciati o deteriorati, senza prevedere un piano di controllo e manutenzione adeguato.

Appare evidente che oltre alla presenza di schermature adeguate è essenziale programmare un'adeguata formazione degli operatori e preposti sull'utilizzo corretto e i controlli da eseguire per mantenere l'efficienza di tali mezzi di protezione.

La postazione deve essere segnalata con idonea cartellonistica di pericolo e obbligo di utilizzo dei DPI, con delimitazione dell'area ad accesso limitato. Durante i sopralluoghi effettuati si è riscontrata un'evidente carenza anche in tal senso.

Si riporta in **Figura 8** un esempio di istruzione operativa da affiggere in postazione saldatura o sulla macchina, altri esempi analoghi possono essere reperiti nelle Linee Guida Spisal ULSS n°6 Vicenza sulla Saldatura.

		<b>ISTRUZIONI PER LA SICUREZZA E L'AMBIENTE</b> per l'uso della		<b>Scheda 12</b> <b>Rev. 0 del 12/07/2010</b> Redatta da: <i>R. Borghetto</i>		
		<b><u>SALDATRICE A FILO</u></b>		Approvata da:		
Nome macchina	SALDATRICE MAXI MIG 248					
N° MATRICOLA						
Alimentazione	ELETTRICA, GAS INERTE					
FUNZIONE	SALDATURA A FILO ANIMATO					
DISPOSITIVI DI COMANDO	ACCENSIONE/SPEGNIMENTO, INNESCO DELL'ARCO					
PROTEZIONI PRESENTI	TENDE SCHERMANTI UNI 598 DISPOSTE SECONDO TRACCIATI GIALLI					
PRINCIPALI RISCHI	RADIAZIONI UV, ESPLOSIONE, INCENDIO, USTIONE, FOLGORAZIONE, PROIEZIONI PARTI CALDE, INALAZIONI POLVERI/ FUMI/ GAS, TRASFORMAZIONE DI SOSTANZE CHIMICHE IN ALTRE, RUMORE					
<b>S I C U R E Z Z A</b>	<b>PRESCRIZIONI PER L'USO IN SICUREZZA</b>					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b><u>L'uso dell'attrezzatura in oggetto è riservato al personale autorizzato</u></b></li> <li>• L'esecuzione di lavori non comuni va autorizzata dal responsabile</li> <li>• Raschiare e pulire preventivamente i pezzi da saldare in caso siano verniciati, zincati, piombati, o sporchi di olio o di grasso.</li> <li>• <b>Disporre</b>, intorno alla zona di lavoro, <b>schermi mobili</b> di colore scuro e opaco di intercettazione delle radiazioni UV e delle particelle incandescenti.</li> <li>• Effettuare la regolazione dei parametri elettrici in funzione delle istruzioni ricevute.</li> <li>• Controllare visivamente che l'impianto di aspirazione fumi funzioni.</li> <li>• <b>Verificare</b> che la <b>cappa d' aspirazione</b> possa raggiungere sempre il punto di emissione dei fumi e ne realizzi l'aspirazione.</li> <li>• Indossare i DPI previsti in questa scheda.</li> <li>• I capelli particolarmente lunghi dovranno essere raccolti sotto cuffie o berretti appropriati</li> <li>• <b>Verificare</b> sempre il corretto fissaggio del pezzo ai sistemi di fissaggio esistenti (es. posizionatore, supporti, ecc.)</li> <li>• Per le eventuali operazioni di rimozione scoria devono essere utilizzati <b>gli occhiali di sicurezza</b></li> <li>• <b>Verificare</b> il corretto aggancio e stabilità delle bombole</li> <li>• Saldare all'interno di cavità secondo le procedure e con i DPI previsti</li> <li>• Verificare la connessione di massa</li> <li>• Prima di saldare verificare l'assenza di parti riflettenti e la chiusura del box</li> </ul>					
	<b>A FINE LAVORO</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interrompere l'alimentazione dell'impianto di saldatura.</li> <li>• Interrompere l'alimentazione dei gas tecnici per saldatura.</li> <li>• Lasciare sotto aspirazione i pezzi ancora fumanti.</li> <li>• Prima di maneggiarli controllare che i pezzi saldati e le scorie si siano raffreddati.</li> <li>• Lasciare pulita e in ordine la zona di lavoro.</li> <li>• Riporre i DPI nei posti destinati.</li> </ul>					
	<b>ALTRE AZIONI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Usare l' aspiratore per effettuare pulizie.</li> <li>• L'aspirazione e i DPI vanno utilizzati anche nelle operazioni di puntatura e molatura.</li> <li>• Segnalare all' RSPP o preposto eventuali ustioni o congiuntiviti (potrebbero complicarsi).</li> </ul>					
	<b>DPI</b>	VISIERA DIN 10 configurazione 3 VISIERA DIN 11 configurazione 4 VISIERA DIN 12 configurazione 5 per altre configurazioni consultare l' RSPP per la scelta del vetro oscurante	 CUFFIA MOD. XX SNR 25 ARCHETTI MOD.XX SNR 30 TAPPI MOD.XX SNR 28		TUTA IGNIFUGA O GREMBIULE 	
		ASPIRAZIONE FUMI 	 GUANTI ISOLANTI  		SCARPE ISOLANTI DI SICUREZZA ALTE 	

**Figura 8**

### 3 – LAMPADE UV

La valutazione è stata eseguita su: torcia UV a 400 W utilizzata presso un laboratorio di ricerca per la polimerizzazione di campioni di resine e su lampade UV germicida utilizzate per la sterilizzazione dell'ambulatorio medico (**Figura 9**).

Il primo passo prima di procedere alla valutazione tramite misurazioni è stato quello di reperire i dati tecnici forniti dal costruttore in modo da poter eventualmente 'giustificare' la sorgente o avere dati sufficienti per il calcolo dei limiti di esposizione.

In seguito, scartati entrambi i percorsi, in quanto non è stato possibile reperire dati sufficienti, si è provveduto alla misurazione diretta.

#### 3.1 – MISURAZIONE TORCIA UV

Come postazioni per eseguire la misura si è scelto la posizione visuale operatrice e visione diretta del fascio della lampada.

L'operatore utilizza mediamente la torcia 5 minuti al giorno, per tanto il limite di esposizione in base a tali tempi di esposizione risulta rispettato nella giornata lavorativa tipo, tuttavia non appare corretto considerare tali limiti come linea netta di demarcazione tra livelli di sicurezza e livelli di pericolo, ed essendovi la possibilità di un possibile superamento dei limiti appare evidente che l'attività è migliorabile tramite misure di controllo e misure di contenimento della sorgente.

##### 3.1.1 – Scelta dei DPI

Durante l'utilizzo della lampada l'operatore non era dotato di alcun dispositivo di protezione, devono essere forniti occhiali conformi alla norma UNI EN 170 e indumenti protettivi per la pelle: camice e guanti.

##### 3.1.2 – Scelta dei DPC

Segnalare l'area di lavoro ad accesso limitato (vedi **Figura 10**).



**Figura 10:** segnaletica di sicurezza

La misura migliore è stata il contenimento della sorgente, dal momento che non risulta necessaria la presenza dell'operatore durante la polimerizzazione.

Con un semplice cartone forato e un cavalletto è stato possibile posizionare la sorgente in sommità e il campione da polimerizzare all'interno sopra il cavalletto, in tale modo è stato possibile segregare il fascio luminoso, limitando così l'esposizione (**Figura 11**).

Una misura migliore sarebbe predisporre un box di contenimento con interblocco e sportello in vetro per il monitoraggio del campione.



<b>DESCRIZIONE</b>	Torcia UV 400 W		
<b>SORGENTE:</b>	tensione di funzionamento 220-230V 50 Hz consumo 450 W (2,3 A)		
<b>DESCRIZIONE</b>	1 Punto di vista operatrice, altezza occhi. L' operatrice sostiene la lampada con le mani e proietta il fascio frontalmente		
<b>PUNTI DI MISURA:</b>			
			
2 Frontale operatrice altezza lampada.			
			
Posizione	Illuminance [lx]	Irradiance [W/sqm] (250-1000 nm)	S( $\lambda$ ) [W/sqm]
1	2,380E+03	9,956E+00	0,05
2	2,109E+04	1,217E+02	2,33
<b>PESATURA</b>		S( $\lambda$ ) [W/sqm]	Posizione
Integral Value (max)		0,05	1
		2,33	2
<b>CONFORMITA' LIMITI DI ESPOSIZIONE D.Lgs 81/2008</b>			
Heff [180-400] = 30 J m-2		< 9 minuti	1
		< 13 secondi	2

Figura 9



**Figura 11**

Si deve poi provvedere a predisporre una procedura di lavoro e adeguata formazione degli operatori al corretto utilizzo delle misure di prevenzione e protezione attuate.

### **3.2 – MISURAZIONE LAMPADE GERMICIDA AMBULATORIO**

Come postazioni per eseguire la misura si è scelto la posizione visione diretta del fascio della lampada e posizione paziente letto degenza (vedi **Figura 12 e 13**).

Prima dell'esecuzione delle misure è stata intervistata la infermiera responsabile della sala ed è emerso quanto segue:

- l'operatrice sa che sono lampade ad emissione UV per la sterilizzazione, ma non conosce il pericolo e i danni derivanti da una sovraesposizione;
- non sono disponibili DPI e non è presente nessun tipo di segnaletica di pericolo;
- ha il compito di attivare le lampade alla sera, prima di lasciare l'ambulatorio e solo se non sono presenti pazienti;
- ha il compito di disattivare le lampade all'inizio del turno di lavoro, per farlo deve accedere nella sala, attraversarla e disattivare l'interruttore con chiave;
- la chiave non viene mai tolta dall'interruttore, ma resta sempre inserita, anche quando sono presenti pazienti;
- i pazienti possono essere presenti per brevi degenze giornaliere e possono trovarsi anche senza sorveglianza continua da parte dell'operatrice.

Alla domanda se è mai accaduto che le lampade germicida restassero accese anche durante il turno di lavoro l'operatrice ha risposto che è capitato che iniziasse il turno scordandosi di disattivare le lampade, di cui si ha scarsa percezione soprattutto se in neon dell'illuminazione sono accesi.



<b>DESCRIZIONE SORGENTE:</b>	Lampade germicida UV Dati tecnici non forniti		
<b>DESCRIZIONE PUNTI DI MISURA:</b>	1 Visione diretta della sorgente. Distanza 1.40 m circa		
			
	2 Visione indiretta: posizione testa paziente. Distanza 90 cm circa.		
			
Posizione	Illuminance [lx]	Irradiance [W/sqm] (250-1000 nm)	S( $\lambda$ ) [W/sqm]
1	1,739E+01	2,255E-1	0,06565
2	1,751E+01	1,026E-1	0,01368
<b>PESATURA</b>		S( $\lambda$ ) [W/sqm]	Posizione
Integral Value (max)		0,06565	1
		0,01368	2
<b>CONFORMITA' LIMITI DI ESPOSIZIONE D.Lgs 81/2008</b>			Posizione
<b>Heff [180-400] = 30 J m-2</b>		<b>&lt; 8 minuti</b>	1
		<b>&lt; 37 minuti</b>	2

Figura 12

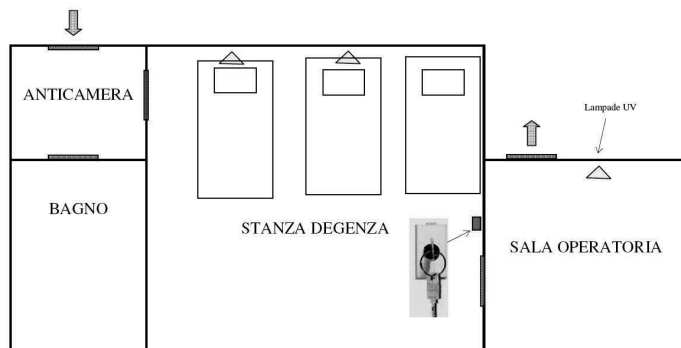


Figura 13: Schema ambulatorio – situazione rilevata.

### 3.2.1 – Scelta dei DPI

Dal momento che le lampade vengono utilizzate solo quando il personale è assente, si ritiene importante lavorare sul controllo e sul sistema di gestione dell'utilizzo delle lampade.

### 3.2.2 – Scelta dei DPC

E' importante intervenire con una 'riprogettazione dell'impianto e della gestione. Si consigliano i seguenti interventi:

- segnalare l'ingresso dell'area di lavoro con segnale di pericolo idoneo(Figura 14);

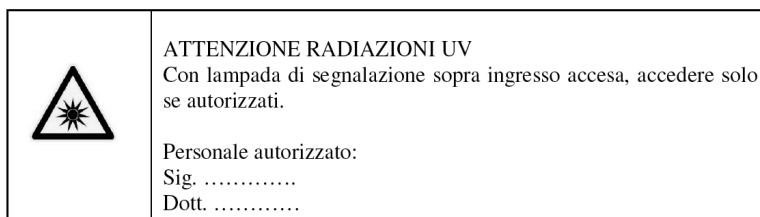


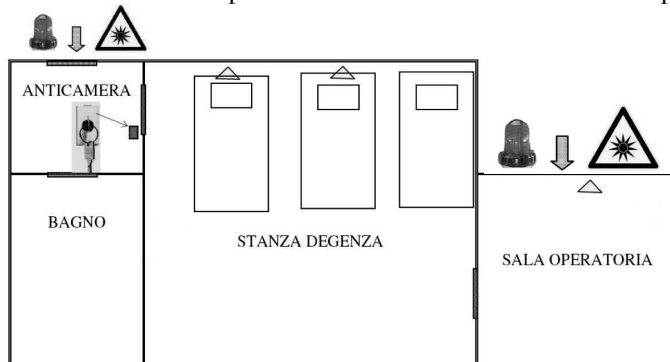
Figura 14

- posizionare all'ingresso dell'ambulatorio lampada di segnalazione che resti accesa durante il funzionamento delle lampade germicida;
- posizionare l'interruttore lampade UV con chiave nell'anticamera (Figura 15);
- nominare e formare le persone autorizzate all'accensione e spegnimento delle lampade a fine e inizio turno, che provvederanno a rimuovere la chiave dall'interruttore a comando eseguito.

Per rendere più sicuro l'accesso e evitare possibili errori umani quale sistema di protezione può essere applicato un sistema ad interblocco delle porte di ingresso: a fine turno l'operatrice incaricata, dopo aver verificato che non siano presenti persone in ambulatorio, attiverà le lampade germicida, posizionando l'interruttore in posizione ON si bloccano le porte di accesso alla sala degenza e alla sala operatoria, a inizio turno, portando la chiave in posizione OFF si sbloccano le porte di ingresso.



Si riporta in **Figura 16** un esempio di procedura da fornire al personale incaricato e da posizionare in anticamera sopra l'interruttore di accensione delle lampade.



**Figura 15:** Schema ambulatorio – post intervento.

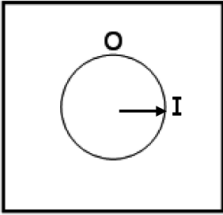
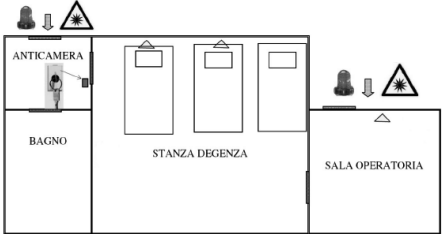
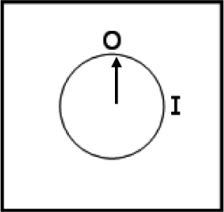
#### 4 – CONCLUSIONI

La percezione del pericolo derivante da esposizione a radiazioni ottiche è ridotta soprattutto per i saldatori occasionali, piuttosto che i professionisti ed è scarsamente considerato il rischio a cui sono esposti indirettamente anche terzi.

Si riportano in **Tabella 6** le situazioni rilevate durante alcuni sopralluoghi effettuati nel corso del 2010 nell'ambito della valutazione del rischio da radiazioni ottiche artificiali. La statistica è basata su 18 campioni: aziende di diversa tipologia e grandezza. Da questa analisi, se pur condotta su di un piccolo campione, appare evidente che i punti di maggior carenza su cui lavorare sono: la formazione sia del lavoratore, sia del preposto che deve effettuare la sorveglianza e la formazione anche degli RSPP e Datori di Lavoro che devono potenziare procedure operative e di controllo per garantire l'efficienza e l'efficacia dei dispositivi di protezione.

**Tabella 6**

%	CONFORME	NON CONFORME/ SUFFICIENTE	NON DISPONIBILE
<b>DPI:</b>			
<b>Maschere/ Occhiali</b>	94	6	
<b>Indumenti da lavoro</b>	11	89	
<b>Guanti conformi</b>	11	89	
<b>FORMAZIONE</b>	6	94	
<b>DPC :</b>			
<b>Schermi UNI 1598</b>		17	83
<b>Procedura</b>		6	89
<b>Segnaletica conforme</b>	17	83	
<b>Manutenzione e controllo programmato DPC</b>			100
<b>Controllo comportamenti</b>			100

Ambulatorio Pag. 2 di 2	SISTEMA GESTIONE SICUREZZA	Doc. n°
<p><b>1 <u>SCOPO</u></b></p>		
<p>Tutela della salute prevenendo i rischi derivanti da esposizione a radiazioni ottiche artificiali.</p>		
<p><b>2 <u>CAMPO DI APPLICAZIONE</u></b></p>		
<p>Attivazione lampade germicida Ambulatorio 1.</p>		
<p><b>3 <u>PERSONALE INCARICATO</u></b></p>		
<p>Capo sala: Sig. Responsabile ambulatorio : Dott.</p>		
<p><b>4 <u>MODALITA' OPERATIVE</u></b></p>		
<p>Il personale incaricato all' attivazione delle lampade germicida Ambulatorio 1 provvederà:</p>		
<p><b><u>A FINE TURNO</u></b></p>		
<p>1 VERIFICARE che non vi siano persone all'interno dell' ambulatorio</p>		
<p>2 Posizionare la chiave di attivazione in posizione I (vd figura): blocco porte con attivazione lampade germicida e lampade rosse segnalazione esterna.</p>		
		
<p><b><u>A INIZIO TURNO</u></b></p>		
<p>1 Posizionare la chiave in posizione di OFF (vd figura): sblocco porte e disattivazione lampade</p>		
<p>2 Togliere la chiave dall' interruttore che verrà conservata dalla Capo Sala o in sua assenza dal responsabile ambulatorio.</p>		
		

**Figura 16**

**5 – BIBLIOGRAFIA**

- UNI EN 169: 2003 Protezione personale degli occhi — Filtri per saldatura e tecniche connesse — Requisiti di trasmissione e utilizzazioni raccomandate.
- UNI EN 170: 2003 Protezione personale degli occhi - Filtri ultravioletti - Requisiti di trasmissione e utilizzazioni raccomandate.
- UNI EN 175: 1999 *Protezione personale degli occhi — Equipaggiamenti di protezione degli occhi e del viso durante la saldatura e i procedimenti connessi.*
- UNI EN 379: 2004 *Protezione personale degli occhi - Filtri automatici per saldatura.*
- UNI EN 1598:2004 *Salute e sicurezza in saldatura e tecniche connesse - Tende, strisce e schermi trasparenti per procedimenti di saldatura ad arco.*
- COORDINAMENTO TECNICO PER LA SICUREZZA NEI LUOGHI DI LAVORO DELLE REGIONI E DELLE PROVINCE AUTONOME “*Decreto Legislativo 81/2008, Titolo VIII, Capo I, II, III ,IV e Decreto Legislativo 81/2008, Titolo VIII, Capo I, II, III e IV sulla prevenzione e protezione dai rischi dovuti all’esposizione ad agenti fisici nei luoghi di lavoro*”.
- ULSS N.6 VICENZA SPISAL “*Linee Guida sulla Saldatura*”.

## MISURAZIONE DELLA RIFLETTANZA DEI MATERIALI: STUDIO NELL'INTERVALLO UVA -VISIBILE-IR

**Andrea Guasti<sup>(1)</sup>, Luca Mercatelli<sup>(2)</sup>, David Fedele<sup>(3)</sup>, Giovanni Romano<sup>(3)</sup>, Franco Fusi<sup>(3)</sup>**

- (1) SOD Fisica Sanitaria - Azienda Ospedaliero Universitaria Careggi – Firenze
- (2) CNR-INOVA - Firenze)
- (3) Sezione di Fisica Medica, Dipartimento di Fisiopatologia Clinica, Università di Firenze

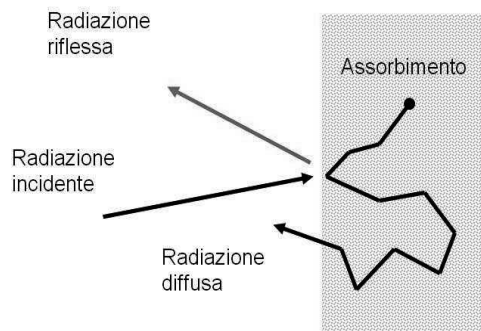
### 1. INTRODUZIONE

L'introduzione nel nuovo Testo Unico sulla sicurezza (D. Lgs. 81/2008) [1] dell'obbligo da parte del datore di lavoro di valutare i rischi per gli agenti fisici, con l'eventuale necessità di adottare provvedimenti tecnici e/o organizzativi, porta ad un'analisi molto dettagliata di tutte le fonti di rischio oculare e della cute presenti nei locali con la presenza di laser e sorgenti non coerenti. In particolare dovranno essere monitorate tutte le superfici riflettenti presenti e valutato il loro grado di riflettanza alle specifiche lunghezze d'onda.

In questo studio sono stati presi in considerazione campioni di materiale di varia natura e provenienza (stoffa, plastica, metalli) , con lo scopo di caratterizzarne la riflettanza nell'intervallo spettrale UVA - visibile – infrarosso. Tali campioni derivano sia da utensili presenti nelle più disparate situazioni lavorative, sia da materiali costituenti suppellettili, abbigliamento o rivestimento di superfici. Particolare attenzione è stata posta nella scelta di materiali che differissero esclusivamente per il tipo di trattamento superficiale (es. superficie metallica lucida o satinata).

### 2. MATERIALI E METODI

Quando la luce incontra una superficie di discontinuità dell'indice di rifrazione possono verificarsi sia la riflessione che la rifrazione dell'onda luminosa stessa. In genere tutti i materiali sono in grado di riflettere specularmente la luce, purché sia possibile "lucidare" la loro superficie, cioè eliminarne tutte le irregolarità che siano confrontabili



con lunghezza d'onda della radiazione incidente. E' infatti la rugosità della superficie responsabile principale della retrodiffusione. In realtà solo i metalli possono riflettere con efficienza una parte sostanziale della luce che li colpisce: nei normali specchi il materiale riflettente, infatti, è alluminio o argento. Tutti gli altri materiali comuni, anche se "lucidati a specchio", riflettono solo piccole frazioni di luce, che dipendono dall'angolo di incidenza della luce, ma che in genere non superano il 5-10%. Ciò non è dovuto, come talvolta si dice, al fatto che la superficie non è perfetta. In realtà la luce che ci ritorna dall'oggetto non viene solo dalla sua superficie, ma anche dai primi strati al di sotto della superficie, ovvero da riflessioni della luce rifratta. In questo modo si comprende come la luce diffusa contenga informazioni sulla struttura degli strati superficiali dei materiali.

In questo lavoro vengono misurati gli spettri di riflettanza dei campioni, ed in particolare: (i) riflettanza totale e speculare ( $45^\circ$ ) nell'intervallo 250-2500 nm; (ii) riflettanza a piccolo angolo ( $<10^\circ$ ) nell'intervallo 1280-25000 nm.

## 2.1 STRUMENTAZIONE

Per le misure su campioni di piccole dimensioni è stato utilizzato uno spettrofotometro Lambda900 (Perkin Elmer) [Figura 1], dotato di sfera integratrice da 150 mm con rivestimento interno in Spectralon® (LabSphere, USA)

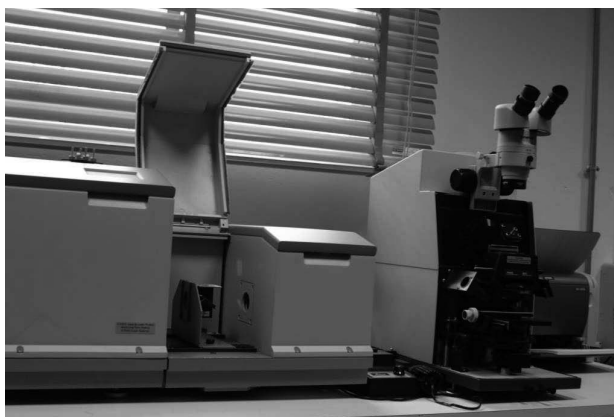
Il Lambda900 è uno spettrometro a scansione a doppio fascio che possiede un doppio reticolo per l'abbattimento della straylight ed è in grado di operare nell'intervallo di lunghezze d'onda comprese fra  $0.20\mu\text{m}$  e  $2.5\mu\text{m}$ , ovvero dall'ultravioletto (UV) fino al vicino infrarosso (NIR) attraverso lo spettro del visibile (VIS - tra  $0.38\mu\text{m}$  e  $0.75\mu\text{m}$ ). La configurazione utilizzata per le misurazioni è stata quella per la rilevazione della riflettanza emisferica totale (o riflettanza totale), della riflettanza diffusa e della trasmittanza totale la quale prevedeva l'impiego di una sfera integratrice.



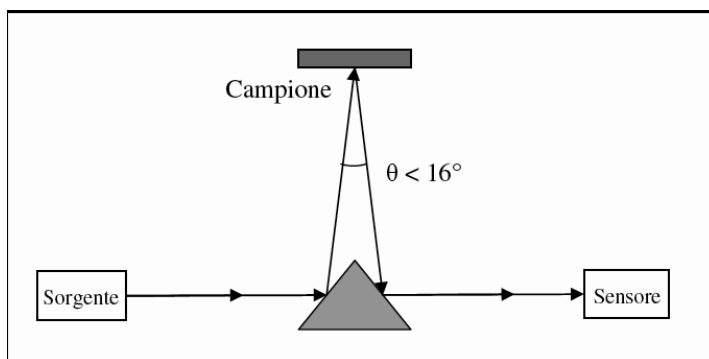
**Figura 1:** Spettrofotometro Lambda 900

Per le misure a piccolo angolo si è considerato uno spettrometro a trasformata di Fourier Spectrum 100 FTIR (Perkin Elmer) [Figura 2],. In ogni caso , la risoluzione spettrale impostata è di 1nm.

Si tratta di uno spettrometro a trasformata di Fourier [Figura 3], che opera nell'intervallo di lunghezze d'onda comprese fra 1.3 $\mu$ m e 27 $\mu$ m.



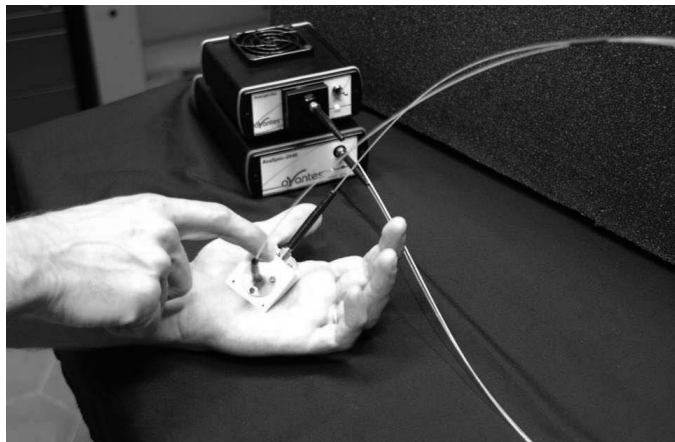
**Figura 2:** Spettrometro a trasformata di Fourier Spectrum 100 FTIR (Perkin Elmer).



**Figura 3:** Schema a blocchi dello spettrometro a trasformata di Fourier Spectrum 100 FTIR per misure in riflettanza.

Per le misure di riflettanza totale e speculare su materiali non riducibili in piccole dimensioni (per esempio l'intonaco dei muri) è stato utilizzato uno spettrometro portatile munito di fibra ottica: l'AvaSpec 2048 standard Fiber Optic Spectrometer della ditta Avantes (USA) [Figura 4].

Lo spettrometro AvaSpec ha un range di misura da 200nm a 1100nm, con luce diffusa massima dello 0,1%. Il suo convertitore A/D è a 14bit e 1,3MHz. Il sensore è un'array lineare CCD di 2048 pixels con un rapporto segnale rumore di 200:1, Il tempo di integrazione puo' essere variato da 2ms a 60 sec. Per le misure di riflettanza, lo spettrometro è accoppiato a varie sorgenti luminose: nel Visibile-IR con un'illuminatore a fibre ottiche con lampada alogena AvaLight-HAL (Avantes) o per UV A con illuminatore con lampada al deuterio AvaLight-DHc (Avantes).



**Figura 4:** Spettrometro portatile munito di fibra ottica: AvaSpec 2048 standard Fiber Optic Spectrometer della ditta Avantes (USA) per misure spettrali della pelle umana o di materiali vari nell'intervallo 200-1100nm.

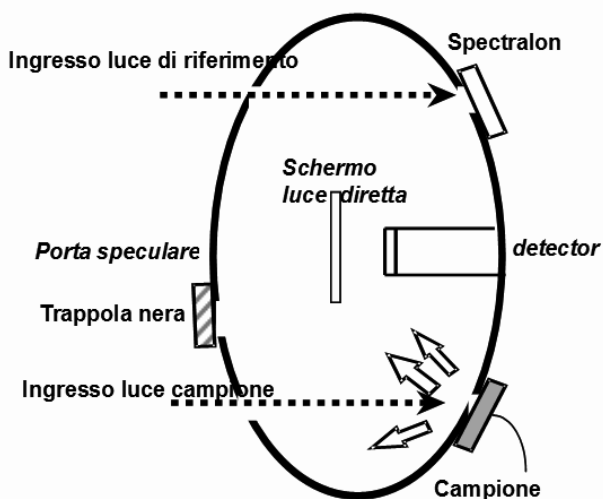
Le fibre ottiche di illuminazione e quella di rivelazione sono accoppiate in una minisemisfera integratrice. Le due fibre sono a 90° l'una da l'altra e formano un angolo di 45° con il piano della semisfera. Le riflettanze diffuse e speculari sono tarate su campioni standard LabSphere (USA)

Una sfera integratrice è sostanzialmente una cavità sferica con parete bianca diffondente. Nel caso ideale la parete bianca diffonde totalmente la luce senza assorbirla. Nella parete sferica sono però presenti la zona ("porta di entrata") di ingresso della luce, una zona ("porta campione") dove inserire il campione del quale misurare la riflessione

ed una zona dove inserire un'eventuale trappola nera che sia geometricamente

posizionata per raccogliere la luce che venga riflessa in modo speculare dal campione ("porta di riflettanza speculare").

In una zona della parete è inoltre presente un foro nel quale è inserito il detector. La luce così viene riflessa più volte dalla parete sino a quando non venga assorbita da una delle porte.



Se copriamo ogni porta (tranne quella del detector) con una lamina bianca dello stesso materiale del rivestimento della sfera, possiamo misurare il valore di riflettanza 100%. Inserendo il campione nella porta campione avremo il valore della riflettanza totale, somma di quella speculare + quella diffusa. Per conoscere la quota parete riferibile a riflettanza speculare è necessario inserire nella porta speculare una trappola nera. Il valore misurato della riflettanza è ora della sola diffusa. La riflettanza speculare la si otterrà per differenza.

## 2.2 METODOLOGIA

La componente del fascio incidente che non penetra nel materiale è parzialmente riflessa secondo le leggi della riflessione speculare e parzialmente riflessa in tutte le direzioni (riflessione diffusa) [2]. La prevalenza di uno dei due fenomeni dipende dalle caratteristiche di emissione (lunghezza d'onda) e dalle proprietà della superficie (tipo di materiale e grado di ruvidezza).

La somma della riflessione speculare (nel nostro caso con un angolo d'incidenza di 45°;  $R_s=R_{45}$ ) e diffusa ( $R_d$ ) viene definita come riflessione totale ( $R_{tot}$ ):

$$R_{tot}(\lambda) = R_{45}(\lambda) + R_d(\lambda) \quad (1)$$

Nell'equazione (1) tutte le quantità dipendono dalla lunghezza d'onda  $\lambda$ .

Al fine di rapportare le misure di riflettanza con un singolo parametro che descriva le più importanti proprietà del campione, sono state utilizzate le seguenti procedure.

In generale (vedi l'equazione 1), la misura di  $R_{tot}$  non consente una discriminazione tra  $R_s$  e  $R_d$ . Inoltre, l'intensità della luce riflessa non è ugualmente distribuita nello spazio: differenti direzioni sono caratterizzate da una differente intensità di luce riflessa. Questo è il motivo per cui sono state eseguite ed utilizzate misurazioni separate di  $R_{45}$  ed  $R_d$  per definire un singolo parametro ( $L_{mb}$ ), che descriva come una certa superficie sia prevalentemente speculare ( $R_{tot} \sim R_{45}$ ) o, viceversa, diffusiva ( $R_{tot} \sim R_d$ ):

$$L_{mb}(\lambda) = 100 * [R_{45}(\lambda) / R_{tot}(\lambda)] \quad (2)$$

Poiché  $L_{mb}$  dipende dalla lunghezza d'onda, si può consigliare di fare la media su un intervallo come ad esempio il visibile o l'UVA; alternativamente è possibile calcolare  $L_{mb}$  per una specifica lunghezza d'onda dipendente dal laser di interesse.

Se una superficie è perfettamente speculare, allora  $L_{mb} = 100$  poichè  $R_{45} = R_{tot}$ . Nel caso di una superficie perfettamente diffondente,  $R_{45}$  sarà solo una minima parte di  $R_{tot}$ . L'esatta misurazione è stata eseguita con lo Spectralon® (LabSphere), ritenuto un materiale perfettamente diffondente, il cui comportamento ottico è chiamato "Lambertiano" [3]; ciò sta a indicare che lo Spectralon® diffonde la luce in modo omogeneo in tutte le direzioni.

In aggiunta alle tecniche sopra citate, sono state eseguite misure spettrali della pelle umana con uno spettrometro portatile [Figura 4], opportunamente disegnato e costruito per essere facilmente maneggiato per esempio in un laboratorio medico o di ricerca.



### 3. RISULTATI

I risultati ottenuti sono proposti nella forma di spettri di riflettanza [Figura 2], la cui riproducibilità è stimata essere entro il 5% sull'intero intervallo spettrale preso in esame su differenti materiali per composizione e caratteristiche delle superfici. Nella Figura 5 è mostrato lo spettro della riflessione speculare per la pelle umana.

I valori medi di  $L_{mb}$  sono stati calcolati applicando l'equazione (2). Nella Tabella 1, sono indicati i valori medi di  $L_{mb}$  sull'intervallo 400-1100 nm per i diversi campioni presi in considerazione. E' possibile ricavare dai valori della riflettanza spettrale alle varie lunghezze d'onda il parametro  $L_{mb}$  per caratterizzare il comportamento del materiale per uno dato laser o una sorgente incoerente emittente in una specifica banda.

**Tabella 1:** Valori medi di  $L_{mb}$  nell'intervallo 400-1100nm

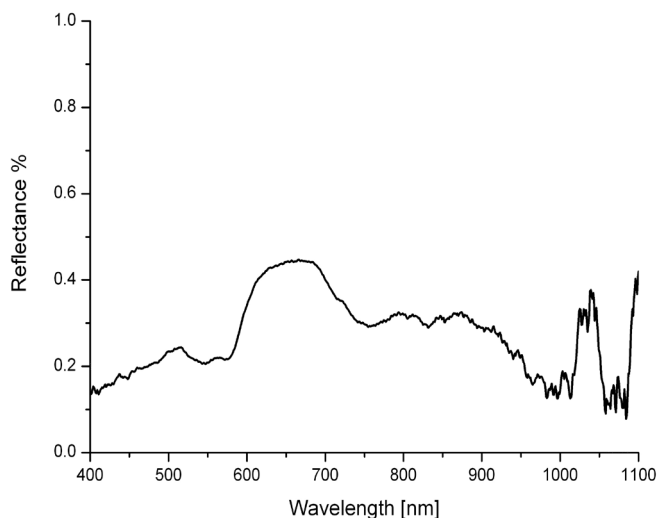
Campione	$L_{mb}$ [1-100]
Intonaco calce	0.9
Ottone	22.0
Linoleum	2.6
Acciaio Inox lucido	65
Acciaio Inox satinato	50
Alluminio lucido	55
Alluminio satinato	4.7
Plexiglass	65
Teflon	2.2
Cotone	0.9
Cotone verde	1.3
Carta	1.0

Gli spettri di riflessione mostrano una grande variabilità: le caratteristiche della superficie (il materiale di composizione, il trattamento della superficie) giocano un ruolo importante [Figura 6]. Deve essere considerata attentamente anche la dipendenza dalla lunghezza d'onda: le proprietà di riflessione nell'intervallo UVA o IR non possono essere sempre dedotte dalle proprietà nel visibile, come si può osservare nella Figura 6.

Materiali lucidi, come previsto, mostrano una riflessione speculare molto più alta rispetto a quelli satinati; si possono notare differenze significative, per un dato campione, tra il vicino a IR e il medio IR (fino a  $\lambda=25000\text{nm}$ ). In particolare, i metalli satinati mostrano una riflessione a piccoli angoli che è più grande del 30% nell'intervallo di 10000-25000nm, che include l'emissione del laser a  $\text{CO}_2$ . Gli stessi campioni arrivano fino al 10% di riflessione speculare nelle lunghezze d'onda del visibile, valore che in molti casi non può essere trascurato nella gestione dei rischi.

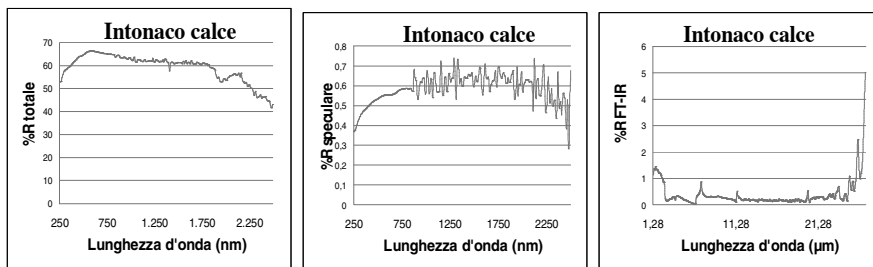
Nei casi di campioni di tessuto (che includono per esempio rivestimenti bianchi o verdi), la riflessione speculare è molto bassa (<1%) in tutto l'intervallo UVA-Visibile-IR: il loro comportamento è diffusivo, come si può notare dai valori  $L_{mb}$ . I metalli mostrano un comportamento opposto, poiché sono per lo più buoni riflettori speculari, anche se l'alluminio è più diffusivo dell'acciaio. Il Plexiglass ha in

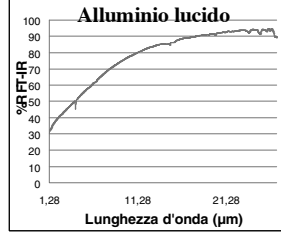
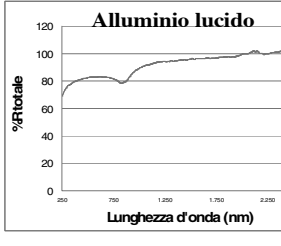
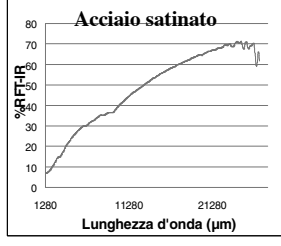
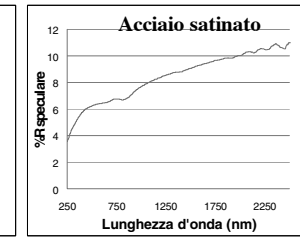
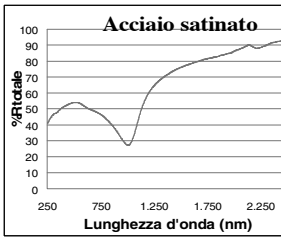
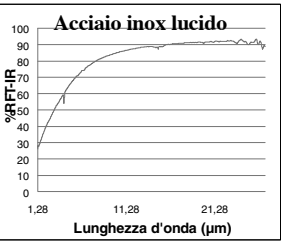
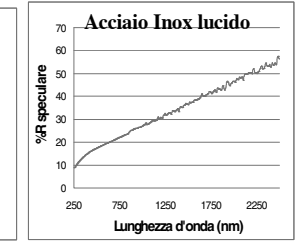
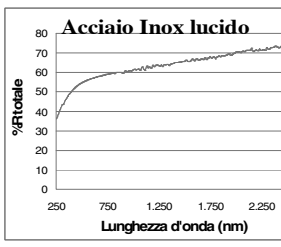
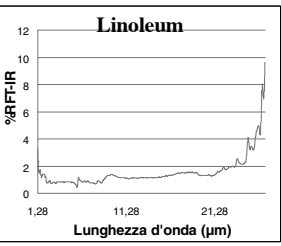
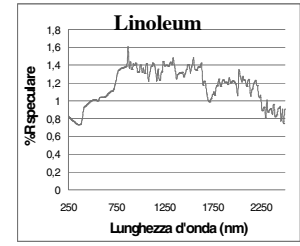
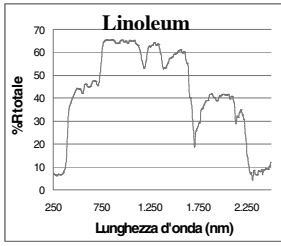
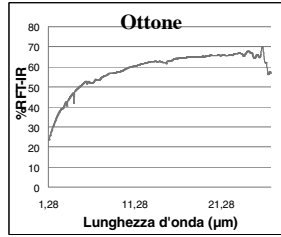
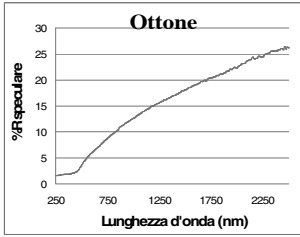
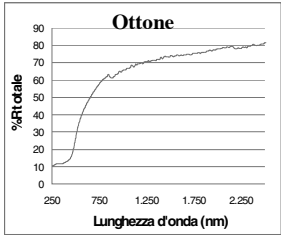
prevalenza un comportamento speculare anche se la riflessione totale è sempre inferiore al 10%. I risultati per lo spettro di riflessione speculare ( $R_{45}$ ) della pelle [Figura 5] indicano che solo una piccola frazione (<1%) di luce incidente è riflessa specularmente. Questo sta a indicare che la quasi totalità della luce incidente viene o assorbita o riflessa diffusamente nell'ambiente [4,5]. Il valore di  $L_{mb}$  ottenuto nel caso dello Spectralon® è pari a circa 1. Questo dimostra che il valore di  $L_{mb}$  per un dato

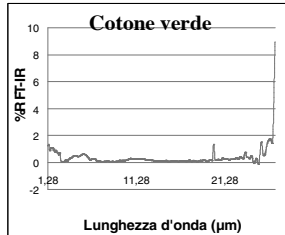
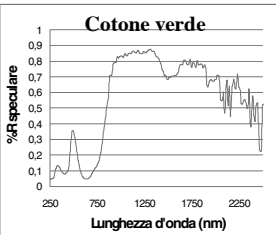
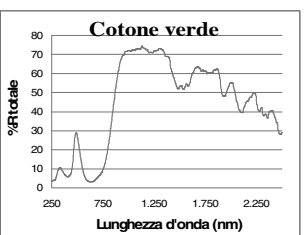
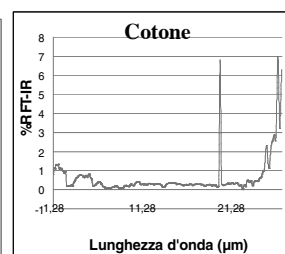
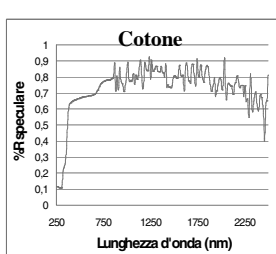
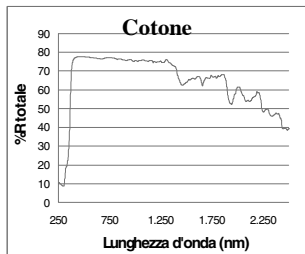
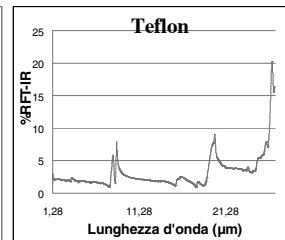
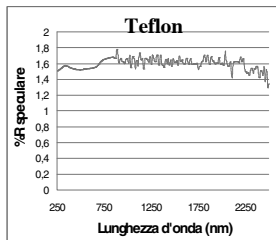
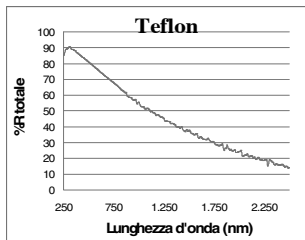
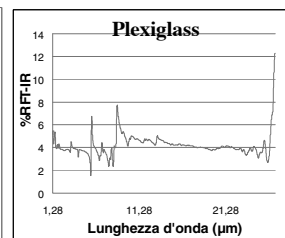
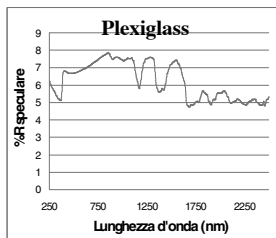
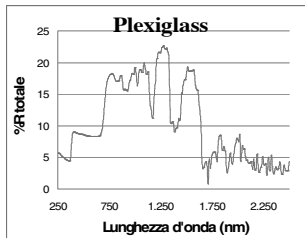
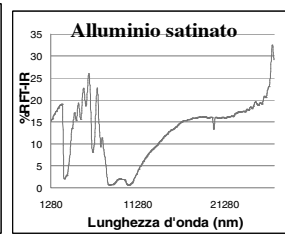
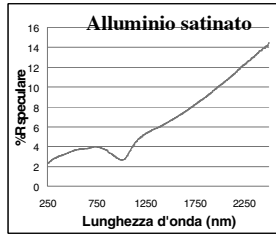
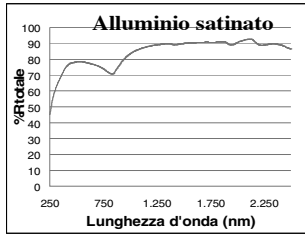


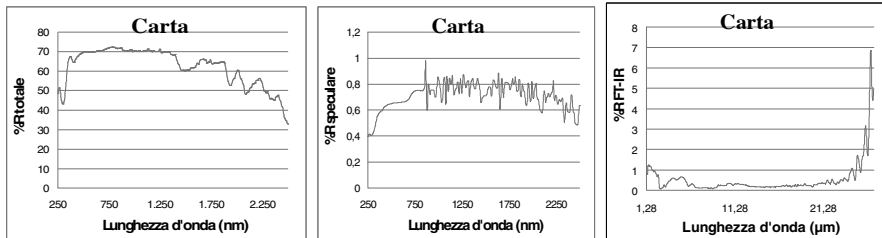
**Figura 5:** Spettro di riflettanza speculare ( $45^\circ$ ) della pelle (avambraccio, tipo Caucasic). Intervallo spettrale: 400-1100 nm.

materiale è compreso tra 1 e 100: più  $L_{mb}$  è vicino a 1, più il campione è diffusivo, mentre per un comportamento speculare  $L_{mb}$  è vicino a 100. I risultati mostrati nella **Tabella 1** rispecchiano i risultati in **Figura 6**: il plexiglass è il materiale per più speculare ( $L_{mb} = 65$ ), mentre per i campioni di stoffa  $L_{mb} = 1 \div 2$  indica un comportamento altamente diffusivo.

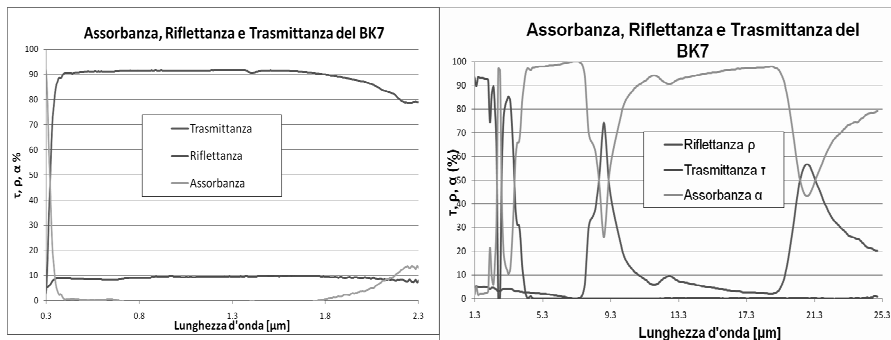








**Figura 6:** Spettri di riflettanza speculare ( $R_s$ ) e totale ( $R_{tot}$ ). Intervallo spettrale: 250-2500 nm. Spettri di riflettanza a piccolo angolo ( $<10^\circ$ ) per diversi materiali nell'intervallo spettrale: 1280-25000 nm.



**Figura 7:** Diagramma delle proprietà ottiche di un campione di vetro borosilicato BK7 della Schott (da Chiani G., Mercatelli L et al. *Mic Max X- Napoli 2008*)

I valori di  $L_{mb}$  per i metalli indicano che l'alluminio è più diffusivo dell'acciaio, sia nella forma lucida che in quella satinata. Da notare che il parametro  $L_{mb}$  non è riferito alle proprietà diffuse o speculari assolute del campione, essendo proporzionale al rapporto tra  $R_{45}$  e  $R_{tot}$ . L'estrema variabilità dei valori della riflettanza  $R_{45}$  e  $R_{tot}$  al variare di  $\lambda$  sia nel visibile che nell'IR di alcuni materiali necessita di una attenta valutazione del valore di  $L_{mb}$  in corrispondenza delle lunghezze d'onda o della banda di emissione delle sorgenti, al fine di valutare correttamente la presenza di un rischio oculare.

Infine, vogliamo presentare per completezza anche le proprietà ottiche di un materiale altamente trasparente quale il vetro. Si è preso in esame il vetro crown BK7 che è il materiale con il quale vengo costruiti gli apparati ottici standard. Le lenti, le lamine, i prismi utilizzati in oculistica sono di BK7 come pure gli obiettivi delle macchine fotografiche o dei microscopi. Questo vetro ha caratteristiche ottiche di maggior trasparenza sia nel visibile che nell'infrarosso dei comuni vetri "verdi" da finestra. In **Figura 7**, si nota come la riflettanza si attesi su valori inferiori al 10% su tutto il range visibile, ma siano presenti due bande di alta riflettività nell'IR tra 7,5  $\mu\text{m}$  e 11  $\mu\text{m}$  e tra 19  $\mu\text{m}$  e 25  $\mu\text{m}$ .

#### 4. CONCLUSIONI

Le proprietà di riflessione dei materiali sono di grande interesse per la gestione del rischio quando vengono utilizzate le sorgenti laser e incoerenti nelle varie applicazioni. Quando una sorgente laser colpisce una superficie, produce riflessioni sia speculari che diffuse, le quali possono causare effetti dannosi principalmente agli occhi e alla pelle se vengono superati i valori limite di esposizione. La conoscenza delle modalità di lavoro, dei tempi di esposizione, delle distanze di utilizzo, dei layout dove sono installate le sorgenti, delle specifiche di riflettanza dei materiali e delle caratteristiche delle sorgenti permettono di valutare il tempo massimo di permanenza in un ambiente ove sia possibile una esposizione senza subire danni alla salute.

Dalla conoscenza dei dati dei produttori delle sorgenti o da dati di tipo strumentale, bibliografico o di calcolo possiamo confrontare i valori limite previsti nell'Allegato XXXVII del DLgs.81/2008 per verificare il possibile superamento o meno di tali valori.

Di conseguenza uno dei parametri che dobbiamo conoscere per avere una corretta valutazione del rischio senza creare inutili allarmismi o viceversa sottovalutarlo è quello della riflettanza dei vari materiali alle varie lunghezze d'onda (stoffe, plastica, metalli) presenti negli ambienti di lavoro. Per gli stessi motivi deve essere nota anche la riflessione della cute al fine di valutare i rischi in ambito sanitario, dove i pazienti vengono investiti per diagnostica, per terapia o semplicemente per l'illuminazione dell'area operatoria (es: lampade scialitiche) da fasci laser o da sorgenti incoerenti.

Dai risultati ottenuti è emerso che le proprietà della riflessione nell'intervallo non-visibile possono differire moltissimo da quelle nell'intervallo visibile, in quanto dipendono fortemente dalle proprietà delle specifiche superfici (tipo di materiale, ruvidezza di superficie)

Un unico parametro ( $L_{mb}$ ) è stato definito per determinare, in modo semplice e pratico, se il comportamento di una certa superficie sia principalmente diffusivo o speculare. La valutazione del rischio oculare per la riflessione di un materiale investito da una specifica radiazione ottica coerente o non coerente deve essere fatta valutando in prima analisi il valore di  $L_{mb}$ .

Se questo è vicino a 1 (comportamento diffusivo), devo analizzare il valore assoluto della riflettanza che vale per qualsiasi angolo di riflessione e sulla base del valore di soglia per il rischio oculare verificare se questo viene superato per quella modalità di emissione della sorgente. Nel caso di una di riflessione speculare ( $L_{mb}$  molto vicino a 100) la valutazione deve essere fatta esclusivamente per quella specifica modalità di riflessione, dal momento che in caso di non superamento della soglia di rischio per la componente speculare, la componente diffusa non rappresenta nessun problema. Partendo dai risultati presentati è iniziata nel nostro laboratorio la creazione di un database sulle proprietà di riflessione dei diversi materiali con oltre 150 campioni di varia natura, in cui è possibile valutare la riflettività alle varie lunghezze d'onda e il parametro  $L_{mb}$ .

**5. BIBLIOGRAFIA**

- [1] D.Lgs. 81/2008
- [2] Misurare il colore, ed. da C. Oleari, Hoepli, 2002
- [3] Colorimetry, Wyszecki & Stiles, Wiley Classic Library, 2000
- [4] Vo-Dinh T., Biomedical Photonics Handbook. CRC Press Editions, Boca Raton, Florida, 2003.
- [5] Rox Anderson R. and Parrish J.A. The Optics of The Human Skin, J. Invest. Dermatol., 1981, 77: pag.13-19.

## **RADIAZIONI OTTICHE ARTIFICIALI: SORVEGLIANZA SANITARIA E RUOLO DEL MEDICO COMPETENTE**

**Paolo Paraluppi<sup>(1)</sup>, Giuseppe Taino<sup>(2)</sup>, Bruno Piccoli<sup>(3)</sup>**

<sup>(1)</sup> ASL Pavia - UOC PSAL

<sup>(2)</sup> IRCCS Fondazione S. Maugeri, Pavia

<sup>(3)</sup> Istituto di Medicina del Lavoro – UCSC, Roma

### **1. INTRODUZIONE**

Con l'entrata in vigore delle disposizioni di cui al Capo V del Titolo VIII del D.Lgs. 81/08 viene ad essere garantita dal legislatore la piena tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori esposti a radiazioni ottiche artificiali (ROA).

Con l'abrogazione del D.P.R. 303/56, determinata dall'entrata in vigore del D.Lgs. 81/08, a partire dal 15 maggio 2008 si era venuta a creare la paradossale situazione per la quale non vi era più l'obbligo legislativo specifico di sorveglianza sanitaria per i lavoratori addetti alle applicazioni industriali dei raggi ultravioletti e infrarossi ed alla saldatura ad arco, di cui alla voce 46 della tabella allegata all'art. 33 del D.P.R. in questione.

Dal 26 aprile 2010, invece, la sorveglianza sanitaria degli esposti a ROA deve essere effettuata secondo le disposizioni di cui agli artt. 41, 185 e 218 del D.Lgs. 81/08 per tutti i lavoratori di cui al campo di applicazione oggettivo e soggettivo del medesimo decreto legislativo.

Verranno di seguito illustrate nel dettaglio le principali funzioni del medico competente in relazione allo svolgimento dei necessari accertamenti sanitari specialistici, avendo cura di fare riferimento anche alla collaborazione che il sanitario in questione deve prestare al datore di lavoro nella valutazione dei rischi specifici.

### **2. OBBLIGATORIETÀ EX LEGE DELLA SORVEGLIANZA SANITARIA**

Vi è da dire che, come del resto in altre occasioni, quali ad esempio per gli agenti cancerogeni e gli agenti biologici, il legislatore rimanda genericamente l'obbligatorietà della sorveglianza sanitaria degli esposti a radiazioni ottiche artificiali ai risultati della valutazione dei rischi.

Tale scelta per molti esperti del settore rappresenterebbe la migliore soluzione possibile, tant'è che addirittura nell'atto del governo sottoposto a parere parlamentare n. 79 del Senato XVI legislatura (cosiddetto schema di decreto di modifica del D.Lgs. 81/08) si proponeva l'aggiunta all'art. 41 comma 1 di una lettera b-bis che recitava *“in ogni caso ne venga individuata la necessità all'esito*



*della valutazione dei rischi*"; tale modifica legislativa non risulta però essere stata recepita nel D.Lgs. 106/09.

A parere invece di chi scrive, in considerazione di quanto dettato dalle disposizioni di cui all'art. 5 della L. 300/70, l'obbligatorietà della sorveglianza sanitaria dovrebbe, qualora possibile, essere sempre vincolata a livelli ben specificati di esposizione ai vari fattori di rischio ed instaurata alle medesime condizioni e senza opinabili o discutibili interpretazioni al merito.

Proprio per il motivo di cui sopra, i componenti del gruppo di lavoro agenti fisici del Coordinamento Tecnico Interregionale della Prevenzione nei luoghi di Lavoro hanno cercato di suggerire nelle "Indicazioni operative sulla prevenzione e protezione dai rischi dovuti all'esposizione a radiazioni ottiche artificiali nei luoghi di lavoro" [1] dei ragionevoli livelli di esposizione da cui far partire la sorveglianza sanitaria. Ecco che allora al merito in tale documento viene detto che in ogni caso deve essere previsto un tempestivo controllo del medico competente ove si fosse riscontrata una effettiva esposizione superiore ai valori limite; in considerazione inoltre del fatto che la sorveglianza sanitaria di cui all'art. 218 del DLgs. 81/08 è effettuata con lo scopo di prevenire tutti gli effetti dannosi derivanti dall'esposizione, appare logico attivare gli accertamenti sanitari preventivi e periodici certamente per quei lavoratori che, sulla base dei risultati della valutazione del rischio, debbano indossare dispositivi di protezione individuali (DPI) per gli occhi o indumenti o guanti di protezione per la pelle in quanto altrimenti potrebbero risultare esposti a livelli superiori ai valori limite di legge, nonostante siano state adottate tutte le necessarie misure tecniche di prevenzione, mezzi di protezione collettiva nonché misure, metodi o procedimenti di riorganizzazione del lavoro. Con specifico riferimento alla radiazione ultravioletta e alla luce blu, possono essere messi in atto interventi mirati di sorveglianza sanitaria finalizzata alla prevenzione dei danni a lungo termine quando le esposizioni, anche se inferiori ai valori limite, si possono protrarre nel tempo (mesi, anni).

Per quanto riguarda infine i soggetti particolarmente sensibili, che potrebbero essere esposti ad un rischio significativo anche a valori inferiori ai limiti di legge, saranno individuate dal medico competente la periodicità dei controlli sanitari e le misure protettive specifiche da mettere in atto in relazione alla tipologia ed entità dell'esposizione ed alle condizioni di suscettibilità individuale emerse dal controllo sanitario.

### **3. VALUTAZIONE DEL RISCHIO E MEDICO COMPETENTE**

Sebbene pareri contrari sono emersi in dottrina in merito al motivo per cui il medico competente che non collabora alla valutazione del rischio risulta attualmente passibile di apposita sanzione penale, vi è da dire che mai come nel caso delle radiazioni ottiche artificiali il supporto specialistico del sanitario in questione sia da ritenersi fondamentale e pertanto irrinunciabile.

Plurime infatti sono le disposizioni di cui al Capo V del Titolo VIII del D.Lgs. 81/08 dalle quali si evince chiaramente che le informazioni raccolte durante gli specifici accertamenti sanitari e quelle desunte dalla più aggiornata e validata letteratura

medico scientifica risultano di fondamentale importanza al fine di tutelare la salute e la sicurezza dei lavoratori esposti a radiazioni ottiche artificiali.

Fondamentale ad esempio deve ritenersi l'apporto del medico competente riguardo alla valutazione di qualsiasi effetto sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori appartenenti a gruppi particolarmente sensibili al rischio. A tal fine, basti ricordare infatti l'elenco, da ritenersi non esaustivo, di soggetti particolarmente sensibili che il Coordinamento Tecnico Interregionale ha fornito nelle proprie linee interpretative sulle disposizioni di cui al Capo V del Titolo VIII del D.Lgs. 81/08. Ed ancora, in riferimento alla specifica disposizione di cui all'art. 216 comma 2 lettera d) del D.Lgs. 81/08, vi è da sottolineare che il datore di lavoro non potrà fare a meno del supporto del medico competente nel valutare le interazioni tra radiazioni ottiche artificiali e sostanze chimiche foto-sensibilizzanti, tenuto conto per di più del fatto che le normative in merito alle sostanze ed ai preparati pericolosi (decreti legislativi n. 52/97 e n. 65/03) poco o nulla di specifico impongono al merito ai produttori. Funzione di non minore importanza viene inoltre ad assumere il medico competente nei casi in cui vi sia l'obbligo di aggiornamento/revisione della valutazione del rischio da esposizione a ROA.

Particolare riguardo al merito infatti si dovrà prestare alla disposizione di cui al comma 2 dell'art. 181 del D.Lgs. 81/08 *“La valutazione dei rischi è aggiornata..., ovvero, quando i risultati della sorveglianza sanitaria rendano necessaria la sua revisione”* in combinato disposto con quanto dettato al comma 2 dell'art. 185 del medesimo decreto legislativo *“Nel caso in cui la sorveglianza sanitaria riveli in un lavoratore un'alterazione apprezzabile dello stato di salute correlata ai rischi lavorativi il medico competente ne informa ..il datore di lavoro, che provvede a ... sottoporre a revisione la valutazione dei rischi;”*.

Non di meno, ed in parziale collegamento con quanto sopra riportato, si dovrà tenere conto di quanto indicato al comma 3 dell'art. 218 del D.Lgs. 81/08 *“Laddove i valori limite sono superati, oppure sono identificati effetti nocivi sulla salute ... il datore di lavoro è informato di tutti i dati significativi emersi dalla sorveglianza sanitaria tenendo conto del segreto professionale.”*.

#### **4. ALTRE IMPORTANTI FUNZIONI DEL MEDICO COMPETENTE**

Vi è da dire che spesso in alcuni ambienti di lavoro, pur avendo il soggetto obbligato fatto ricorso alle necessarie misure tecniche di prevenzione collettiva o comunque a idonei procedimenti di riorganizzazione del lavoro, il superamento dei valori limite da esposizione a ROA può essere evitato soltanto con il ricorso ad idonei DPI o a indumenti protettivi; tutto ciò rafforza maggiormente l'importanza del disposto di cui all'art. 18 comma 1 lettera d) del D.Lgs. 81/08 *“fornire ai lavoratori i necessari e idonei dispositivi di protezione individuale, sentito il responsabile del servizio prevenzione e protezione e il medico competente ...;”*.

In ambito di collaborazione alla valutazione del rischio, infatti, il medico competente deve pretendere di essere sentito in relazione alla scelta dei dispositivi di protezione individuale.

Quanto sopra risulta ancor più necessario nel caso in cui sia proprio, come spesso accade, il sanitario stesso che, nell'ambito dei suoi obblighi, dia particolari

indicazioni, attraverso il giudizio alla mansione specifica, per il singolo lavoratore (magari poiché particolarmente sensibile) in relazione proprio alla necessità di appositi DPI o indumenti di protezione.

A prescindere infine dagli obblighi specificamente sanzionati di cui all'art. 25 comma 1 lettera g) del D.Lgs. 81/08 *“fornisce informazioni ai lavoratori sul significato della sorveglianza sanitaria cui sono sottoposti ...”* e lettera h) *“informa ogni lavoratore interessato dei risultati della sorveglianza sanitaria ...”*, assai importante risulta la collaborazione che il medico competente, ai sensi del comma 1 lettera a) del medesimo articolo, dovrebbe apportare alla informazione e formazione di cui all'art. 184. Viene infatti da chiedersi come il datore di lavoro, o chi per esso, possa informare e formare correttamente i lavoratori esposti a ROA senza un adeguato supporto medico specialistico riguardo a contenuti quali ad esempio *“alle modalità per individuare e segnalare gli effetti negativi dell'esposizione per la salute”*, *“alle circostanze nelle quali i lavoratori hanno diritto a una sorveglianza sanitaria e agli obiettivi della stessa”* o *“all'uso corretto di adeguati dispositivi di protezione individuali e alle relative indicazioni e controindicazioni sanitarie all'uso”*.

## 5. EFFETTUAZIONE DELLA SORVEGLIANZA SANITARIA

Nell'attività di sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti al rischio da radiazioni ottiche artificiali e per tutti gli aspetti di tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori che coinvolgono il medico competente rimangono attuali e aperte alcune criticità legate a due momenti fondamentali dell'attività del medico competente:

1. la corretta valutazione nel corso delle diverse visite mediche previste dalla sorveglianza sanitaria delle condizioni fisiologiche e fisiopatologiche che possono limitare o controindicare il giudizio di idoneità a specifici compiti lavorativi che espongono al rischio;
2. la corretta valutazione di eventuali patologie o alterazioni dello stato di salute, evidenziate nel corso della sorveglianza sanitaria, che possono ragionevolmente (sulla base di evidenze scientifiche) essere correlate con l'esposizione a ROA e quindi possibile oggetto di segnalazione come malattie di sospetta eziologia professionale.

Il presupposto che sottende entrambe le criticità è rappresentato, anche per il medico competente, dalla conoscenza oggettiva della presenza nell'ambiente di lavoro e nelle specifiche mansioni prese in esame del rischio da esposizione a ROA, ossia dalla conoscenza delle caratteristiche fisiche delle radiazioni ottiche fonte di rischio (raggi ultravioletti piuttosto che raggi infrarossi o “luce blu”), dalla conoscenza dei livelli di esposizione stimati e, ove necessario in relazione alla tipologia dell'attività di lavoro e delle attrezzature impiegate, dei livelli di esposizione misurati secondo le metodiche e modalità chiaramente definite nel D.Lgs. 81/08. La fonte di acquisizione di tutti questi elementi da parte del medico competente deve essere necessariamente il documento di valutazione dei rischi (previsto dall'art. 17 del D.Lgs. 81/08). Ad integrazione della valutazione del rischio, nella quale è previsto il ruolo partecipativo del medico competente, rimane ovviamente indispensabile una accurata conoscenza degli ambienti di lavoro attraverso la visita periodica degli

stessi luoghi di lavoro e l'osservazione diretta delle postazioni di lavoro oggetto della valutazione ed identificate come situazioni di rischio per l'esposizione a ROA. Come noto, gli organi critici di potenziale bersaglio dell'esposizione a ROA sono rappresentati dall'occhio e dalla cute.

## **6. CONDIZIONI DI IPERSUSCETTIBILITÀ AL RISCHIO**

Per quanto riguarda le condizioni fisiologiche e fisiopatologiche dello stato di salute del lavoratore, nonché conseguenti a specifici trattamenti farmacologici, che possono limitare o controindicare l'esposizione al rischio da ROA (in considerazione anche delle caratteristiche fisiche della radiazione ottica possibile fonte di rischio), abbiamo oggi a disposizione un documento analitico ed esteso che comprende ed illustra un grande numero di condizioni primitive o acquisite, permanenti o transitorie, che devono essere attentamente considerate dal medico competente nella valutazione della congruità fra mansione lavorativa e stato di salute del lavoratore.

Questo documento è rappresentato dalle "Indicazioni operative sulla prevenzione e protezione dai rischi dovuti all'esposizione a radiazioni ottiche artificiali nei luoghi di lavoro" elaborate dal Coordinamento Tecnico Interregionale della Prevenzione nei luoghi di Lavoro e pubblicate nel marzo 2010. Tali linee interpretative fanno riferimento alla più ampia e aggiornata letteratura scientifica sull'argomento e costituiscono un documento di sintesi di facile consultazione da parte del medico competente.

Riportiamo di seguito una gran parte delle condizioni note di ipersuscettibilità al rischio per le quali, ove non specificato perché riferito a tutto lo spettro ottico, viene indicato il tipo di radiazione ottica che rappresenta fonte di rischio: donne in gravidanza; minorenni; soggetti albinici e di fototipo 1; portatori di malattie del collagene (sclerodermia e lupus eritematoso nelle sue varie forme, dermatomiosite, poliartrite nodosa, sindrome di Wegener, sindrome antifosfolipidi, ecc.) per esposizioni a radiazioni UV; soggetti in trattamento cronico o ciclico con farmaci fotosensibilizzanti (quali ad esempio: antibiotici come le tetraciline ed i fluorochinoloni; antinfiammatori non steroidei come l'ibuprofene ed il naprossene; diuretici come la furosemide; ipoglicemizzanti come la sulfonilurea; psoraleni; acido retinoico; acido aminolevulinico, neurolettici come le fenotiazine; antiaritmici come l'amiodarone); soggetti affetti da alterazioni dell'iride (colobomi, aniridie) e della pupilla (midriasi, pupilla tonica); soggetti portatori di drusen per esposizioni a luce blu; lavoratori che abbiano lesioni cutanee maligne o pre-maligne per esposizioni a radiazioni UV; lavoratori affetti da patologie cutanee fotoindotte o fotoaggravate per esposizioni a radiazioni UV e IR; lavoratori affetti da xeroderma pigmentosus per esposizioni a radiazioni UV; soggetti epilettici per esposizioni a radiazioni visibili di tipo intermittente, cioè tra i 15 e i 25 flash al secondo; lavoratori che hanno subito un impianto IOL (Intra Ocular Lens; "cristallino artificiale"), in particolare se esposti a radiazioni tra 300 nm e 550 nm

## 7. PATOLOGIE CRONICHE CORRELATE ALL'ESPOSIZIONE A ULTRAVIOLETTI, INFRAROSSI E LASER

Per quanto concerne la seconda criticità segnalata, ovvero la corretta valutazione di patologie o alterazioni dello stato di salute evidenziate nel corso della sorveglianza sanitaria che possano essere ragionevolmente correlate con l'esposizione e quindi possibile oggetto di segnalazione come malattie di sospetta eziologia professionale, la conoscenza della diversa capacità e dei livelli anatomici di interazione sull'occhio delle ROA, insieme all'analisi dei dati della letteratura scientifica, consente di avere a disposizione informazioni utili e fondamentali per il medico competente. L'azione delle ROA sulle strutture dell'occhio è diversa in relazione alla lunghezza d'onda della radiazione stessa.

Le **radiazioni ottiche ultraviolette (UV)**, in particolare quelle di lunghezza d'onda compresa fra 220 e 310 nm e con massima sensibilità alla frequenza di 270 nm, sono prevalentemente assorbite a livello della congiuntiva e della cornea. Le lesioni acute a carico di congiuntiva e cornea, ampiamente descritte, sono legate ad eventi infortunistici e non rientrano nell'oggetto della attuale trattazione. Le patologie croniche che, in lavoratori nei quali sia documentabile ed oggettivabile una esposizione a ROA nel range dello spettro fra 220 e 310 nm, possono essere ragionevolmente correlate all'esposizione al rischio, sono rappresentate da **congiuntiviti e cheratocongiuntiviti** croniche eventualmente aggravate da "pterygium" (ICNIRP 2004 [2], Narda et al. 1990 [3], Preston J.L et al. 1994 [9], Reesal M.R et al. 1989 [4]). E' necessario sottolineare che si tratta di affezioni del tutto aspecifiche, essendo riscontrabili tanto nella popolazione generale quanto in soggetti esposti ad altre noxae patogene. Il riscontro di queste alterazioni deve quindi essere accuratamente correlato con la reale esposizione occupazionale al rischio per poterne riconoscere l'eventuale origine professionale.

Alcuni autori hanno anche evidenziato sperimentalmente ed epidemiologicamente la possibilità che l'esposizione a radiazioni UV con lunghezza d'onda superiore a 295 nm, possa indurre opacizzazioni del cristallino che si manifestano tipicamente come **opacità corticali** che si presentano in forma di piccoli vacuoli ripieni di acqua e di frammenti corticali. Il meccanismo patogenetico chiamato in causa ipotizza che le radiazioni con  $\lambda > 295$  nm (UVB e soprattutto UVA) vengano assorbite dalla cornea e trasmesse al cristallino che sarebbe oggetto di un danno di natura fotochimica. Mancano infatti a livello della lente i processi di riparazione necessari per trattare i fotoprodotti che accumulandosi favoriscono la degenerazione delle fibre del cristallino e l'insorgenza di opacizzazioni. Le RUV avrebbero quindi un effetto catarattogenico sulla base di indagini epidemiologiche sull'uomo ed esperimenti condotti su animali (ICNIRP 2004 [2]; Taylor et al. 1988 [6]; West et al. 1998 [7], Cruickshanks KJ et al. 2001 [5]). La cataratta è curabile con la sostituzione chirurgica del cristallino stesso.

L'effetto biologico delle **radiazioni ottiche infrarosse** (porzione dello spettro con lunghezza d'onda compresa fra 780 nm e 1 mm) è essenzialmente di natura termica poiché l'energia associata a queste lunghezze d'onda non è sufficiente a provocare la formazione di radicali o la rottura di legami covalenti. Non è possibile tuttavia escludere effetti non termici, a livello molecolare, relativi a interazioni più deboli, ma in grado di perturbare delicati equilibri biologici. L'occhio è esposto a danni

acuti e cronici provocati dal sovrariscaldamento poiché le caratteristiche di trasmissione e assorbimento dei suoi vari costituenti favoriscono l'assorbimento delle radiazioni IR anche a livello delle strutture più profonde in quanto l'organo non è in grado di dissipare facilmente l'eccesso di energia termica (come invece può accadere per la cute attraverso la circolazione corporea). Gli IRA possono, seppur raramente, provocare danni acuti di tipo termico a livello della retina (essenzialmente ustioni retiniche), mentre gli IRA e IRB possono essere responsabili di ustioni della cornea. Le lesioni acute non sono tuttavia argomento oggetto di analisi nella nostra trattazione.

Più rilevanti e noti sono i danni cronici legati all'esposizione a raggi infrarossi. Gli effetti sul cristallino sono noti sin dal 1739. Alla fine dell'Ottocento fu descritta la cataratta dei soffiatori di vetro (corticale posteriore). All'inizio del Novecento fu stabilita la natura occupazionale della cataratta dei soffiatori di vetro. Dunn nel 1950 suggerì che la definizione di "cataratta dei soffiatori di vetro" doveva essere limitata a lavoratori di età inferiore a 50 anni, esposti a radiazioni infrarosse e affetti da cataratta corticale posteriore. Il cristallino è una struttura priva di vascolarizzazione e la sua posizione nell'occhio comporta una scarsa capacità di dissipare l'eccesso di calore assorbito. Si ricorda inoltre che la cornea e l'umor acqueo assorbono tutta la radiazione incidente e che il calore generato in queste strutture può raggiungere per conduzione il cristallino elevandone ulteriormente la temperatura. Il cristallino è caratterizzato da un ricambio cellulare estremamente lento e tende ad assorbire fortemente la radiazione ottica con lunghezza d'onda compresa fra 400 nm e 2500 nm. Esempi professionali di cataratta da IR si hanno nei soffiatori di vetro e nei colatori dell'acciaio fuso. La maggior parte degli studi hanno evidenziato e confermato che la cataratta da esposizione a raggi infrarossi, nota da più di un secolo, è tipicamente una cataratta **corticale o subcapsulare posteriore** (Olanrewaju et al. 1997 [8], Preston et al. 1994 [9], Vaughan et al. 1992 [10]), ma è stata anche sostenuta ed evidenziata da alcuni autori l'insorgenza di cataratta **subcapsulare anteriore** (Pitts et al., 1980 [11]).

Gli effetti a lungo termine delle radiazioni ottiche artificiali, in particolare della radiazione UVA e UVB, sulla cute rimangono oggi degni di grande attenzione in considerazione del dimostrato effetto cancerogeno che, pur riconducibile anche all'esposizione ambientale alla luce solare, può trovare rilevanza in ambito occupazionale almeno come possibile fattore concausale. La cancerogenesi fotoindotta dalla RUV a livello delle cellule cutanee è un processo multifattoriale di lungo periodo che coinvolge l'organismo attraverso meccanismi non del tutto chiari. Viene segnalato un ruolo centrale delle specie reattive dell'ossigeno in tutte le fasi del processo di induzione oncologica: alterazioni fotoindotte a carico del DNA con mutazioni dei geni oncosoppressori, in particolare del gene p-53; attivazione della ornitina-decarbossilasi (ODC) che svolge una azione promotrice e inducente la progressione tumorale; perossidazione dei lipidi con generazione di aldeidi mutagene che alterano i recettori di membrana e favoriscono la liberazione di mediatori solubili in grado di modificare la biologia cellulare; foto-immunosoppressione che comporterebbe una ridotta capacità di eliminazione delle cellule tumorali iniziate.

Le patologie oncologiche della cute correlabili con l'esposizione a RUV sono classicamente rappresentate dai **carcinomi cutanei basocellulari e spinocellulari** e

dai **melanomi** cutanei. Si tratta ovviamente di patologie del tutto aspecifiche e non distinguibili da quelle che insorgono nella popolazione generale in relazione a fattori genetici e ambientali. Risulta quindi anche in questo caso fondamentale, nell'ottica di valutare una possibile compartecipazione dell'esposizione occupazionale a RUV nel determinismo della neoplasia, una documentata e accurata conoscenza della durata ed entità dell'esposizione professionale al rischio.

## **8. ACCERTAMENTI SANITARI PROPOSTI PER I LAVORATORI ESPOSTI A ULTRAVIOLETTI, INFRAROSSI E LASER**

L'articolo 218 del D.Lgs. 81/08 stabilisce che la sorveglianza sanitaria per gli esposti al rischio da radiazioni ottiche artificiali venga effettuata periodicamente, di norma una volta l'anno o con periodicità inferiore decisa dal medico competente con particolare riguardo ai lavoratori particolarmente sensibili al rischio, tenendo in considerazione, come già è stato ampiamente sottolineato, i risultati della valutazione dei rischi. Le visite mediche e gli accertamenti integrativi devono essere effettuati con l'obiettivo di prevenire e scoprire tempestivamente effetti negativi per la salute, nonché prevenire effetti a lungo termine per la salute e rischi di malattie croniche derivanti dall'esposizione a radiazioni ottiche. Viene anche previsto un tempestivo controllo medico per i lavoratori per i quali sia stata rilevata un'esposizione superiore ai valori limite.

La particolarità del rischio e della sensibilità dei lavoratori all'esposizione a ROA ha spinto il legislatore a forzare i criteri di attuazione della sorveglianza sanitaria attribuendo al medico competente un ruolo decisionale e di definizione di protocolli sanitari molto ampio. Infatti anche se i valori di esposizione risultano inferiori ai valori limite di esposizione, in considerazione della numerosità e della presenza anche nei luoghi di lavoro di soggetti particolarmente sensibili al rischio, viene espressamente conferita al medico competente la possibilità di individuare tipologia e periodicità dei controlli sanitari, nonché le misure protettive specifiche da mettere in atto in relazione alla tipologia ed entità dell'esposizione ed alle condizioni di suscettibilità individuale emerse dal controllo sanitario preventivo.

Quindi, nel ribadire l'autonomia del medico competente nella definizione di protocolli sanitari mirati alle specifiche realtà lavorative, alla natura della radiazione ottica fonte di rischio e alle caratteristiche del rischio occupazionale, viene di seguito proposto dagli autori, facendo riferimento alle indicazioni del Comitato permanente per le NIR dell'AIRM (Associazione Italiana di Radioprotezione medica) e alle Linee Guida della Società Italiana di Medicina del Lavoro e Igiene industriale (2003), un protocollo sanitario di base per l'effettuazione della sorveglianza sanitaria. Tale protocollo prevede, per l'esposizione occupazionale a radiazioni ottiche non coerenti nello spettro UV:

- visita medica generale per valutare le condizioni generali di salute del lavoratore;
- visita oculistica generale (sia in occasione della visita medica preventiva che della visita periodica), con esame dell'acutezza visiva e del fondo oculare, comprensiva della biomicroscopia con lampada a fessura. L'attenzione deve essere posta soprattutto alle strutture dell'occhio

maggiormente interessate dall'esposizione a raggi UV (congiuntiva, cornea e cristallino);

- visita dermatologica (sia in occasione della visita medica preventiva che della visita periodica) con eventuale indagine fotografica in bianco nero e a colori e con l'esame mediante lampada di Wood.

Per l'esposizione occupazionale a radiazioni ottiche non coerenti nello spettro IR, il protocollo sanitario proposto prevede:

- visita medica generale per valutare le condizioni generali di salute del lavoratore;
- visita oculistica generale (sia in occasione della visita medica preventiva che della visita periodica), con esame dell'acutezza visiva e del fondo oculare, comprensiva della biomicroscopia con lampada a fessura. L'attenzione deve essere posta soprattutto alle strutture dell'occhio maggiormente interessate dal rischio correlato all'esposizione a raggi IR (congiuntiva, cornea, cristallino);
- visita dermatologica (sia in occasione della visita medica preventiva che della visita periodica) con eventuale indagine fotografica in bianco nero e a colori e con l'esame mediante lampada di Wood.

In merito agli accertamenti sanitari integrativi appare utile sottolineare il fatto che la visita oculistica e la visita dermatologica devono essere effettuate da medici specialisti nelle rispettive discipline e che, soprattutto per la visita oculistica, la finalità dell'approfondimento clinico non è rappresentato dalla valutazione dell'acuità visiva, ma dalla valutazione della condizione e integrità morfologica delle diverse strutture dell'occhio (congiuntiva, cornea, cristallino, retina) sia nella valutazione preventiva mirata alla individuazione delle alterazioni che rendono l'apparato visivo suscettibile al rischio da esposizione a radiazioni ottiche non coerenti negli spettri UV ed IR, sia nella valutazione periodica mirata anche alla individuazione di patologie eventualmente correlabili con l'esposizione al rischio. Appare quindi fondamentale che il medico competente formuli allo specialista in oculistica, così come allo specialista dermatologo, le corrette richieste rispetto all'obiettivo per il quale vengono richieste le stesse visite specialistiche oftalmologica e dermatologica.

Per il rischio da esposizione a radiazioni ottiche coerenti (LASER) è necessario premettere che, a differenza di altre tipologie di rischio, le esposizioni lavorative sono normalmente di tipo accidentale e la prevalenza di eventi acuti (infortuni) è limitata. Inoltre, poiché sono ancora poco noti gli eventuali effetti delle esposizioni croniche a livelli molto bassi di radiazioni coerenti e non sono ad oggi note esposizioni continuative, o comunque per lunghi periodi, non si evidenzerebbero i presupposti per richiedere "generalizzazione della sorveglianza sugli effetti a lungo termine". Tuttavia, poiché dal punto di vista scientifico non esiste nessun motivo di ritenere che la radiazione coerente non causi gli stessi effetti a lungo termine della radiazione incoerente, ad essa si applicano le considerazioni relative alla assenza di soglie di induzione del danno.

Il protocollo sanitario proposto per l'esposizione occupazionale a radiazioni ottiche coerenti (LASER) prevede gli stessi accertamenti già indicati per l'esposizione a radiazioni ottiche non coerenti. Tuttavia, poiché nell'esposizione a luce laser i rischi associati di tipo fisico, chimico e "ambientale" (inquinanti legati al processo



lavorativo e ai materiali trattati come componenti di vernici e metalli, rumore, radiazioni ottiche collaterali, radiazioni ionizzanti, elettricità, ecc.), rappresentano spesso il rischio prevalente, è necessario un attivo e specialistico contributo da parte del medico competente nella elaborazione di un protocollo sanitario che preveda eventuali ulteriori accertamenti integrativi mirati agli specifici rischi associati non legati, di solito, alla natura della radiazione ottiche coerente impiegata. Si ricorda inoltre che nella "Guida per l'utilizzazione di apparati laser per laboratori di ricerca" CEI 76 Fascicolo 3850R al punto E10.11 vengono fornite alcune indicazioni relativamente alla sorveglianza sanitaria. In particolare viene raccomandata l'effettuazione di esami oculistici in fase di visita preventiva per i lavoratori che utilizzano laser di classe 3B e 4 e l'effettuazione di visita ed esami specialistici dopo una esposizione accidentale oculare o dermatologica anche apparentemente nociva o presunta tale.

## 9. PATOLOGIA DA LUCE BLU ED ACCERTAMENTI SANITARI PROPOSTI

L'esposizione a luce blu causa danni esclusivamente retinici. Ciò emerge chiaramente dall'analisi dei numerosi ed approfonditi studi, condotti prevalentemente da istologi e biochimici, nei quali vengono descritti, in modo dettagliato e convincente, i meccanismi patogenetici che portano al danno da luce blu. Tale danno è indotto da "stress ossidativi" che interessano, oltre ai coni ed i bastoncelli [12], anche l'epitelio pigmentato retinico (EPR), essendo la luce blu in grado di intensificare in modo anomalo i normali processi biochimici di ricostituzione dei pigmenti fotosensibili (ciclo di Wald). In sostanza, il fotone del blu, dotato di maggiore energia rispetto a quelli delle altre lunghezze d'onda, favorisce un atipico processo di rigenerazione della rodopsina, definito in letteratura "*photoreversal of bleaching*", da cui deriva uno stress ossidativo ("*oxidative damage*") in grado di indurre apoptosi cellulare nei fotorecettori. A conferma ed integrazione di questo fatto, vi sono studi che hanno inequivocabilmente dimostrato l'insorgenza di danni ai bastoncelli dopo irradiazione a 403 nm, mentre l'esposizione alle medesime intensità di luce verde (lunghezze d'onda attorno ai 555 nm) non ha provocato alcuna alterazione [13, 14]. L'anomalia del processo di rigenerazione della rodopsina porta poi ad una maggior formazione di lipofusina, a sua volta contenente una sostanza particolarmente capace di causare apoptosi cellulare, l'A2E (N-retinil-N-retinilidene-etanolamina). Inoltre, l'A2E, se stimolata da fotoni del blu, causa, sempre mediante stress ossidativo, alterazioni strutturali al DNA dell'EPR [15]. Quando la luce giunge al fotorecettore si innescano processi di perossidazione lipidica da cui derivano cataboliti che vengono fagocitati dal EPR e digeriti dai lisosomi. Se questi processi divengono meno efficaci (come avviene ad esempio con l'invecchiamento) o non sono sufficientemente efficaci (come avviene per stimolazioni da luce blu), si ha un accumulo di cataboliti che verranno poi espulsi, andando a formare dei depositi tra l'EPR e la membrana di Bruch. Questi depositi, costituiti prevalentemente da lipofusina, sono responsabili della formazione delle "drusen", unanimemente ritenute determinanti nello sviluppo della Degenerazione Maculare Senile (AMD). Appare pertanto chiaro che gli effetti degenerativi indotti

dall'esposizione alla luce blu dovrebbero essere assai simili a quelli che caratterizzano la presenza di AMD.

Ulteriore importante elemento da considerare è rappresentato dal fatto che i processi degenerativi sopra descritti sono fortemente correlati alla lunghezza d'onda del fotone. È stato ripetutamente dimostrato che nell'ambito del blu, le lunghezze d'onda attorno ai 440 nm sono le più lesive [16, 17], e ciò spiega la necessità di valutare l'esposizione tenendo conto della funzione di ponderazione spettrale  $B_{\lambda}$ , come peraltro richiesto dal D. Lgs. 81/08 (allegato XXXVII, tabella 1.3). Importante notare, a questo proposito, che applicando il coefficiente  $B_{\lambda}$ , per il quale il rischio retinico è ritenuto massimo con esposizioni a lunghezze d'onda tra i 435 ed i 440 nm, tale rischio diviene, rispettivamente del 22% per i 490 nm, del 10% per i 500 nm, del 20% per i 405 nm e addirittura del 1% per i 380 nm. Pertanto, una valutazione di fotometria ambientale che indichi una generica "esposizione a luce blu" senza riportarne l'analisi spettrale, potrebbe risultare anche fortemente errata, per eccesso o per difetto. In sintesi, sia i fotorecettori che l'EPR possono essere danneggiati dalla luce blu, con gravità e tempi di insorgenza diversi in funzione di [18]:

- intensità della sorgente ( $\text{watt}/\text{cm}^2$ );
- durata della esposizione;
- frequenza degli episodi di esposizione nel tempo (anni);
- frequenza spettrale.

Da ultimo, deve essere rilevato che le considerazioni sopra riportate sono per lo più basate su studi di fisiopatologia in danni acuti (esposizioni di secondi o minuti). Non sembrano invece essere presenti in letteratura ricerche o osservazioni che delineino i possibili esiti, sia clinici che funzionali, a lungo e lunghissimo termine (anni, decine d'anni), né indagini che abbiano valutato gli eventuali rischi in contesti occupazionali, ove, è noto, la dose totale accumulata dal lavoratore può variare notevolmente in funzione sia delle condizioni ambientali (potenze e ubicazioni delle sorgenti di "blu"), sia delle diverse tipologie dei compiti lavorativi svolti (durata delle diverse fasi di esposizione).

Per quanto sopra, i criteri di impostazione della sorveglianza sanitaria devono tenere conto di almeno tre ordini di problemi. Il primo riguarda le caratteristiche delle lesioni retiniche attese, che dovrebbero essere assai simili a quelle che si osservano nella AMD, ponendo così assai complicati problemi di diagnosi eziologica. Il secondo attiene ai tempi di insorgenza di tali lesioni, che essendo causate da processi degenerativi lenti (salvo che per situazioni di esposizione acute, che a tutt'oggi paiono poco probabili nei comuni contesti occupazionali), comparirebbero dopo anni di esposizione. Esse sarebbero pertanto assai verosimilmente associate a danni irreversibili del visus, rendendo influenti gli interventi di prevenzione primaria e tardivi quelli di prevenzione secondaria. Il terzo ordine di problemi concerne l'individuazione dei soggetti da sottoporre a sorveglianza sanitaria che, date le tuttora assai carenti modalità di analisi e quantificazione "del blu" nei Documenti di Valutazione del Rischio, assai spesso non può essere effettuata dal Medico Competente sulla base di informazioni precise ed affidabili circa le reali condizioni di esposizione.

Tuttavia, pur con le criticità sopra esposte, ed in condizioni di prima applicazione, pare ragionevole proporre interventi di sorveglianza sanitaria così strutturati:

- a) visita oftalmica generale (anamnesi, esame obiettivo di annessi, segmento anteriore e posteriore);
- b) acuità visiva e rifrazione;
- c) oftalmoscopia (in midriasi), con foto del fundus in autofluorescenza;
- d) esame della retina mediante Ocular Computerized Tomography (OCT);
- e) valutazione funzionale mediante griglia di Amsler;
- f) test per l'esame del contrasto.

Nel corso degli accertamenti oftalmici particolare cura ed attenzione dovrà essere posta dall'oculista nell'evidenziare l'eventuale presenza di alterazioni degenerative retiniche centrali e di drusen, ritenute, allo stato, i segni clinici più significativi associabili ad alterazioni da luce blu.

Da parte del MC potranno essere considerati ipersuscettibili i soggetti in terapia con farmaci fotosensibilizzanti (amiodarone, clorochina, fenotiazine, ibuprofene, etc.), nonché i soggetti affetti da maculopatie, da lesioni colobomatose, i portatori di drusen e gli pseudofachici, salvo, riguardo quest'ultimi, i portatori di IOL fotoselettive, circa la cui efficacia ed adeguatezza nell'ambito di attività occupazionali [19] permangono tuttavia aspetti critici non irrilevanti (anomalie nella visione dei colori, decremento delle capacità visive in condizioni mesopiche, modificazioni dei cicli sonno-veglia).

## 10. BIBLIOGRAFIA

- 1) Decreto Legislativo 81/2008, Titolo VIII, Capo I, II, III e IV sulla prevenzione e protezione dai rischi dovuti all'esposizione ad agenti fisici nei luoghi di lavoro. Indicazioni Operative Documento 1 - 2009 Rev. 02 approvate il 11.03.2010 con aggiornamento relativo al Capo V (ROA) – estraibili all'indirizzo:  
[http://www.ausl.mo.it/dsp/spsal/spsal\\_lg\\_coord\\_interregionale.htm](http://www.ausl.mo.it/dsp/spsal/spsal_lg_coord_interregionale.htm)
- 2) ICNIRP. Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelengths between 180 nm e 400 nm (incoherent optical radiation). Health Physics. August 2004; Vol. 87: 171-186.
- 3) Narda R., Magnavita, N., Sacco A., Sarnari L., Sani L. Affezioni oculari nei saldatori: uno studio longitudinale. La medicina del lavoro. 1990; 81, 5: 399-406.
- 4) Reesal M.R., Dufresne R.M., Suffett D., Alleyene B.C. Welder eye injures. I-Occup. Med. 1989; 31:1003-1006.
- 5) Cruickshanks KJ, Klein BE, Klein R. Ultraviolet light exposure and lens opacities: the Beaver Dam Eye Study. Am J Public Health. 1992;82 (12):1658-1662.
- 6) Taylor HR, West SK, Rosenthal FS, Munoz B, Newland HS, Abbey H, Emmett EA. Effect of ultraviolet radiation on cataract formation. New Engl J Med 1988; 319:1429-1433.

- 7) West SK, Duncan DD, Muoz B, Rubin GS, Fried LP, Bandeen- Roche K, Schein OD. Sunlight exposure and risk of lens opacities in a population-based study: The Salisbury eye evaluation project. *JAMA* 280:714–718; 1998.
- 8) Olanrewaju M. O., Chou R. B., Cullens A. P., Robinson B. Occupational exposure to optical radiation and the ocular health status of glassblowers. *Ophthalm. Physiol. Optical* 1997; Vol. 17, 6: 483-491.
- 9) Preston J.L., Schoessler J.P. Change in the corneal endothelium following infrared exposure during glassblowing. *Optom. Vis. Science* 1994; 71 (12): 153.
- 10) Vaughan D.G. Asbury T., Riordan Eva P. *General Ophthalmology*. 13th edn. Appleton and Lange 1992; Norwalk, Connecticut USA. 173-174.
- 11) Pitts D. G., Cullen A.P., Dayhaw-Barker P. Determination of ocular threshold levels for infrared radiation cataractogenesis. U.S. DHHS Public Health Service. NIOSH Pub. N° 77-0042-7701 1980; Cincinnati, OH - USA: 1-55.
- 12) Sperling HG, Johnson C., (1980): Differential spectral photic damage to primate cones. *Vision Res* 20: 1117–1125.
- 13) Grimm C, *et al.* (2001): Rhodopsin-mediated blue-light damage to the rat retina: effect of photoreversal of bleaching. *Invest Ophthalmol Vis Sci*; 42(2): 497-505.
- 14) Wenzel A, Grimm C, Samardzija M, Reme´ CE: (2005): Molecular mechanisms of light induced photoreceptor apoptosis and neuroprotection for retinal degeneration. *Prog Retin Eye Res* 24: 275–306.
- 15) Godley BF, Shamsi FA, Liang FQ, Jarrett SG, Davies S, Boulton M, (2005). Blue light induces mitochondrial DNA damage and free radical production in epithelial cells. *J. Biol. Chem.* 280, 21061–21066.
- 16) Ham W. (1983): Ocular hazard of current knowledge. *J Occup Med*; 25: 101-103.
- 17) Rapp LM, Smith SC, (1992): Morphologic comparisons between rhodopsin-mediated and short-wavelength classes of retinal light damage. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 33: 3367–3377.
- 18) Algvere PV, Marshall J, Seregard S, (2006): Age-related maculopathy and the impact of blue light hazard. *Acta Ophthalmol. Scand.* 84: 4–15.
- 19) Cuthbertson FM, Peirson SN, Wulff K, Foster GR, Downes SM: (2009) Blue light-filtering intraocular lenses: Review of potential benefits and side effects. *J Cataract Refract Surg*; 35:1281–1297.



## **ILLUMINAZIONE DEI LUOGHI DI LAVORO: IL COMFORT, IL BENESSERE, LA SALUTE**

**Chiara Aghemo, Laura Blaso**

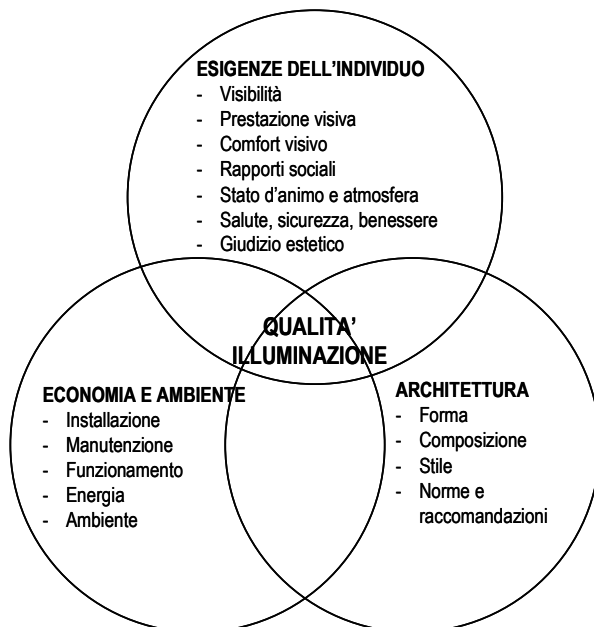
Politecnico di Torino, Dipartimento di Energetica, Gruppo di ricerca TEBE

### **1. INTRODUZIONE**

L'illuminazione nei luoghi di lavoro deve garantire condizioni di comfort visivo, di benessere e di sicurezza durante lo svolgimento delle attività, tutelando la salute dei lavoratori. A questo proposito, già a partire dalla fine degli anni '90 in ambito internazionale [1] è stato definito e proposto un approccio che comporta una visione allargata del concetto di qualità dell'illuminazione, non riferita solo ai requisiti illuminotecnici tipicamente associati al tema del comfort visivo, quali l'illuminamento sul piano di lavoro, l'uniformità di distribuzione della luce, il controllo dell'abbagliamento, etc.

Il modello proposto e successivamente acquisito dall'Illuminating Engineering Society of North America (IESNA) [2] evidenzia come la qualità del progetto di illuminazione è il risultato dell'interazione di differenti fattori: quello relativo all'individuo ed alle sue esigenze, quello relativo all'integrazione della luce con l'architettura e quello riferibile alle implicazioni economiche ed ambientali (**Figura 1**).

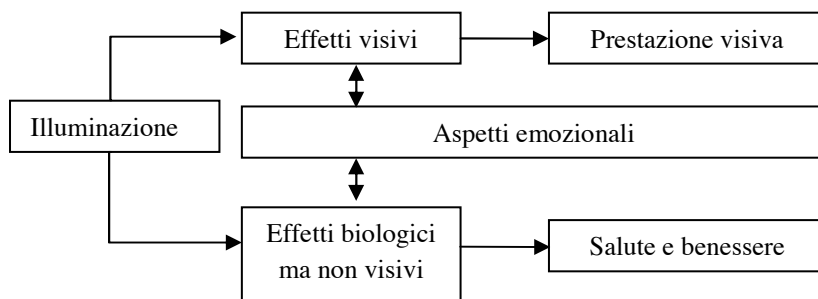
Studi più recenti [3],[4],[5],[6],[7],[8],[9], hanno inoltre messo in evidenza l'influenza della luce sull'orologio biologico umano, in quanto esiste un'armonia tra la regolazione dei ritmi biologici e l'alternanza giorno/notte. La prevalenza, nell'attuale organizzazione della vita e del lavoro, di ambienti illuminati artificialmente realizza cicli di veglia/sonno estesi e aperiodici. Da questo tipo di studi è emersa la necessità di considerare anche l'interazione della luce sugli effetti biologici non visivi che influenzano la salute e il benessere delle persone (**Figura 2**). Infine, un ulteriore aspetto connesso all'illuminazione degli ambienti di lavoro è costituito dal potenziale rischio che le Radiazioni Ottiche Artificiali (ROA) ad essa associata possono rappresentare in relazione all'emissione spettrale delle sorgenti, al loro posizionamento ed al tempo di esposizione. Il recepimento a livello nazionale della Direttiva Europea 2006/25/CE [10] che introduce l'obbligo della valutazione dell'esposizione dei lavoratori a Radiazioni Ottiche Artificiali [11] comporta una maggiore conoscenza delle caratteristiche dei sistemi di illuminazione utilizzati e, conseguentemente, una maggiore responsabilità da parte del progettista illuminotecnico.



**Figura 1:** Fattori determinanti la qualità dell'illuminazione [2]

Alla luce di queste considerazioni si possono quindi distinguere nell'illuminazione dei luoghi di lavoro tre differenti, ma interconnessi, ambiti:

- Comfort visivo;
- Benessere;
- Salute e sicurezza.



**Figura 2:** Schema di correlazione tra l'illuminazione e gli effetti derivanti [4]

## 2. COMFORT VISIVO

Nell'ambito della progettazione dell'ambiente luminoso le condizioni di comfort visivo sono determinate dalla prestazione visiva e dalla gradevolezza dell'ambiente. La prima rappresenta la velocità e l'accuratezza nello svolgimento del compito

visivo (osservazione di dettagli e oggetti in relazione allo svolgimento di una determinata attività) mentre la seconda è ottenuta dall'integrazione tra la luce (naturale ed artificiale), l'ambiente (dal punto di vista spaziale, funzionale ed ottico) ed il soggetto (considerandone attitudini, preferenze ed aspetti psicologici). I parametri da prendere in considerazione per definire, sotto il profilo progettuale, le condizioni illuminotecniche di un ambiente di lavoro sono molteplici e consolidati nella letteratura di settore e considerano non solo gli aspetti quantitativi, ma anche quelli qualitativi della luce. Essi sono:

- distribuzione della luminanza;
- livello e uniformità di illuminamento;
- abbagliamento;
- direzione della luce;
- resa cromatica e aspetto cromatico della luce;
- sfarfallamento (per le sorgenti a scarica);
- luce diurna.

Per ciascuno di questi parametri vengono definiti, nella normativa tecnica [12],[13], i valori limite in relazione all'attività svolta e quindi, indirettamente, anche ai compiti visivi che si ipotizza eseguiti nell'ambiente considerato.

La norma UNI EN 12464/1:2004 [12] fornisce in particolare valori di riferimento dei seguenti parametri:

- illuminamento medio mantenuto ( $E_m$ ), inteso come valore di illuminamento medio da garantire in ambiente per tutta la vita dell'impianto;
- uniformità di illuminamento, inteso sia come rapporto tra l'illuminamento delle aree nelle immediate vicinanze e l'illuminamento del compito visivo, sia come rapporto tra l'illuminamento minimo e medio in un ambiente (**Tabella 1**);
- grado unificato di abbagliamento (UGR), introdotto dalla CIE [14], quale indice rappresentativo dell'abbagliamento molesto derivante dagli apparecchi di un impianto di illuminazione;
- indice di resa cromatica ( $R_a$ ), rappresentativo della capacità di restituzione cromatica di una sorgente luminosa, in un intervallo da 0 a 100.

**Tabella 1:** Rapporto tra illuminamento delle aree nelle immediate vicinanze e illuminamento del compito per l'illuminazione interna [12]

<b>Illuminamento del compito (lx)</b>	<b>Illuminamento delle aree nelle immediate vicinanze (lx)</b>
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	E compito
Uniformità: ≥ 0.7	Uniformità: ≥ 0.5



In **Tabella 2**, sono riportati, a titolo di esempio, i valori limite dei suddetti parametri per alcune attività.

**Tabella 2:** Requisiti di illuminazione per interni [12]

Tipo di interno, compito o attività	$E_m$ (lx)	UGR	Ra	Note
<b>Attività industriali</b>				
• molatura, incisione	750	19	80	/
• lavori di precisione	1000	16	90	$T_c \geq 4000$ K
• produzione farmaceutica	500	22	80	/
• lavaggio prodotti alimentari	300	25	80	/
<b>Uffici</b>				
• locali fotocopie	500	19	80	/
• scritture	500	19	80	/
• elaborazione dati	750	16	80	/
• disegno tecnico				
<b>Locali scolastici</b>				
• aule	300	19	80	Illuminazione controllabile
• lavagna	500	19	80	/
• aule per disegno	750	19	80	/
• sale computer	300	19	80	/
<b>Centri sanitari</b>				
• sala operatoria	1000	19	90	/
• reparto maternità (illuminazione generale)	100	19	80	/
• reparto maternità (illuminazione per lettura)	300	19	80	/

Per gli altri parametri non indicati in tabella, vengono riportate indicazioni e raccomandazioni al fine di limitare l'insorgenza di fattori di disturbo e garantire le esigenze di prestazione e comfort visivo.

Nella norma UNI EN 12464/1 [12], particolare attenzione viene posta alla distribuzione della luminanza all'interno dell'area operativa e circostante ed in tutto l'ambiente, in quanto tale parametro è essenziale nel determinare il livello di adattamento visivo e, conseguentemente, anche la visibilità del compito. Infatti, una luminanza di adattamento bilanciata, cioè che tiene conto delle varie aree nel campo visivo, delle loro dimensioni e posizione, consente di:

- migliorare la visibilità degli oggetti/immagini che devono essere osservati;
- migliorare i rapporti di luminanza (contrasti);
- ridurre il sovraccarico pupillare e dell'adattamento retinico [15].

Sotto questo aspetto, inoltre, è fondamentale il ruolo svolto dalle superfici riflettenti presenti in ambiente. I relativi valori (luminanze secondarie) sono determinati dal

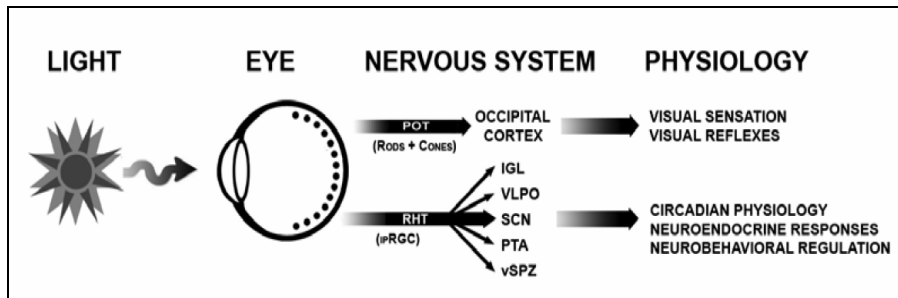
flusso luminoso incidente sulla superficie (illuminamento) e dal fattore di riflessione della superficie stessa.

Gli intervalli di valori del fattore di riflessione raccomandati [12] sono i seguenti:

- soffitto 0,6 - 0,9;
- parete 0,3 - 0,8;
- piano di lavoro 0,2 - 0,6;
- pavimento 0,1 - 0,5.

### 3. BENESSERE

La luce che incide sulla retina stimola due sistemi distinti, ma interconnessi, ciascuno dei quali opera in modo differente, ma egualmente necessario per l'uomo (**Figura 3**).

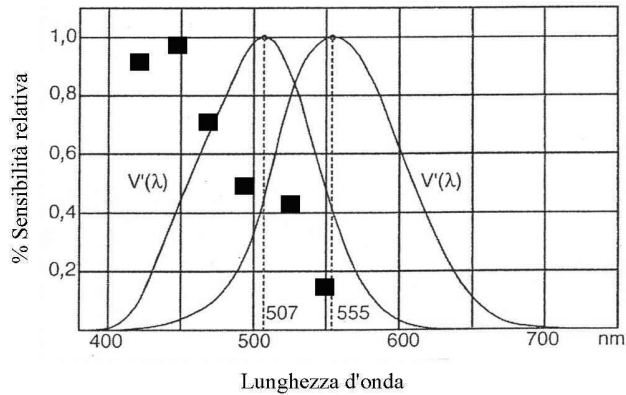


**Figura 3:** Percorsi dell'informazione luminosa [16]

Il sistema visivo permette di valutare l'ambiente che ci circonda in condizioni di illuminazione molto diverse (visione fotopica/mesopica/scotopica) e in tempi molto rapidi (entro mezzo secondo). Queste caratteristiche sono antitetiche rispetto a quelle del sistema circadiano, nonostante operino gli stessi fotorecettori e neuroni della retina. Il sistema circadiano infatti è relativamente insensibile alle informazioni spaziali dell'ambiente ed ha tempi di risposta decisamente lenti, richiedendo uno stimolo luminoso prolungato per assicurare l'ottimizzazione in condizioni di vita normali. La sensibilità spettrale del sistema circadiano differisce notevolmente da quella del sistema visivo [5] (**Figura 4**).

Il sistema circadiano è sensibile, infatti, soprattutto a lunghezze d'onda brevi, avendo la massima sensibilità spettrale a circa 450 nm, con conseguente relativa insensibilità alla luce "bianca".

In **Tabella 3** sono messe a confronto differenti sorgenti luminose con riferimento al sistema visivo (lm/W) e al sistema circadiano (CS/W).



**Figura 4:** Curva di visibilità relativa del sistema visivo (linee continue) e sensibilità spettrale relativa del sistema circadiano (riquadri) [5]

**Tabella 3:** Correlazione tra sistema visivo e sistema circadiano per differenti sorgenti luminose [17]

<b>Sorgente luminosa</b>	<b>lumen fotopico /watt [lm/W]</b>	<b>Stimolo Circadiano/watt [CS/W]</b>
Incandescente	12	12
Fluorescente 4100 K	100	65
Fluorescente 5500 K	100	119
Fluorescente 7500 K	100	157
D 65	70	133
Vapori di mercurio	45	18
LED blu (470 nm)	8	223

Ne consegue che una corretta progettazione illuminotecnica, che tenga conto anche del sistema circadiano, dovrebbe garantire una valutazione attenta della quantità di luce, distribuzione spettrale, durata e tempi del ciclo giorno/notte, con la finalità di assicurare l'adattamento dell'orologio biologico allo schema di attività/riposo richiesto dalle specifiche esigenze sociali e lavorative di un individuo.

In particolare occorre ricordare che negli ambienti di lavoro la presenza della luce naturale garantisce una adeguata illuminazione circadiana, che può essere integrata con una illuminazione artificiale dinamica, in intensità e tonalità di colore.

#### 4. SALUTE E SICUREZZA

È noto [18],[19],[20],[21],[22] che alcune bande di lunghezza d'onda dello spettro elettromagnetico possono causare lesioni anche gravi, strutturali e degenerative, dell'apparato visivo e della pelle. Le radiazioni più pericolose in tal senso sono

quelle infrarosse, quelle ultraviolette e alcune lunghezze d'onda del visibile denominate "luce blu" (380 – 520 nm). Le modalità con le quali tali radiazioni producono effetti dannosi sono di natura termica e fotochimica.

In **Tabella 4** sono riportati i principali effetti dannosi delle radiazioni ottiche sull'apparato visivo e sulla pelle [23].

**Tabella 4:** Principali effetti dannosi sull'apparato visivo e sulla pelle [23]

Regione spettrale	Occhio	Pelle	
Ultravioletto C (da 100 nm a 280 nm)	Fotocheratite Fotocongiuntivite	Eritema (Scottatura della pelle)	Tumori cutanei Processo accelerato di invecchiamento della pelle
Ultravioletto B (da 280 nm a 315 nm)			
Ultravioletto A (da 315 nm a 400 nm)	Cataratta fotochimica	Reazione di fotosensibilità	Bruciatura della pelle
Visibile (da 400 nm a 780 nm)	Lesione fotochimica e termica della retina		
Infrarosso A (da 780 nm a 1400 nm)	Cataratta bruciatura della retina		
Infrarosso B (da 1400 nm a 3000 nm)	Cataratta bruciatura della cornea		
Infrarosso C (da 3000 nm a 1 mm)	Bruciatura della cornea		

Al fine di limitare i rischi da esposizione alle radiazioni, nel 2006 la Comunità Europea ha redatto una Direttiva [10] recepita nel 2008 a livello nazionale con il Testo Unico Decreto Legislativo 81/2008 [11], entrato in vigore lo scorso 26/04/2010 [24].

Il Testo Unico definisce i metodi di valutazione e i valori limite per la sicurezza e la salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi fisici associati alle Radiazioni Ottiche Artificiali (ROA). Con il termine Radiazioni Ottiche Artificiali si intendono le radiazioni elettromagnetiche comprese tra 100 nm e 1 mm; a lunghezze d'onda inferiori si hanno le radiazioni ionizzanti, mentre per lunghezze d'onda superiori a 1 mm si parla comunemente di campi elettromagnetici. La definizione di radiazioni ottiche deriva dal fatto che, in questo intervallo di lunghezza d'onda, si applicano le leggi dell'ottica fisica a prescindere dalla capacità dell'occhio e del cervello umano di recepire la radiazione come visibile [19].

Il Testo Unico prevede l'obbligo di valutazione sia per le sorgenti incoerenti, come le sorgenti luminose o i materiali incandescenti, sia per le sorgenti coerenti, come i laser.

I laser, in generale, emettono in una determinata direzione e ad una specifica lunghezza d'onda. Date le particolari modalità di impiego è relativamente semplice definire a priori un tempo di esposizione massimo. In funzione di questo e della lunghezza d'onda si stabilisce il Livello di Esposizione Accessibile (LEA) e sulla base di questo parametro, le sorgenti laser sono classificate dal costruttore [19].

Per quanto riguarda le sorgenti incoerenti, le loro modalità di impiego sono numerose e risultano meno controllate e ancora poco presenti nella cultura della prevenzione.

In **Tabella 5** sono riportati alcuni principali campi di applicazione delle ROA incoerenti.

**Tabella 5:** Principali campi di applicazione delle ROA (sorgenti incoerenti) [23]

ESEMPI DI SORGENTI NON COERENTI *	
IR	Riscaldatori radianti
	Forni di fusione metalli e vetro
	Cementerie
	Lampade per riscaldamento a incandescenza
	Dispositivi militari per la visione notturna
VISIBILE	Sorgenti di illuminazione artificiale (lampade ad alogenuri metallici, al mercurio, sistemi LED, ...)
	Lampade per uso medico (fototerapia neonatale e dermatologica) / estetico
	Luce pulsata - IPL (Intense Pulsed Light) -
	Saldatura
UV	Sterilizzazione
	Essiccazione inchiostri, vernici
	Fotoincisione
	Controlli difetti di fabbricazione
	Lampade per uso medico (es: fototerapia dermatologica) e/o estetico (abbronzatura) e/o di laboratorio
	Luce pulsata - IPL
Saldatura ad arco / al laser	
* Alcune delle sorgenti di cui sopra emettono non solo nella banda di riferimento, ma anche in quelle vicine	

Una ROA incoerente è caratterizzato dalla radianza, espressa in  $W/m^2sr$  e dalla radianza spettrale, espressa in  $W/m^2sr\ nm$ , dalla irradianza (o irradiazione), espressa in  $W/m^2$  e irradianza (o irradiazione) spettrale, espressa in  $W/m^2\ nm$ . In generale è necessario tenere conto della dipendenza dei diversi effetti dalla lunghezza d'onda della radiazione e introdurre quindi delle curve di ponderazione spettrale con riferimento ai principali effetti noti ( $S\lambda$ ,  $B\lambda$ ,  $R\lambda$ ).

Infine occorre considerare anche l'esposizione radiante, espressa in  $J/m^2$ .

La definizione delle grandezze, le curve di ponderazione spettrale  $S\lambda$ ,  $B\lambda$ , e  $R\lambda$ , e i valori limite di esposizione sono riportati nell'Allegato XXXVII del DLgs. 81/2008 [11].

Ma quali sono le sorgenti ROA non coerenti per le quali si deve procedere alla valutazione del rischio?

Un elenco, desunto dalle pubblicazioni dell'ICNIRP [20],[21] e dalla Health Protection Agency [22] è stata redatta a cura del Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province Autonome [23] (**Tabella 6**).

Per quanto riguarda le lampade ed i sistemi di lampada utilizzati nell'illuminazione degli ambienti di lavoro occorre fare riferimento alla classificazione e alle modalità di misura recentemente recepite anche a livello nazionale dalla norma CEI EN 62471:2010 [25] e delle norme UNI EN 14255 [26], [27], [28], [29].

**Tabella 6:** Principali sorgenti non coerenti di radiazione ottica che necessitano di un approfondimento delle valutazioni del rischio [23]

Sorgente	Possibilità di sovraesposizione	Note
Lampade germicide per sterilizzazione e disinfezione	Elevata	Gli UVC emessi dalle lampade sono utilizzati per sterilizzare aree di lavoro e locali in ospedali, industrie alimentari e laboratori.
Lampade/sistemi LED per fototerapia	Elevata	La radiazione UV è utilizzata per le terapie in dermatologia e la "luce blu" è utilizzata nell'ambito di attività sanitarie (es. fototerapia dell'ittero neonatale, chirurgia refrattiva).
Lampada ad alogenuri metallici	Bassa (Elevata se visione diretta)	Sono utilizzate nei teatri, in ambienti vasti (es. supermercati) e aperti per l'illuminazione esterna e possono superare sia i limiti per gli UV che per la radiazione visibile e in particolare per la "luce blu" per visione diretta della sorgente.
Lampade scialitiche da sala operatoria	Bassa (Elevata se visione diretta)	Per talune lampade i valori limite di esposizione per la luce blu possono essere superati in 30 minuti in condizioni di visione diretta della sorgente.
Lampade abbronzanti	Media - Elevata	Le sorgenti utilizzate in ambito estetico per l'abbronzatura possono emettere sia UVA che UVB i cui contributi relativi variano a seconda della loro tipologia. Queste sorgenti superano i limiti per i lavoratori per esposizioni dell'ordine dei minuti.
Lampade per usi particolari eccetto lampade classificate nel gruppo "Esente"	Media - Elevata	Si tratta di lampade fluorescenti non per illuminazione generale quali quelle utilizzate in acquari e terrari. Queste lampade presentano elevate irradiazioni UVB che possono portare a sovraesposizioni in pochi minuti, soprattutto a distanze ravvicinate.
Lampade per uso generale e lampade speciali classificate nei gruppi 1,2,3 ai sensi della norma CEI EN 62471:2010	Basso-Media-Elevata	Inclusi sistemi LED.
Apparecchiature con sorgenti IPL per uso medico o estetico	Elevata-Molto Elevata	Emissioni di radiazioni ottiche potenzialmente molto superiori ai valori limite anche per pochi secondi.

La norma CEI EN 62471:2010, tenendo conto della complessità della valutazione e del controllo dei rischi legati alla radiazione ottica emessa da una sorgente a banda larga (come si configurano tutte le lampade utilizzate nell'illuminazione) e all'influenza che elementi ottici, quali lenti, diffusori, rifrattori, riflettori, presenti negli apparecchi di illuminazione, possono produrre, definisce una procedura di misura normalizzata che tiene conto di:

- distribuzione spettrale del sistema di illuminazione (che può essere diverso da quella emessa dalla lampada per la presenza di elementi ottici filtranti);
- dimensione effettiva della sorgente o sua proiezione nella regione dello spettro del rischio retinico;
- variazione dell'irradianza e radianza effettiva in funzione della distanza.

Testualmente la norma [25] afferma che "...la misura della radiazione ottica, finalizzata al calcolo dei valori relativi alla radiazione fotobiologica, rappresenta una sfida significativa per i radiometrici....", sottolineando l'estrema difficoltà di esecuzione della misura perché il campo di vista varia a seconda della valutazione

del rischio fotobiologico connesso alla tipologia e alla modalità dell'attività lavorativa [18].

Occorre quindi sottolineare come la verifica strumentale debba essere condotta solo nel caso in cui non sono disponibili dati forniti dai produttori di lampade e sistemi di lampade e nel caso in cui non siano possibili valutazioni di calcolo che tengano conto dei tempi e modalità di esposizione e delle distanze dalle sorgenti luminose. Nella norma [25], ai fini della valutazione del rischio, le lampade e i sistemi di lampade, sono classificate in quattro categoria (**Tabella 7**).

**Tabella 7:** Le quattro classi di rischio individuate dalla norma CEI EN 62471 [25]

Gruppo	Stima del rischio
<b>Esente</b>	Nessun rischio fotobiologico
<b>Gruppo 1</b>	Nessun rischio fotobiologico nelle normali condizioni di impiego
<b>Gruppo 2</b>	Non presenta rischio in condizioni di riflesso naturale di avversione alla luce o effetti termici
<b>Gruppo 3</b>	Pericoloso anche per esposizioni momentanee

Lo schema di classificazione e i valori di rischio ad essi associati si riferiscono alle seguenti condizioni:





- per le lampade per illuminazione generale (GLS) di ambienti generalmente occupati e osservati da persone, i valori di rischio sia per l'irradianza sia per la radianza devono essere indicati ad una distanza alla quale si produce un illuminamento di 500 lux, ma non ad una distanza inferiore a 200 mm;
- per tutte le altre sorgenti luminose, comprese le lampade pulsati, i valori di rischio devono essere indicati a una distanza di 200 mm.

In **Tabella 8**, sono riportati i limiti di emissione riferiti ai primi tre gruppi.

**Tabella 8:** Limiti di emissione per i gruppi di rischio per le lampade a onda continua [25]

Rischio	Spettro	Simbolo	Limiti di emissione			Unità
			Esente	Rischio basso	Rischio moderato	
UV Attinico	$S_{UV}(\lambda)$	$E_s$	0,001	0,003	0,03	$W \cdot m^{-2}$
Vicino UV		$E_{UVA}$	10	33	100	$W \cdot m^{-2}$
Luce blu	$B(\lambda)$	$L_B$	100	10000	400000	$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$
Luce blu sorgente piccola	$B(\lambda)$	$E_B$	1,0*	1	400	$W \cdot m^{-2}$
Termico retinico	$R(\lambda)$	$L_R$	$28000/\alpha$	$28000/\alpha$	$71000/\alpha$	$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$
Termico retinico, stimolo visibile debole **	$R(\lambda)$	$L_{R2}$	$6000/\alpha$	$6000/\alpha$	$6000/\alpha$	$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$
Radiazione IR, occhio		$E_{IR}$	100	570	3200	$W \cdot m^{-2}$
* Sorgente piccola definita come avente $\alpha < 0,011$ radianti. Il campo di vista a 10000 s è 0,1 radianti.						
** Comporta la valutazione di una sorgente non GLS						

Inoltre, si ricorda che tutti gli apparecchi di illuminazione per poter riportare la marcatura CE devono essere conformi alla norma CEI EN 60598/1:2008 [30], in cui vengono definite le prescrizioni per il controllo di emissioni della radiazioni UV. Le principali sono le seguenti [31]:

- se le lampade ad alogenuri metallici o le lampade ad alogeni emettono un basso valore di UV ( $<2\text{mW/klm}$ ) sono identificate dal simbolo , sono quindi equivalenti al rischio “esente” secondo la EN 62471 e pertanto non è necessaria alcuna prescrizione aggiuntiva sull'apparecchio di illuminazione;
- se le lampade ad alogenuri metallici o le lampade ad alogeni emettono un valore di UV compreso tra 2 e 6 mW/klm sono identificate dal simbolo , sono equivalenti al rischio basso secondo la EN 62471 e pertanto è richiesto un vetro di protezione sull'apparecchio di illuminazione per limitare le emissioni di UV dallo stesso apparecchio entro i valori di sicurezza;
- se le lampade ad alogenuri metallici o le lampade ad alogeni emettono un valore di UV superiore ai 6 mW/klm (equivalente al rischio medio e alto della EN 62471) possono essere identificate dai simboli  e  e pertanto è richiesto un vetro di protezione con un fattore di trasmissione UV determinato sulla base dell'appendice P della norma EN 60598-1 per garantire che l'emissione finale dell'apparecchio di illuminazione sia entro i valori di sicurezza.

Ne consegue che tutti gli apparecchi di illuminazione conformi alla CEI EN 60598/1:2008 e che utilizzano lampade alogene e lampade ad alogenuri metallici sono classificati a rischio “esente” per il pericolo “UV” in accordo alla EN 62471:2010 [31].

Alla luce di queste considerazioni e al fine di fornire ai progettisti illuminotecnici e agli operatori del settore indicazioni utili per l'illuminazione funzionale degli ambienti di lavoro, l'ASSIL (Associazione Nazionale Produttori Illuminazione) ha redatto [31] un elenco dei prodotti di illuminazione considerati sicuri ed esenti da ulteriori valutazioni di calcolo e di misura delle ROA (**Tabella 9**).

Per quanto riguarda le sorgenti LED, che sempre più frequentemente vengono utilizzate come sorgenti luminose negli apparecchi di illuminazione, occorre sottolineare che esse non sono diverse dalle altre sorgenti per quanto riguarda il rischio fotobiologico, anche se, inizialmente, sono state considerate quali sorgenti coerenti, assimilate ai laser. Solo recentemente la normativa è stata modificata e i LED sono stati compresi tra le sorgenti ROA incoerenti in base alla CEI EN 62471:2010 [25].

Le sorgenti LED per l'illuminazione generale non emettono normalmente IR e UV, e non raggiungono mai il rischio 3. Le misurazioni hanno dimostrato che i LED di potenza ad elevata prestazione non raggiungono mai un livello di rischio superiore al gruppo 2, “...sicurezza dovuta alla risposta naturale a distogliere lo sguardo da una luce molto brillante...” [32].

Nella realizzazione di apparecchi che utilizzano sorgenti LED, la lente dell'ottica e altri sistemi ottici possono modificare l'intensità di radiazione, pertanto una valutazione del rischio fotobiologico deve essere condotta partendo dai dati di emissione dei moduli LED.



Al fine di una corretta valutazione del rischio dovuto all'esposizione a lampade o sistemi di lampade non classificabili come "esenti" occorre procedere comunque ad una analisi conoscitiva preliminare riguardante [23]:

- il numero, la posizione e la tipologia delle sorgenti da considerare;
- la possibilità di riflessioni (scattering) della radiazione da pareti, apparecchiature, oggetti contenuti nell'ambiente;
- i dati spettrali della sorgente;
- l'emissione della sorgente (costante o variabile);
- la distanza operatore-sorgente e le caratteristiche del campo visivo professionale;
- il tempo di permanenza dell'operatore nella posizione esposta.

**Tabella 9:** Elenco di sorgenti luminose primarie e secondarie che non necessitano di ulteriori verifiche o valutazioni da parte del datore di lavoro [31]

Sorgente luminosa	Condizioni di utilizzo
Apparecchio di illuminazione a soffitto con lampade a fluorescenza con schermo diffusore	Tutte
Apparecchio di illuminazione con lampade a fluorescenza compatte	Tutte
Proiettori con lampade a fluorescenza compatte	Tutte
Apparecchi per la cattura di insetti che usano lampade UVA	Tutte
Apparecchio di illuminazione a soffitto con lampade spot ad alogeni	Tutte
Lampade a filamento di tungsteno per illuminazione di aree di lavoro (incluse le lampade daylight)	Tutte
Apparecchi di illuminazione a soffitto con lampade ad incandescenza	Tutte
Indicatori LED	Tutte
Indicatori di posizione, freno, retromarcia e retronebbia di veicoli	Tutte
Illuminazione stradale	Tutte
Apparecchio di illuminazione a soffitto con lampade a fluorescenza senza schermo diffusore	Ambienti con illuminamento inferiore ai 600 lux
Proiettori per lampade a vapori di alogenuri e mercurio alta pressione	Se utilizzati con schermo frontale intatto e se non in linea con la vista.
Tutti i prodotti classificati nel gruppo esente (CEI EN 62471)	Se non in linea con la vista (potrebbero essere non sicuri se lo schermo è rimosso)
Fari di veicoli (abbaglianti e anabbaglianti)	Se la visione prolungata all'interno dei fasci luminosi è evitata

## 5. CONCLUSIONI

Appare evidente da quanto detto in precedenza come l'esposizione alla luce abbia effetti positivi e negativi sulla salute, così come la qualità dell'ambiente luminoso influenzi le condizioni di comfort e benessere degli ambienti di lavoro.

È responsabilità del progettista illuminotecnico conoscere le caratteristiche e la complessità del sistema visivo e biologico ed i possibili rischi connessi all'esposizione alla luce e, più in generale, alle radiazioni ottiche, individuando le soluzioni illuminotecniche più idonee per garantire salute, comfort e benessere, così come è responsabilità dei produttori di sorgenti luminose e apparecchi di illuminazione fornire tutte le indicazioni di carattere tecnico relativo allo spettro di emissione della radiazione, non solo nel campo del visibile.

A questo proposito potrebbe essere utile procedere, anche a livello europeo, ad una "etichettatura" vera e propria degli apparecchi di illuminazione, con riferimento agli aspetti della sicurezza fotobiologica, in base al tipo di sorgente e alla presenza di sistemi ottici e schermi, così come previsto già da tempo dalla normativa statunitense [33].

Questa possibile etichettatura potrebbe riguardare la realizzazione di nuovi prodotti, facilitandone la scelta e l'utilizzo da parte dei professionisti, anche se rimarrebbe aperta la necessità di dover valutare e/o misurare i prodotti esistenti ed installati che, in assenza di una indicazione del produttore, dovrebbero essere comunque verificati. Un'altra considerazione che emerge è quella della scarsa conoscenza, anche a livello di professionisti e operatori del settore, dell'influenza del sistema di illuminazione, sul benessere e la salute, mentre appare più consolidato l'approccio progettuale orientato a garantire la prestazione ed il comfort visivo.

L'ingresso inoltre in ambito illuminotecnico di nuove tecnologie, quali i LED, con caratteristiche di emissione spettrale, di luminanza e di dimensioni anche molto differenti dalle sorgenti luminose tradizionali, ha ulteriormente reso complesso il quadro di riferimento e la messa a disposizione di dati tecnici affidabili.

Solo la effettiva ed intensa collaborazione tra figure professionali diverse ed i produttori può portare ad una maggiore cultura e sensibilità, proponendo soluzioni illuminotecniche riferite a differenti ambiti lavorativi, tenendo in conto anche delle tipologie e delle modalità di svolgimento dell'attività.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Proceeding of the 1<sup>st</sup> CIE Symposium on *Lighting Quality*, 1998, Vienna
- [2] IESNA. *Lighting Handbook. Reference & Application*. Ninth Edition, FIES editor in Chief, 2000, New York
- [3] J. A. Veitch. *Lighting for well-being: a revolution in lighting?* Proceeding of the 2<sup>nd</sup> CIE Expert Symposium on *Lighting and Health*", 2006, Ottawa, pag. 56-61
- [4] W. v. Bommel. *Dynamic lighting at work – both in level and color*. Proceeding of the 2<sup>nd</sup> CIE Expert Symposium on *Lighting and Health*", 2006, Ottawa, pag. 62-67

- [5] E. De Groot, M. Knoop. *Benefits of photobiological light exposure during night-shift work*. Proceeding of the 2<sup>nd</sup> CIE Expert Symposium on Lighting and Health", 2006, Ottawa, pag. 112-115
- [6] W. v. Bommel, J. G. v. d. Beld. *Lighting for work: a review of visual and biological effects*, Lighting Research and Technology, 2004, n° 36, pag. 255-266
- [7] P. R. Boyce. *Implication for lighting – what do we know*, Proceeding of the 2<sup>nd</sup> CIE Expert Symposium on Lighting and Health", 2006, Ottawa, pag. 27-31
- [8] W. v. Bommel. *Non-visual biological effect of lighting and the practical meaning for lighting for work*, Applied Ergonomics, 2006, n° 37, pag. 461-466
- [9] CIE, Commission International de l'Eclairage. *Ocular lighting effects on human physiology and behaviour*, CIE 158:2004
- [10] Direttiva Europea 2006/25/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 5 aprile 2006 sulle *Prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (radiazioni ottiche artificiali)* (diciannovesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE)
- [11] Decreto Legislativo 9 aprile 2008 n. 81. *Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro*. (S.O. n. 108/L della Gazzetta Ufficiale n. 101 del 30 aprile 2008)
- [12] UNI EN 12464/1 – 2004. *Luce e illuminazione. Illuminazione dei posti di lavoro Parte 1 – Posti di lavoro in interni*
- [13] UNI EN ISO 9241-6: 2001. *Requisiti ergonomici per il lavoro di ufficio con video terminali (VDT). Guida sull'ambiente di lavoro*
- [14] CIE, Commission International de l'Eclairage. *Discomfort glare in interior lighting*, CIE 117:1995
- [15] C. Aghemo, B. Piccoli. *Analisi delle condizioni illuminotecniche nei luoghi di lavoro*, Giornale Italiano di Medicina del Lavoro ed Ergonomia, 2004, pag. 387-392
- [16] G. C. Brainard, I. Provencio. *Photoreception for the neurobehavioral effects of light in humans*. Proceeding of the 2<sup>nd</sup> CIE Expert Symposium on Lighting and Health", 2006, Ottawa, pag. 6-21
- [17] M. G. Figueiro. *Lighting for Alzheimer's care*. Proceeding of the 2<sup>nd</sup> CIE Expert Symposium on Lighting and Health", 2006, Ottawa, pag. 69-72
- [18] B. Piccoli, P. Troiano, A. Bergamaschi. *Rischi e danni per l'apparato visivo da esposizione a "luce blu" nel terziario e nell'industria*, Atti del 4° Convegno Nazionale dei responsabili della igiene e sicurezza in ambiente di lavoro (dBA 2006), Rischi fisici negli ambienti di lavoro, volume 3: Campi elettromagnetici radiazioni ottiche e ionizzanti, pag. 151-161
- [19] F. Frigerio. *La valutazione dell'esposizione dei lavoratori a radiazioni ottiche artificiali*, Giornale Italiano di Medicina del Lavoro ed Ergonomia, 2010, pag. 40-48
- [20] ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection). *Guidelines on limits of exposure to broad-band incoherent optical radiation (0.38 to 3 μM)*, settembre 1997, Volume 73, numero 3

- [21] ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection). *Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelengths between 180 nm and 400 nm (incoherent optical radiation)*, agosto 2004, Volume 87, numero 2
- [22] Health Protection Agency. *A Non-Binding Guide to the Artificial Optical Radiation Directive 2006/25/EC*. Radiation Protection Division, Health Protection Agency
- [23] Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province Autonome, Decreto Legislativo 81/2008. *Indicazioni operative sulla prevenzione e protezione dai rischi dovuti all'esposizione a radiazioni ottiche artificiali nei luoghi di lavoro*, marzo 2010
- [24] P. R. Pais. *La nuova normativa di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro. D. Lgs. 9 aprile 2008 n° 81*. EPC LIBRI Editore, 2008, Roma
- [25] CEI EN 62471:2010. *Sicurezza fotobiologica delle lampade e dei sistemi di lampada*
- [26] UNI EN 14255-1: 2005. *Misurazione e valutazione dell'esposizione personale a radiazioni ottiche incoerenti. Parte 1: Radiazioni ultraviolette emesse da sorgenti artificiali nel posto di lavoro*
- [27] UNI EN 14255-2: 2005. *Misurazione e valutazione dell'esposizione personale a radiazioni ottiche incoerenti. Parte 2: Radiazioni visibili ed infrarosse emesse da sorgenti artificiali nel posto di lavoro*
- [28] UNI EN 14255-3: 2005. *Misurazione e valutazione dell'esposizione personale a radiazioni ottiche incoerenti. Parte 3: Radiazioni UV emesse dal sole*
- [29] UNI EN 14255-4: 2007. *Misurazione e valutazione dell'esposizione personale a radiazioni ottiche incoerenti. Parte 4: Terminologia e grandezze utilizzate per le misurazioni delle esposizioni a radiazioni UV, visibili e IR*
- [30] CEI EN 60598-1:2008. *Apparecchi di illuminazione. Parte 1: Prescrizioni generali e prove*
- [31] ASSIL (Associazione Nazionale Produttori Illuminazione). *Valutazione della Radiazione Ottica Artificiale (ROA) per l'illuminazione degli ambienti di lavoro*, Area Tecnica ASSIL, Milano, aprile 2010
- [32] ASSIL (Associazione Nazionale Produttori Illuminazione). *Guida LED per costruttori di apparecchi di illuminazione e semilavorati*, Milano, novembre 2009
- [33] ANSI/IESNA RP-27.3-96. *Photobiological Safety for Lamps - Risk Group Classification and Labeling*



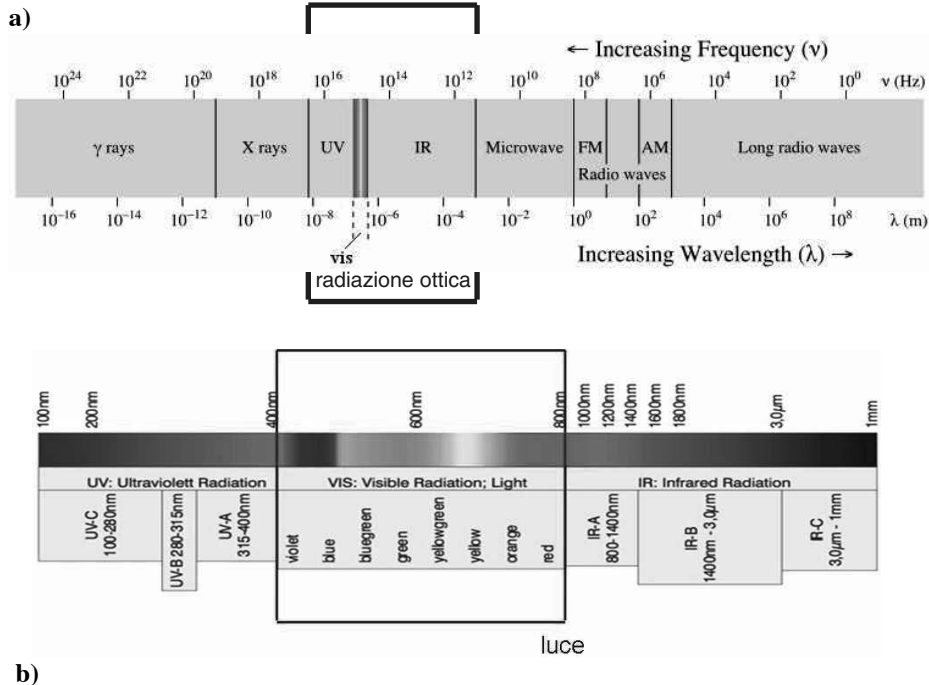
**RADIAZIONE OTTICA COERENTE E NON COERENTE: NORME TECNICHE DI PRODOTTO, CERTIFICAZIONE E MISURE DI LABORATORIO**

**Emanuela Franchina, Paola Giannetta, Giuseppe Migale**

IMQ S.p.A. – Milano

**1. RADIAZIONE OTTICA E RISCHI FOTOBIOLOGICI SULL’UOMO**

Con il termine ‘radiazione ottica’ si intende l’insieme delle radiazioni ultraviolette, visibili e infrarosse dello spettro delle radiazioni elettromagnetiche (**Figura1**). Se l’esposizione alle radiazioni ottiche diventa eccessiva, queste possono generare lesioni agli organi del corpo umano più esposti: la cute e gli occhi.



**Figura 1:** Spettro della radiazione (a) elettromagnetica e (b) ottica

I meccanismi che governano gli effetti sono quelli dell'assorbimento delle radiazioni nei diversi 'materiali' in cui il fascio incide.

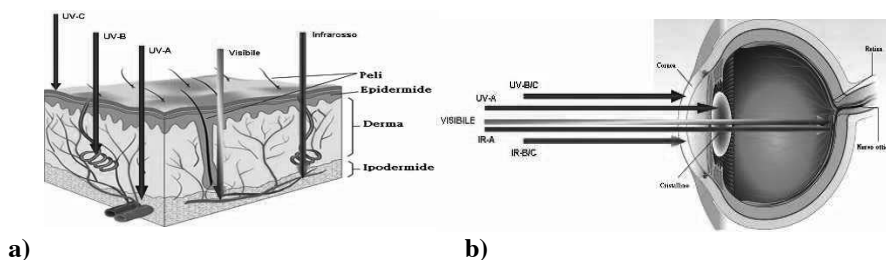
Diversi sono i parametri che determinano i rischi, in particolare:

- la lunghezza d'onda della radiazione,
- il tempo di esposizione,
- la durata dell'impulso,
- la natura della radiazione, se coerente o incoerente
- la dimensione della sorgente.

Dall'interazione tra i tessuti organici e la radiazione ottica possono scaturire sia effetti termici e/o termoacustici sia processi fotochimici

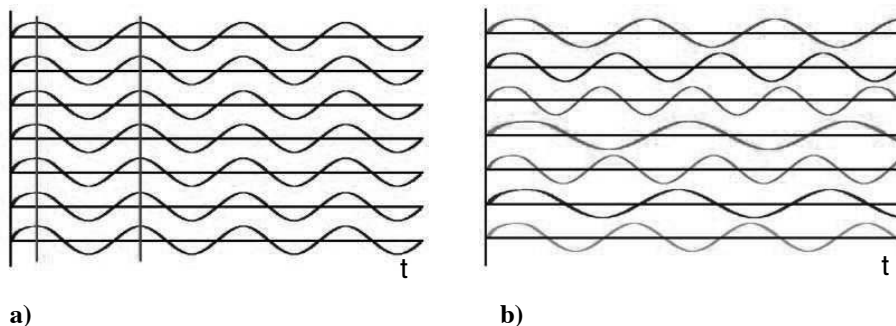
L'assorbimento della radiazione da parte del tessuto interessato dipende principalmente dalla lunghezza d'onda con la quale questa radiazione si propaga.

In **Figura 2** viene mostrato il grado di penetrazione delle radiazioni ottiche attraverso la cute (a) e l'occhio umano (b).



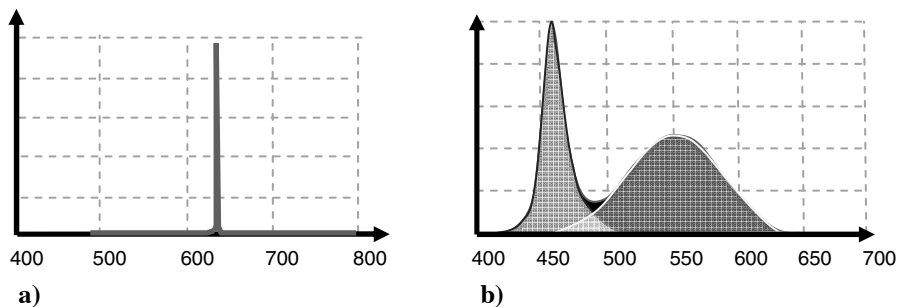
**Figura 2:** Grado di penetrazione attraverso (a) la cute e (b) l'occhio

Le patologie associate ad una eccessiva esposizione alla radiazione ottica sono riassunte in **Tabella 1**. Per una corretta valutazione dei rischi è necessario distinguere tra radiazione ottica coerente e non coerente. Una radiazione ottica coerente ha la caratteristica di propagarsi nel tempo attraverso onde elettromagnetiche con la stessa fase (**Figura 3a**) a differenza di quelle incoerenti che si propagano attraverso onde non in fase tra loro (**Figura 3b**).



**Figura 3:** Radiazione ottica (a) coerente e (b) non-coerente

Questa differenza viene mostrata graficamente nella **Figura 4**. La radiazione coerente presenta uno spettro di emissione ad una singola lunghezza d'onda e con un picco stretto (**Figura 4a**), mentre lo spettro di una radiazione non coerente è molto più largo (**Figura 4b**).



**Figura 4:** Spettro di emissione di una radiazione (a) LASER e (b) incoerente

Le proprietà di una radiazione laser sono la coerenza, la monocromaticità e la direzionalità. A parità di potenza emessa, un laser può dare luogo a rischi molto maggiori di una sorgente non coerente in quanto, grazie alla coerenza spaziale, la potenza è concentrata in un fascio di piccole dimensioni: se il corpo umano intercetta il fascio, anche a distanze relativamente grandi, ne può derivare un danno immediato.

**Tabella 1:** Effetti dovuti all'esposizione a ROA nelle diverse regione spettrali

Regione spettrale	Occhio	Pelle
Ultravioletto C (da 180 nm a 280 nm)	Fotocheratite	Eritema (scottatura solare)
Ultravioletto B (da 280 nm a 315 nm)		Accelerazione del processo di invecchiamento della pelle Aumento della pigmentazione
Ultravioletto A (da 315 nm a 400 nm)	Cataratta fotochimica	Incurimento del pigmento
Visibile (da 400 nm a 780 nm)	Lesione fotochimica termica della retina	Reazioni fotosensibili Bruciatura della pelle
Infrarosso A (da 780 nm a 1 400 nm)	Cataratta, bruciatura della retina	Bruciatura della pelle
Infrarosso B (da 1.4 mm a 3.0 mm)	Infiammazione dell'umore acqueo, cataratta, bruciatura della cornea	
Infrarosso C (da 3.0 mm a 1mm)	Bruciatura della sola cornea	



D'altra parte però, la probabilità di essere esposti ad un fascio laser è bassa (esposizione accidentale).

L'esposizione alla radiazione ottica non coerente, invece, può anche non essere accidentale (per esempio esposizione alla luce degli apparecchi di illuminazione), e il danno può manifestarsi in casi eccezionali, ossia quanto l'energia della radiazione supera determinati livelli di intensità.

Date queste differenze si evince che la pericolosità e la valutazione dei rischi nelle due tipologie di radiazione debba essere distinta tra radiazione ottica coerente e radiazione ottica non coerente.

In seguito verranno fatte considerazioni solo sulle radiazioni ottiche artificiali (ROA).

## 2. NORME TECNICHE DI PRODOTTO

Per la valutazione dei rischi da ROA è necessario distinguere due tipi di misure: la prima è intrinseca della sorgente e determina una classificazione mediante le Norme tecniche di prodotto, la seconda è dettata dall'utilizzo e definisce l'esposizione alla quale l'operatore è soggetto. Da queste misure si possono definire i metodi precauzionali per ridurre la radiazione incidente a valori di 'sicurezza'. Il primo passo è quindi la necessità di classificare le sorgenti.

Le norme per la classificazione dei prodotti che incorporano sorgenti di radiazione ottica, sono principalmente due e distinte per il tipo di radiazione.

Le norme di riferimento sono le seguenti:

- IEC 60825-1 - *Sicurezza dei dispositivi laser - Parte 1: Classificazione, requisiti e manuale d'uso*, per le sorgenti coerenti
- IEC 62471 - *Sicurezza fotobiologica delle lampade e dei sistemi di lampada*, per le sorgenti non coerenti.

### 2.1. RADIAZIONE OTTICA COERENTE

L'edizione corrente della IEC 60825-1 per la classificazione delle sorgenti laser è quella del 2007 a livello internazionale ed europeo (in caso di norma europea il riferimento è EN 60825-1), mentre quella di riferimento a livello nazionale è l'edizione CEI EN 60825-1: 2010.

L'edizione EN del 2007 (CEI 2010) è l'unica edizione che dovrà essere applicata in Europa dal 1° settembre 2010.

Questa Norma permette di classificare le sorgenti LASER in 7 Classi (1,1M, 2, 2M, 3R, 3B e 4) in funzione della loro pericolosità intrinseca. Vengono stabiliti dei Limiti di Emissione Accessibile (LEA) che dipendono dalla lunghezza d'onda, dalla durata dell'esposizione e dall'angolo sotteso dalla sorgente. La Norma stabilisce le condizioni di misura (principalmente la distanza, il campo di vista, la base dei tempi e la dimensione dell'apertura per limitare la radiazione incidente sul rilevatore) e i requisiti che il prodotto deve rispettare per la conformità alla stessa. I requisiti richiesti riguardano principalmente: la marcatura (per il prodotto, per le uscite LASER e per gli eventuali pannelli d'accesso), le informazioni per l'utilizzatore, i

blocchi di sicurezza, il riarmo manuale, il comando a chiave, la segnalazione di emissione LASER (acustico e/o visivo) e il dispositivo di arresto del fascio o attenuatore. Alcuni requisiti sono necessari solo per LASER che emettono radiazione ottica superiore a determinati LEA, come schematizzato:

Classe LASER	Pannelli di accesso e blocchi di sicurezza	Connettore di blocco a distanza	Riarmo manuale	Comando a chiave	Segnalazione di emissione di radiazione laser	Dispositivo di arresto del fascio o attenuatore
3R	X				X*	
3B	X	X		X	X	X
4	X	X	X	X	X	X

\* Solo per radiazione non visibile

I prodotti che incorporano LASER devono riportare una targa gialla con scritte nere, delle dimensioni opportune e con determinati contenuti (ad eccezione delle Classi 1 e 1M che possono, a scelta del costruttore, essere riportate nelle informazioni per l'utilizzatore anziché sul prodotto).

Queste targhe devono essere posizionate in modo da non esporre l'utilizzatore a radiazione ottica superiore al LEA della Classe 1.

La IEC/EN 60825-1 si applica sia sui LASER sia sui sistemi che incorporano un LASER al loro interno, in questo secondo caso la classificazione del prodotto finito può essere 'migliorativa' rispetto al LASER contenuto all'interno. Per la classificazione si deve considerare la condizione di uso normale, di manutenzione e di singolo guasto.

Esistono altre Norme correlate alla IEC/EN 60825-1, ovvero:

- IEC 60825-2:2004 – *Sicurezza degli apparecchi LASER - Part 2: Sicurezza dei sistemi di telecomunicazione a fibre ottiche (OFCS)* (Pubblicazione CEI 76-4 con recepimento italiano del 2006)
- IEC/TR 60825-3:2008 - *Safety of laser products - Part 3: Guidance for laser displays and shows*
- IEC 60825-4:2006 - *Sicurezza degli apparecchi LASER - Part 4: Barriere per laser* (Pubblicazione CEI 76-5 con recepimento italiano del 2010) – questa Norma fornisce informazioni di progetto e costruttive per le protezioni laser ed i materiali, in modo particolare nei casi in cui vengano impiegati laser di elevata potenza)
- IEC/TR 60825-5:2003 - *Safety of laser products - Part 5: Manufacturer's checklist for IEC 60825-1*
- IEC/TR 60825-8:2006 - *Safety of laser products - Part 8: Guidelines for the safe use of laser beams on humans*
- IEC/TR 60825-9:1999 - *Safety of laser products - Part 9: Compilation of maximum permissible exposure to incoherent optical radiation*

- IEC/TR 60825-10:2002 - *Safety of laser products - Part 10: Application guidelines and explanatory notes to IEC 60825-1*
- IEC 60825-12:2004 - *Sicurezza degli apparecchi LASER - Part 12: Sicurezza dei sistemi ottici di comunicazione nello spazio libero utilizzati per la trasmissione di informazioni.* (Pubblicazione CEI 76-6 con recepimento italiano del 2005)
- IEC/TR 60825-13:2006 - *Safety of laser products - Part 13: Measurements for classification of laser products*
- IEC/TR 60825-14:2004 - *Safety of laser products - Part 14: A user's guide*

Per gli apparecchi laser medicali di Classe 3B e 4:

- IEC 60601-2-22:2007 - *Medical electrical equipment - Part 2-22: Particular requirements for basic safety and essential performance of surgical, cosmetic, therapeutic and diagnostic laser equipment* (attualmente non recepita in Italia, vale l'edizione precedente con recepimento nel 1997).

I rapporti tecnici (TR) sono delle linee guida, non sono normativi.

Inoltre, a livello nazionale esistono altre guide utili per la valutazione e riduzione dei rischi:

- CEI 76 (fascicolo 3849R):1998 - *Guida per l'utilizzazione di apparati laser*
- CEI 76 (fascicolo 3850R):1998 - *Guida per l'utilizzazione di apparati laser per laboratori di ricerca*
- CEI 76-6 (5928):2001 - *Guida all'uso degli apparecchi laser in medicina*
- CEI CLC/TR 50493:2007 - *Formulazioni nazionali delle avvertenze su etichette relative ai laser*
- ISO/IEC 11553-1: 2005 - *Safety of machinery - Laser processing machines - Part 1: General safety requirements*

La normativa, a differenza delle Direttive e dei DLgs., non è cogente, ma stabilisce le regole per garantire la sicurezza dei prodotti; le Direttive e i DLgs. si avvalgono però delle Norme per stabilire la conformità dei prodotti e quindi la salute e la sicurezza degli utilizzatori.

## 2.2. RADIAZIONE OTTICA NON COERENTE

La norma IEC62471:2006 (EN 62471: 2008 – CEI EN 62471: 2009) fornisce una guida per la valutazione della sicurezza fotobiologica delle lampade e dei sistemi di lampada, inclusi gli apparecchi di illuminazione. In particolare specifica:

- i limiti di esposizione,
- lo schema di classificazione,
- la tecnica di misura di riferimento

per la valutazione e il controllo dei rischi fotobiologici derivanti da tutte le sorgenti di radiazione ottica ad ampio spettro (compresi i LED), alimentate elettricamente nel campo di lunghezze d'onda compreso tra 200nm e 3000nm.

I limiti di esposizione rappresentano quelle condizioni entro le quali si ritiene che la quasi totalità delle persone risponda all'esposizione con rischi più o meno elevati per la salute.

In particolare i limiti di esposizione sono così schematizzabili:

- valori basati sull'irradianza definita come la *quantità di flusso (o potenza) radiante incidente su di una superficie*,  $W \cdot m^{-2}$ . Tramite tale grandezza vengono quantificati i potenziali rischi per la cute e gli organi più esterni dell'occhio, cornea e cristallino. Di seguito i rischi relativi:

Tipo di rischio	Intervallo di lunghezze d'onda (nm)	Organo interessato
UV attinico	200 - 400	cute, cornea e cristallino
UVA	315 - 400	cristallino
Luce blu (sorgenti piccole)	300 - 700	retina
Infrarosso (IRA e IRB)	780 - 3000	cornea e cristallino
Termico	380 - 3000	cute

- valori basati sulla radianza definita come la *quantità di flusso (o potenza) radiante emessa da una parte della sorgente in una certa direzione*  $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$ . Tramite tale grandezza vengono quantificati i potenziali rischi per l'organo più interno dell'occhio umano, la retina. Di seguito i rischi relativi:

Tipo di rischio	Intervallo di lunghezze d'onda (nm)	Organo interessato
Luce blu	300 - 700	retina
Retinico termico	380 - 1400	
Retinico termico debole (luminanza < 10 <sup>4</sup> )	780 - 1400	

Questi limiti espositivi si applicano alle sorgenti continue con durata di esposizione non inferiore a 0,01 ms. Sono esclusi dalla trattazione le persone fotosensibili in quanto maggiormente, e in modo variabile, suscettibili agli effetti negativi della radiazione ottica.

Nelle vicinanze di lampade o sistemi di lampada le persone non devono, perciò, essere esposti a livelli superiori ai limiti espositivi (EL) i cui valori sono tratti dalle linee guida dell'ICNRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection).

E' inoltre opportuno esplicitare alcune precisazioni di seguito riportate:

*Limite di esposizione al rischio UV attinico per l'occhio e la cute:*

il confronto con questo limite deve essere non della misura di irradianza semplice, ma della misura di irradianza pesata tramite la funzione di ponderazione attinica  $S(\lambda)$ .

*Limiti di esposizione ai rischi retinici (rischio da luce blu e rischio termico retinico):*

il confronto delle misure con il limite è richiesto solo se la luminanza della sorgente è superiore a  $10^4 \text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$  poiché ad una luminanza inferiore ci si aspetta che i limiti espositivi non siano superati. Il confronto con questo limite deve essere una misura di radianza pesata tramite la funzione di ponderazione  $B(\lambda)$  nel caso della luce blu ed  $R(\lambda)$  nel caso del termico retinico.

I fattori coinvolti nella determinazione e nell'applicazione dei limiti di esposizione ai rischi retinici sono: il diametro della pupilla (dipendente dalla luminanza), l'angolo sotteso dalla sorgente e la misura del campo di vista (che tengono conto dell'area della retina irradiata, cioè quanto focalizzato da cornea e cristallino sulla retina stessa).

*Limite di esposizione al rischio termico per la cute:*

nel caso di superamento di tale limite la lampada o il sistema di lampada non può essere considerato come servizio per illuminazione generale.

La valutazione della sicurezza fotobiologica risiede nel seguente schema di classificazione:

- *gruppo esente:* nessun rischio fotobiologico
- *gruppo di rischio 1 (rischio basso):* nessun rischio viste le normali limitazioni di funzionamento della lampada o del sistema di lampada
- *gruppo di rischio 2 (rischio moderato):* nessun rischio vista la reazione istintiva che l'occhio umano ha in corrispondenza di elevata luminosità o in seguito ad una sensazione di disagio termico
- *gruppo di rischio 3 (rischio alto):* rischio anche in seguito ad una esposizione momentanea o breve

Una lampada o un sistema di lampada ricade in uno dei gruppi di rischio quanto tutti i valori misurati, in relazione allo spettro di emissione sono al di sotto dei limiti espositivi previsti.

Questo schema di classificazione indica esclusivamente il rischio potenziale. Tali rischi potrebbero diventare reali a secondo dell'utilizzo. Ulteriori precisazioni in merito vengono fornite dalla relazione tecnica IEC/TR62471-2 che servirà come guida per l'implementazione e l'aggiornamento in futuro delle norme di prodotto.

### 2.3. CERTIFICAZIONE DI PRODOTTO

La certificazione di un prodotto passa attraverso le prove di laboratorio effettuate in conformità delle Norme tecniche applicabili al prodotto stesso.

La IECEE (IEC System For Conformity Testing And Certification Of Electrical Equipment) definisce delle regole internazionali per facilitare lo scambio commerciale di apparecchiature elettriche, questo schema è noto come 'schema CB' (Certification Body Scheme). Lo schema si basa sul principio del mutuo riconoscimento (accettazione reciproca) dei suoi membri: i risultati dei test sono riconosciuti per l'ottenimento della certificazione a livello nazionale. Lo schema è inteso a ridurre gli ostacoli al commercio internazionale. Nel caso in cui le Norme nazionali del paese dove si vuole vendere il prodotto presentino delle differenze rispetto alle Norme IEC, queste differenze dovranno essere considerate nel rapporto di prova CB. Il rapporto che attesta la conformità alla relativa Norma genera un certificato CB riconosciuto a livello internazionale. Gli enti che possono emettere un

rapporto CB (NCBs - National Certification Bodies) devono utilizzare laboratori di prova che rispettano i requisiti del regolamento: la possibilità di rilasciare un rapporto CB passa attraverso il riconoscimento del laboratorio da parte della IEC, per quella particolare Norma.

Questi laboratori sono denominati CBTL (CB Testing Laboratories). Oltre al possesso della strumentazione necessaria, per ottenere tale riconoscimento è necessario:

- dare evidenza che la strumentazione è soggetta a taratura periodica
- dimostrare la competenza del personale che esegue le prove,
- rispettare le procedure operative definite dalla IECEE per la conformità dei rapporti di prova emessi.

### **3. MISURE DI LABORATORIO: STRUMENTI, PARAMETRI E REQUISITI DI NORMA**

#### **3.1. RADIAZIONE OTTICA COERENTE (IEC 60825-1:2007)**

Per la caratterizzazione delle sorgenti LASER mediante la IEC/EN 60825-1 è necessario:

- determinare la lunghezza d'onda di emissione mediante un analizzatore di spettro ottico;
- definire la dimensione della sorgente tramite la determinazione dell'angolo  $\alpha$  ossia l'angolo sotteso da questa per valutare la dimensione dell'immagine che si forma sulla retina (considerando che il cristallino focalizza a una distanza di 17mm dalla retina). Se non è possibile valutare  $\alpha$ , la Norma prevede di utilizzare il valore peggiorativo ( $\alpha < \alpha_{\min}$ );
- valutare la durata dell'emissione, sia per sorgenti che emettono una radiazione continua sia per sorgenti pulsate: in questo secondo caso si dovrà valutare il limite e la misura per il singolo impulso e per il treno di impulsi. A questo scopo è indispensabile un fotodiodo con le opportune caratteristiche per rilevare l'andamento temporale dell'emissione.

La Norma impone tre condizioni di misura:

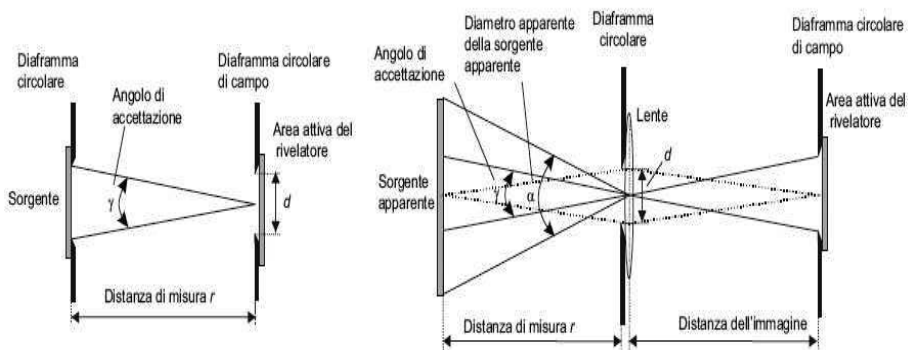
- condizione 1, per i fasci collimati,
- condizione 2, per i fasci divergenti,

entrambe queste condizioni si applicano sempre considerando la peggiorativa ai fini della classificazione,

- condizione 3 si applica solo per i fasci di scansione o per valutare la radiazione di Classe 1M o 2M.

Queste tre condizioni implicano la misura di potenza (o di energia) mediante un misuratore di potenza ottica adeguato alla radiazione da misurare a determinate distanze e con determinate dimensioni dell'apertura da anteporre al rilevatore. In funzione dell'angolo  $\alpha$  e della misura da valutare si deve prevedere una eventuale limitazione del fascio con un certo campo di vista  $\gamma$  (Fig. 5).

La Norma prevede due geometrie possibili per la misura della potenza ottica:



**Figura 5** – Geometria di misura

Il valore della potenza ottica o dell'energia misurato mediante l'opportuno rivelatore deve essere confrontato con i limiti imposti dalla Norma (AEL) per una corretta classificazione della sorgente nelle sette Classi previste.

La IECCE definisce la strumentazione (Equipment List) necessaria per eseguire queste misure con la metodologia descritta dalla Norma (Tabella 5). Solo rapporti di prova che evidenziano l'uso di questa strumentazione e la corretta esecuzione delle prove possono essere accettati per la conformità alla Norma.

### 3.2. RADIAZIONE OTTICA NON COERENTE (IEC 62471:2006)

Le misure della radiazione ottica di una sorgente non coerente ai fini della classificazione secondo la 62471, sono realizzabili con un sistema di misurazione così composto:

- dispositivo di ingresso
- ottiche di collimazione
- elementi di separazione delle componenti spettrali della radiazione
- rivelatori adeguati al tipo di radiazione
- software di elaborazione dei dati

Queste misure sono relative alle due grandezze radiometriche precedentemente introdotte: radianza e irradianza.

#### 3.2.1 Misura di radianza

La radianza è la potenza radiante emessa da una porzione di sorgente in una certa direzione; tale grandezza risulta fondamentale per valutare i rischi dovuti alla proiezione della radiazione sulla retina.

Le misure secondo la norma 62471 non si basano sulla radianza "reale" della sorgente ma su un'altra grandezza definita come *radianza media spaziale*, ovvero la radianza che si ottiene spaziale mediando spazialmente all'interno di un angolo di accettazione definito, per tenere in considerazione alcuni fattori fisiologici come ad esempio i movimenti degli occhi e il tempo di esposizione (a volte ci si riferisce a

questa grandezza come “radianza fisiologica” e può anche essere inferiore alla radianza reale della sorgente).

La misura della radianza è realizzabile utilizzando come dispositivo di ingresso un sistema ottico che ripropone il meccanismo oculare di proiezione della radiazione sulla retina.

**Tabella 5 – Lista strumentazione**

Measurement/ testing	Testing / measuring equipment / material needed
Radiant power	Wavelength: 400 nm -1800 nm
	Wavelength: 200 nm – 400 nm or > 1800 nm
	Radiant Power Range: 1 nW to 500 mW
	Radiant Power Range > 500 mW
Duration of the pulse	Photo detectors with rise/fall time adequate for the measured pulse durations. Oscilloscope with speed adequate to match the detector.
Relative spectral measurement	wavelength measuring device (e.g. spectrometer, monochromator, spectrum analyzer, etc.) as may be needed for the accurate operation of the power/energy meter
	Wavelength : 400 nm - 1100 nm
	Wavelength: 200 nm - 400 nm or > 1100 nm
Data input	Signal generator suitable for the components evaluated
Angle of acceptance set up	Optics
Angle of acceptance setup; radiant power/ energy/ exposure/ irradiance measurement	Apertures
Positioning, alignment equipment	Optical positioning/mounting equipment (e. g. optical table, breadboard or rail, optical mounts, holders, translation stages, etc.)
Precision measurement	Calliper, meter stick and other suitable equipment as needed for distance and aperture measurements. Calliper accuracy 0.1 mm
Angle of subtense measurement	Lenses, apertures and an array sensor (e.g. CCD) as specified in 9.3.3 (a) and fig. 5 of IEC 60825-1 Ed. 2.0
	Other suitable measurement system such as knife edge type detector with analysis software or beam profiler.
Other equipment	- Black/white CCD camera with monitor - IR/UV viewers



### 3.2.2 Misura di irradianza

L'irradianza è la potenza radiante emessa da una sorgente ed incidente su un elemento di superficie; tale grandezza risulta fondamentale per valutare i rischi dovuti all'esposizione della cute e dell'occhio (cornea e cristallino) alla radiazione ottica.

L'irradianza che incide su ogni superficie varia con il coseno dell'angolo di incidenza e varia in modo inversamente proporzionale alla distanza tra la sorgente che emette e la superficie di incidenza. La misura dell'irradianza è tanto più precisa quanto più è elevata la risposta al coseno del dispositivo di ingresso utilizzato, poiché in questo caso la radiazione trasmessa ai rilevatori è proporzionale all'angolo di incidenza.

## 4. ESPOSIZIONE DELL'OPERATORE: VALUTAZIONI DEI RISCHI SECONDO IL DLGS. 81/2008

Successivamente all'aver valutato e quantificato il livello di 'pericolosità' di una sorgente e quindi averla classificata secondo le Norme tecniche di prodotto, è necessario determinare i limiti di sicurezza per l'operatore e definire le misure da adottare per ridurre i rischi. Questi limiti sono determinati in funzione dell'uso del prodotto e devono essere confrontati con quelli riportati nell'Allegato XXXVII del DLgs. 81/2008; nel caso delle radiazioni ottiche artificiali i valori limite sono quelli definiti dalla Direttiva 2006/25/EC.

### 4.1. RADIAZIONE OTTICA COERENTE

Per quanto riguarda le sorgenti LASER, i metodi per ridurre i rischi sono associati alla riduzione del tempo di esposizione per l'operatore, all'aumento della distanza di utilizzo o sull'adozione di sistemi fisici per ridurre la radiazione quali barriere e/o occhiali di protezione. Per definire il livello di esposizione si utilizzano i limiti di Emissione Massima Permissa (EMP) per la pelle e per gli occhi. Questi valori limite, identici a meno di alcune eccezioni, sono stati definiti dall'ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) e armonizzati con la Commissione di Normalizzazione sulla Sicurezza LASER della IEC (International Electrotechnical Commission) e dell'ANSI (American National Standards Institute). Sulla base di questi limiti, ogni paese può imporre delle proprie regole interne, come nel caso del DLgs. 81/2008, che per quanto riguarda i limiti per la ROA è il recepimento italiano della Direttiva Europea 2006/25/CE. I parametri per definire gli EMP sono equivalenti a quelli dei LEA, cambiano però le condizioni di misura (che dipendono anche dalle modalità di utilizzo).

Un altro parametro importante, soprattutto per LASER di Classe 3B e 4, è la distanza nominale di rischio oculare (DNRO), ovvero la distanza dall'apertura di emissione per la quale l'irradiazione o l'esposizione energetica del fascio è uguale all'EMP per la cornea, oltre questa distanza non è più indispensabile l'utilizzo di occhiali di protezione. La presenza di questo valore è un requisito normativo per i

documenti di accompagnamento dei LASER medicali di Classe 3B e 4 (conformi alla Norma IEC 60601-2-22).

Oltre ai sistemi di sicurezza garantiti dal prodotto (quali interlock, pannelli di protezione, shutter, ecc...) per diminuire i rischi è necessario istruire adeguatamente il personale e seguire le relative 'Guide per l'utilizzazione di apparati laser' pubblicate in Italia dal CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano). In tutti i casi, l'esposizione alla radiazione LASER dovrebbe essere ridotta al minimo; per ottemperare a questa richiesta è possibile servirsi anche di sistemi fisici quali barriere o dispositivi di protezione individuale, affinché l'esposizione dell'operatore sia il più possibile inferiore ai limiti di EMP.

Per quanto riguarda le barriere, queste devono essere opportunamente dimensionate e conformi alla Norma IEC 60825-4.

Per i dispositivi di protezione individuale, in particolare gli occhiali di protezione, questi devono essere scelti in modo estremamente opportuno: il filtro deve assorbire la radiazione della lunghezza d'onda di emissione del LASER utilizzato con una densità ottica (OD) adeguata all'energia emessa, in modo tale che il valore  $OD(\lambda)$  sia almeno maggiore del valore di  $-\log(EMP/E)$ , inoltre gli occhiali devono permettere di vedere gli oggetti circostanti e le eventuali segnalazioni luminose per consentire all'operatore di lavorare in modo sicuro. Le Norme europee di riferimento per gli occhiali di protezione sono:

- EN 207 (Protezione personale degli occhi - Filtri e protettori dell'occhio contro radiazioni laser);
- EN 208 (Protezione personale degli occhi - Protettori dell'occhio per i lavori di regolazione sui laser e sistemi laser).

I requisiti di queste due Norme sono differenti rispetto alle relative Norme ANSI (American National Standards Institute) che caratterizzano i filtri con un diverso sistema di classificazione e diverse procedure di misura.

#### 4.2. RADIAZIONE OTTICA NON COERENTE

L'articolo 216 del DLgs. 81/08 precisa che "il datore di lavoro valuta e, quando necessario, misura e/o calcola i livelli delle radiazioni ottiche a cui possono essere esposti i lavoratori..." in conformità alle norme CIE e CEN. Allo stato attuale i riferimenti per le misurazioni delle radiazioni ottiche non coerenti emesse da sorgenti artificiali nei posti di lavoro sono:

- UNI EN 14255-1:2005 per gli UV;
- UNI EN 14255-2:2006 per il visibile e l'infrarosso;
- UNI EN 14255-4:2007 sulla terminologia e le grandezze da utilizzare per le misurazioni.

Altre norme che trattano la valutazione e la misura in ambiti specifici sono:

- UNI EN 12198-1:2009 / UNI EN 12198-2:2009 / UNI EN 12198-3:2008 per le radiazioni emesse dal macchinario nel caso in cui la radiazione non è utilizzata unicamente per l'illuminazione;
- CEI EN 62471:2009 per la valutazione della sicurezza fotobiologica delle lampade e dei sistemi di lampade. Tale norma differisce dalla IEC62471:2006 per i valori di alcuni limiti.

È utile inoltre ricordare la pubblicazione ICNIRP “*Guidelines on limits of exposure to broad-band incoherent optical radiation (0,38mm to 3mm)*”.

Secondo l’art.216 del DLgs. 81/2008, nell’ambito della valutazione dei rischi il datore di lavoro valuta e, quando necessario, misura e/o calcola i livelli delle radiazioni ottiche a cui possono essere esposti i lavoratori secondo quanto riportato di seguito:

- conoscenza delle sorgenti: censimento delle sorgenti e dei relativi dati (forniti dal fabbricante o presenti in letteratura),
- conoscenza delle modalità espositive (censimento delle attività e dei luoghi che coinvolgono sorgenti di radiazioni ottiche artificiali non coerenti),
- esecuzione di misure: nel caso non siano disponibili i dati del fabbricante o non vi siano riferimenti a standard tecnici specifici, è necessario effettuare delle misure secondo le indicazioni fornite da norme tecniche specifiche,
- esecuzione di calcoli,
- confronto con i valori limite: i risultati acquisiti dalle fasi precedenti (dai dati dei produttori, dai dati di bibliografia, da misure strumentali o da calcoli) devono essere confrontati con i valori limite previsti nell’Allegato XXXVII del DLgs.81/2008 per stabilire il possibile superamento o meno di tali valori.

La valutazione dei rischi può concludersi con la “giustificazione” secondo cui la natura e l’entità dei rischi non rendono necessaria una valutazione più dettagliata.

In questo caso, occorre verificare che le sorgenti siano “giustificabili”, ovvero non danno luogo, nelle corrette condizioni di impiego, ad esposizioni tali da presentare rischi per la salute e la sicurezza.

Sono “giustificabili” tutte le apparecchiature, lampade e sistemi di lampada, che emettono radiazione ottica non coerente classificate nella “*Categoria 0*” secondo lo standard UNI EN 12198:2009, e ricadenti nel “*Gruppo di rischio Esente (o 0)*” secondo la norma CEI EN 62471:2009.

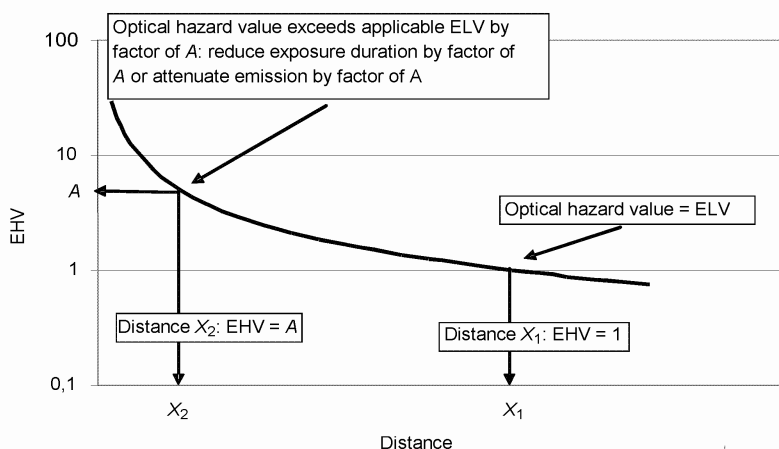
Ciò nonostante, i criteri su cui si basano le norme sopracitate possono in alcuni casi non essere sovrapponibili a quelli del DLgs. 81/2008, può accadere che apparecchiature in categoria 0 o lampade esenti possano far superare i valori limite di esposizione (per esempio come nel caso dell’UVA e del rischio termico retinico).

Se le sorgenti non sono giustificabili, la valutazione senza misurazioni può essere effettuata quando si è in possesso di dati tecnici forniti dal fabbricante (comprese le classificazioni delle sorgenti o delle macchine secondo le norme tecniche pertinenti), di dati in letteratura scientifica o di dati riferiti a situazioni espositive analoghe.

Anche l’analisi preliminare della situazione lavorativa e della sorgente talvolta permette di evitare di effettuare le misure. In questo caso, in generale è necessario conoscere e riportare nel documento di valutazione dei rischi:

- il numero, la posizione e la tipologia delle sorgenti da considerare,
- la possibilità di riflessioni della radiazione da pareti, apparecchiature, oggetti contenuti nell’ambiente,
- i dati spettrali della sorgente (lo spettro può essere determinato dalle specifiche tecniche fornite dal costruttore),
- la distanza operatore-sorgente e le caratteristiche del campo visivo professionale,
- il tempo di permanenza dell’operatore nella posizione esposta.

Nel caso di sorgenti classificate secondo UNI EN 12198:2009 (per le macchine) e CEI EN 62471:2009 (per le lampade e per i sistemi di lampade) i dati di classificazione consentono una ragionevole valutazione dei livelli di esposizione. In particolare la classificazione entro un gruppo di rischio secondo la CEI EN 62471:2009 è legato alla distanza di misura; tuttavia, poiché radianza e irradianza dipendono dalla distanza di misura, si può apprezzare quanto la classificazione entro un gruppo di rischio della radiazione ottica non coerente varia al variare della distanza di misura come è spiegato nel TR/IEC62471-2:2009 e riassunto nel grafico sottostante.



**Figura 6:** Dipendenza rischio-distanza

## 5. SERVIZI OFFERTI DA IMQ S.P.A.

Il laboratorio 'Sicurezza Ottica e Fotometria' di IMQ, dispone di tutta la strumentazione necessaria per eseguire le prove di classificazione dei prodotti che emettono Radiazioni Ottiche Artificiali coerenti e non coerenti.

Le apparecchiature sono conformi a quelle presenti nell' 'Equipment List' pubblicata dalla IECCE ( [www.iecee.org](http://www.iecee.org) ), pertanto, tra i servizi offerti da IMQ vi è la possibilità di rilascio del certificato CB + CB test report in conformità alle Norme di prodotto IEC 62471, IEC 60825-1 (riconoscimento in corso) e IEC 60601-2-22.

Inoltre IMQ è in grado di emettere test report per la registrazione all'FDA (Food and Drug Administration) per la rispondenza degli apparecchi LASER secondo il 21CFR1040.10.

Il laboratorio è in grado di eseguire misure di radiazione ottica continua e pulsata negli intervalli dell'UV, del visibile e dell'IR.

Infine grazie alla strumentazione di cui si dispone, e alle competenze tecniche, è possibile effettuare valutazioni sulle ROA a cui gli operatori sono esposti in conformità al DLgs. 81/2008.



## **I DPI PER LA PROTEZIONE DA RADIAZIONE LASER**

**Alessandra Tomaselli**

Università degli Studi di Pavia, Dipartimento di Elettronica

### **1. PREMESSA**

Le caratteristiche della radiazione laser, radiazione ottica coerente, consentono un trasferimento di energia, concentrata in aree molto piccole, anche a distanze considerevoli dalla sorgente. A fronte delle molteplici applicazioni che da queste caratteristiche derivano, la radiazione ottica prodotta dai dispositivi laser può danneggiare il tessuto biologico. In particolare, gli organi più a rischio sono la cute e l'occhio, come accade per la radiazione ottica incoerente, con l'aggravante che anche una modesta quantità di energia può produrre danni immediati e irreversibili. Come è stabilito dal DLgs.81/2008 e riportato al punto 5.19 delle Indicazioni Operative (aggiornamento relativo al Capo V ROA) [1] dello stesso, per la protezione degli occhi dalla radiazione laser si devono usare protettori oculari specifici, progettati per abbattere, anche selettivamente in frequenza, la radiazione laser e per reggere l'impatto con la radiazione per un tempo sufficiente a proteggere da un'esposizione accidentale alla radiazione. Inoltre, poiché talvolta sono necessari sugli apparati laser interventi di manutenzione ed di allineamento, sono stati introdotti dispositivi di protezione adatti a tali operazioni, che soddisfano contemporaneamente l'esigenza di una schermatura adeguata per l'operatore e la necessità di visualizzare la radiazione ottica di interesse. La protezione fornita dagli occhiali, sia di protezione che di regolazione, deve garantire un livello di esposizione alla radiazione ottica coerente al più pari ai valori limite di esposizione ammessi, riportati nell'Allegato XXXVII - Parte II (radiazioni laser) del DLgs.81/2008.

### **2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Le norme UNI che si applicano ai protettori oculari per le radiazioni laser sono la norma UNI EN 207 (protettori dell'occhio per laser) e la norma UNI EN 208 (protettori dell'occhio per regolazioni laser). L'edizione in vigore attualmente è del 11 marzo 2010, che sostituisce l'edizione del 2004 in lingua italiana, cui fanno riferimento le Indicazioni Operative del DLgs81/2008 [1]. Tali norme sono la

versione ufficiale in lingua inglese della norme europee EN 207 e EN 208 (edizione dicembre 2009). La norma EN 207 si applica ai protettori dell'occhio usati per la protezione contro l'esposizione accidentale alle radiazioni laser, nel campo spettrale compreso tra 180 nm e 10<sup>6</sup> nm. La norma non si applica ai protettori per esposizione intenzionale a radiazione laser. La norma UNI EN 208, invece, si applica ai filtri e ai protettori dell'occhio per regolazione laser e pertanto esclusivamente nel campo spettrale visibile da 400 nm a 700 nm. Queste norme specifiche definiscono i requisiti, i metodi di prova e la marcatura per i protettori oculari, rimandando oltre che alla norma EN 60825-1, Classificazione delle apparecchiature laser, anche alle norme più generali:

EN 166 Personal eye protection - Specifications

EN 167 Personal eye protection – Optical test methods

EN 168 Personal eye protection – Non optical test methods.

### **3. PROTETTORI OCULARI**

La protezione degli occhi rientra tra le misure di sicurezza. L'opportunità di usare un DPI deve quindi essere vagliata a valle del processo di valutazione del rischio. E' noto che i sistemi laser sono raggruppati in classi di rischio (1, 1M, 2, 2M, 3R, 3B e 4) e che sono giustificabili solo gli apparecchi appartenenti alla classe 1. In presenza di classi superiori alla classe 1 è pertanto possibile che un'esposizione alla radiazione laser superi i valori limite ammessi. I DPI saranno perciò necessari laddove tutte le altre misure di sicurezza applicabili non avranno eliminato il rischio di una esposizione pericolosa. Tuttavia quando non si possono utilizzare protezioni ingegneristiche e l'unica protezione possibile è quella degli occhiali laser bisogna ricordare che anche ciò comporta dei rischi [2]:

- l'operatore può non indossarli
- l'operatore può indossare un tipo di occhiale sbagliato
- la potenza da cui l'operatore si vuole proteggere può essere troppo elevata e superare la soglia di danneggiamento del filtro o della montatura e quindi può danneggiare anche la persona.

#### **3.1 – CONSIDERAZIONI GENERALI**

Quando si deve adottare un protettore oculare occorre tenere in considerazione [3]:

1. la lunghezza d'onda di funzionamento
2. l'esposizione energetica o l'irradiazione
3. l'esposizione massima permessa
4. la densità ottica delle protezioni oculari alla lunghezza d'onda emessa
5. l'esposizione energetica o l'irradiazione a cui avviene il danno delle protezioni oculari
6. i requisiti di trasmissione della luce visibile
7. la necessità di impiegare occhiali da vista

8. il comfort e la ventilazione
9. il degrado o le alterazioni del mezzo assorbente, anche se temporanee e transitorie
10. la resistenza dei materiali (resistenza agli urti)
11. le prescrizioni per la visione periferica
12. gli eventuali regolamenti nazionali

Se un DPI laser è conforme alle norme UNI EN 207 e 208 allora soddisfa i punti 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 dei requisiti riportati dalla norma CEI EN 60825-1 [3]. Per poter impostare un uso corretto delle norme UNI EN 207 e 208 è bene considerare uno ad uno gli altri punti della lista dei requisiti sopra riportati ed in aggiunta definire il regime di funzionamento e la Zona Nominale di Rischio Oculare.

### **3.1.1 – Lunghezza d’onda di funzionamento**

Il danno biologico che può essere causato dall’esposizione a radiazione ottica, sia coerente che incoerente, dipende dalla lunghezza d’onda della radiazione. I filtri di protezione sono diversi a seconda della frequenza ottica che devono bloccare, pertanto occorre conoscere la lunghezza d’onda o l’intervallo di lunghezze d’onda della radiazione ottica per cui il protettore è progettato. Esistono protettori oculari che possono agire su più lunghezze d’onda o intervalli di lunghezze d’onda ( $\lambda$  o  $\Delta\lambda$ ) e per modalità differenti di funzionamento delle sorgenti, fornendo per ogni tipologia e lunghezza d’onda livelli di protezione differenti. Queste informazioni devono essere riportate in modo inequivocabile e indelebile sul DPI, così che l’operatore ne possa essere informato.

### **3.1.2 –Esposizione energetica o irradiazione**

L’esposizione energetica (simbolo H, unità di misura  $J/m^2$ ) e l’irradiazione, (simbolo E, unità di misura  $W/m^2$ ) di un laser sono rispettivamente la quantità di energia e la quantità di potenza che vengono trasferite ad un bersaglio per unità di area; esse variano al variare della distanza dalla sorgente della zona irraggiata. Per scegliere il protettore opportuno è necessario calcolare irradiazione ed esposizione energetica nelle zone dove è effettivamente possibile un’interazione del protettore con la radiazione. Di regola si usa l’area più piccola che il fascio laser presenta nella zona di possibile accesso.

### **3.1.3 – Esposizione massima permessa**

L’esposizione massima permessa corrisponde al valore limite di esposizione ammesso. Essa dipende dalla lunghezza d’onda, dalla durata dell’impulso, dall’area della zona irraggiata e dal tempo di esposizione alla radiazione ed è espressa in  $J/m^2$  o in  $W/m^2$ . I valori limite da usare sono riportati nell’Allegato XXXVII - Parte II (radiazioni laser) del DLgs.81/2008. Per i laser funzionanti in regime pulsato ripetuto il valore limite deve essere calcolato usando tre criteri differenti, che portano a identificare più valori limite derivanti dalle caratteristiche di funzionamento della sorgente. Il valore limite applicabile è il più restrittivo di quelli determinati secondo i criteri di calcolo sopra citati, riportati sempre nell’Allegato XXXVI I- Parte II (radiazioni laser) del DLgs.81/2008, che tengono conto di diversi tempi di esposizione.



I tempi di esposizione da usare per determinare i valori limite nel caso di impulsi ripetuti sono:

- per il singolo impulso: la durata dell'impulso;
- per la potenza media: 10 s per  $\lambda > 400$  nm e 30000 s per  $\lambda \leq 400$  nm;
- per calcolare il fattore correttivo per l'impulso ridotto: 10 s per  $\lambda > 400$  nm, non è previsto il calcolo di impulso ridotto per  $\lambda \leq 400$  nm.

Il fattore correttivo per l'impulso ridotto ( $N^{-1/4}$ ) viene usato per ridurre il valore limite calcolato con il criterio a) in base al numero di impulsi erogati dalla sorgente in 10 s.

### 3.1.4 – Densità ottica delle protezioni oculari alla lunghezza d'onda emessa

La densità ottica,  $D_{\lambda}$ , è il numero che indica il fattore di attenuazione che il filtro deve possedere per portare il livello di radiazione che raggiunge l'occhio al valore limite di esposizione ammesso:

$$D_{\lambda} = \log_{10} (H_0/EMP)$$

dove  $H_0$  è l'esposizione energetica della radiazione che raggiungerebbe l'occhio non protetto ed EMP (VL) è l'esposizione massima permessa in  $J/m^2$  per la lunghezza d'onda del laser incidente preso in considerazione. A densità ottica 1 corrisponde un'attenuazione 10, a densità ottica 2 corrisponde un'attenuazione 100 e così di seguito, secondo appunto la legge logaritmica.

Qualora il VL fosse espresso in  $W/m^2$ , come nel caso di funzionamento in continua o di impulso ultracorto, nella formula di calcolo per la densità ottica si deve sostituire l'irradiazione all'esposizione energetica. Si ricorda che l'esposizione energetica e l'irradiamneto all'occhio vengono calcolate dividendo l'energia o la potenza emesse dal laser per l'area del diaframma di riferimento, di diametro  $\phi$ , a seconda della lunghezza d'onda della radiazione, come indicato sia nella norma EN 60825-1 che nel DLgs.81/08:

180 nm < $\lambda$ < 315 nm	1 mm < $\phi$ < 3.5 mm
400 nm < $\lambda$ < 1400 nm	$\phi = 3.5$ mm
1400 nm < $\lambda$ < $10^5$ nm	1 mm < $\phi$ < 3.5 mm
$10^5$ nm < $\lambda$ < $10^6$ nm	$\phi = 11$ mm

Anche il valore di densità ottica caratteristico dell'occhiale è dipendente dalla lunghezza d'onda deve essere riportato sul protettore come informazione immediatamente fruibile dall'operatore.

### 3.1.5 – Esposizione energetica o irradiazione a cui avviene il danno delle protezioni oculari

L'identificazione del protettore oculare prevede anche che sia nota e accertata la sua resistenza al danneggiamento. Poiché i protettori oculari sono progettati per salvaguardare l'occhio da un'esposizione accidentale, si richiede che i filtri e le montature reggano opportunamente l'impatto con la radiazione laser per almeno 10 s o per 100 impulsi.

### 3.1.6 – Regime di funzionamento

Ai fini della scelta del DPI è importante conoscere per quale regime di funzionamento laser il protettore sia stato progettato. Anche questo tipo di informazione deve essere riportato in modo inequivocabile e indelebile sul DPI. Sono previste quattro modalità di funzionamento del laser in base alla durata temporale dell'impulso e indicate con le lettere maiuscole D, I, R, M:

D = laser ad onda (CW), durata impulso > 0.25 s

I = laser impulsato, durata impulso compresa tra  $10^{-6}$  e 0.25 s

R = laser ad impulso gigante (QS), durata impulso compresa tra  $10^{-9}$  e  $10^{-6}$  s

M = laser ad impulso ultracorto (ML), durata impulso <  $10^{-9}$  s

### 3.1.7 – Zona Nominale di Rischio Oulare

I protettori oculari vanno indossati nelle zone di effettivo rischio. Questa raccomandazione è stata riportata già all'inizio del capitolo ed è presente sia nella norma EN 60825-1 [3] che nelle norme EN 207 e 208: è dunque importante identificare la Zona Nominale di Rischio Oulare. Essa è la zona entro la quale l'irradiazione o l'esposizione energetica del fascio supera i valori limite per la cornea ed è identificata dalla Distanza Nominale di Rischio Oulare (DNRO). Il livello di esposizione alla distanza nominale di rischio oculare deve uguagliare il valore limite ammesso per la sorgente:

$$E_{\text{DNRO}} = \text{EMP}$$

e poiché il livello di esposizione dipende dall'area e quindi dal diametro del fascio

$$E = P_0/\text{Area} \quad \text{e} \quad \text{Area} = \pi D^2/4$$

si calcola la DNRO partendo dalle caratteristiche della radiazione: occorre esprimere il diametro, che il fascio laser assume propagandosi, in funzione della distanza dalla sorgente. Per esempio per un fascio collimato di diametro di partenza pari ad  $a$ , divergenza  $\theta$  e potenza  $P_0$ , il diametro  $D$  alla distanza  $r$  risulta:

$$D = r \theta + a$$

e quindi:

$$E = P_0 / [\pi (r \theta + a)^2 / 4]$$

perciò se alla distanza  $r$  l'esposizione alla radiazione laser è pari al valore limite di esposizione

$$\text{EMP} = P_0 / [\pi (r \theta + a)^2 / 4]$$

la distanza  $r$  è la distanza nominale di rischio oculare

$$r = [(4 P_0 / \pi \text{EMP})^{1/2} - a] / \theta = \text{DNRO}$$

#### 4. PROTETTORI DELL'OCCHIO PER LASER

Nella **Tabella 1** sono riportate le caratteristiche degli occhiali di protezione laser secondo la norma EN 207.

**Tabella 1:** numeri di graduazione e stabilità alle radiazioni laser

Fattore scala	180 - 315 nm			315 - 1400 nm			1400nm - 1000 μm		
	D (W/m <sup>2</sup> )	IR (J/m <sup>2</sup> )	M (W/m <sup>2</sup> )	D (W/m <sup>2</sup> )	IR (J/m <sup>2</sup> )	M (J/m <sup>2</sup> )	D (W/m <sup>2</sup> )	IR (J/m <sup>2</sup> )	M (W/m <sup>2</sup> )
L1	0.01	3x10 <sup>2</sup>	3x10 <sup>11</sup>	10 <sup>2</sup>	0.05	1.5x10 <sup>-3</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>12</sup>
L2	0.1	3x10 <sup>3</sup>	3x10 <sup>12</sup>	10 <sup>3</sup>	0.5	1.5x10 <sup>-2</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>13</sup>
L3	1	3x10 <sup>4</sup>	3x10 <sup>13</sup>	10 <sup>4</sup>	5	0.15	10 <sup>6</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>14</sup>
L4	10	3x10 <sup>5</sup>	3x10 <sup>14</sup>	10 <sup>5</sup>	50	1.5	10 <sup>7</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>15</sup>
L5	100	3x10 <sup>6</sup>	3x10 <sup>15</sup>	10 <sup>6</sup>	5x10 <sup>2</sup>	15	10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>16</sup>
L6	10 <sup>3</sup>	3x10 <sup>7</sup>	3x10 <sup>16</sup>	10 <sup>7</sup>	5x10 <sup>3</sup>	1.5x10 <sup>2</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>17</sup>
L7	10 <sup>4</sup>	3x10 <sup>8</sup>	3x10 <sup>17</sup>	10 <sup>8</sup>	5x10 <sup>4</sup>	1.5x10 <sup>3</sup>	10 <sup>10</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>18</sup>
L8	10 <sup>5</sup>	3x10 <sup>9</sup>	3x10 <sup>18</sup>	10 <sup>9</sup>	5x10 <sup>5</sup>	1.5x10 <sup>4</sup>	10 <sup>11</sup>	10 <sup>10</sup>	10 <sup>19</sup>
L9	10 <sup>6</sup>	3x10 <sup>10</sup>	3x10 <sup>19</sup>	10 <sup>10</sup>	5x10 <sup>6</sup>	1.5x10 <sup>5</sup>	10 <sup>12</sup>	10 <sup>11</sup>	10 <sup>20</sup>
L10	10 <sup>7</sup>	3x10 <sup>11</sup>	3x10 <sup>20</sup>	10 <sup>11</sup>	5x10 <sup>7</sup>	1.5x10 <sup>6</sup>	10 <sup>13</sup>	10 <sup>12</sup>	10 <sup>21</sup>

Il numero di graduazione L rappresenta la densità ottica propria del filtro per i valori di irradiazione o di esposizione energetica riportati nella riga corrispondente rispetto ai valori limite.

I valori limite usati nel calcolo sono una semplificazione dei valori limite ammessi. Sono stati infatti ricavati raggruppando i limiti in solo tre intervalli di lunghezza d'onda (180-315 nm, 315-1400 nm e 1.4-1000 μm) e in quattro intervalli di durata di impulso (D, I, R e M). La semplificazione comporta, in alcuni casi, valori di esposizione inferiori ai valori limite ammessi. Nella **Tabella 2** sono riportati i limiti di esposizione semplificati.

L'irradiazione e l'esposizione energetica riportati nelle righe corrispondenti ai numeri di graduazione sono i valori di stabilità ottica dei filtri, cioè sono le densità di potenza o di energia che i filtri sopportano per 10 s o 100 impulsi, a seconda dei casi, senza perdere il proprio effetto protettivo.

**Tabella 2:** valori limite semplificati

$\Delta\lambda$ , nm	Irradiamento E				Esposizione energetica H	
	D		M		I,R	
	Durata impulso s	W/m <sup>2</sup>	Durata impulso s	W/m <sup>2</sup>	Durata impulso s	J/m <sup>2</sup>
180 - 315	$\geq 30000$	0.001	$< 10^{-9}$	$3 \cdot 10^{10}$	$10^{-9} - 3 \cdot 10^4$	30
315 - 1400	$> 5 \cdot 10^{-4} - 10$	10	$< 10^{-9}$	$0.15 \cdot 10^6$	$10^{-9} - 5 \cdot 10^4$	0.005
1400 - $10^6$	$> 0,1 - 10$	1000	$< 10^{-9}$	$10^{11}$	$10^{-9} - 0.01$	100

## 5. PROTETTORI DELL'OCCHIO PER REGOLAZIONE LASER

Nella **Tabella 3** sono riportate le caratteristiche degli occhiali di protezione per regolazione laser secondo la norma EN 208, cioè per gli occhiali adatti ad operazioni di allineamento. L'intervallo di lunghezza d'onda a cui si riferiscono è quello strettamente visibile compreso tra 400 e 700 nm.

**Tabella 3:** numeri di graduazione e emissione laser

fattore scala	Potenza max. (W)	Energia max. (J)
R 1	0.01	$2 \times 10^{-6}$
R 2	0.1	$2 \times 10^{-5}$
R 3	1	$2 \times 10^{-4}$
R 4	10	$2 \times 10^{-3}$
R 5	100	$2 \times 10^{-2}$

Il numero di graduazione R rappresenta la densità ottica propria del filtro rispetto ai livelli di radiazione accessibile (LEA) della classe di rischio 2 per i valori di potenza ed energia riportati nella riga corrispondente. I LEA della classe 2 sono stati raggruppati in due intervalli di funzionamento: il primo comprende laser in continua e laser ad impulsi di durata superiore a  $2 \cdot 10^{-4}$  s, il secondo laser impulsati di durata compresa tra  $10^{-9}$  s e  $2 \cdot 10^{-4}$  s. Nella **Tabella 4** sono riportati i valori di stabilità dei

filtri in irradiazione e esposizione energetica, tali valori presuppongono che i laser abbiano un diametro di fascio di 1 mm.

**Tabella 4:** stabilità alla radiazione laser

fattore scala	Irradiazione (W/m <sup>2</sup> )	Esposizione energetica (J/m <sup>2</sup> )
R 1	10 <sup>4</sup>	2
R 2	10 <sup>5</sup>	20
R 3	10 <sup>6</sup>	200
R 4	10 <sup>7</sup>	2.000
R 5	10 <sup>8</sup>	20.000

Si ricorda che i valori di LEA della classe 2 sono calcolati su una base di tempo di 0.25 s, pertanto il LEA della classe 2 non supera il valore limite ammesso.

## 6. SCELTA E DIMENSIONAMENTO DEGLI OCCHIALI

La scelta e il dimensionamento dei protettori oculari può essere suddivisa in passi.

Per dimensionare occhiali di protezione laser (EN 207)

- 1 rilevare il regime di funzionamento:
  - laser continuo D
  - laser pulsato I, R, M
- 2 rilevare le condizioni operative della sorgente
  - lunghezza d'onda  $\lambda$
  - diametro del fascio a
  - divergenza  $\theta$
  - per i laser D la potenza
  - per i laser I, R, M l'energia dell'impulso e la frequenza di ripetizione
- 3 calcolare il valore limite applicabile (EMP)
- 4 calcolare l'irradiazione o l'esposizione energetica all'occhio dell'operatore
  - dividere potenza o energia per l'area del diaframma applicabile
- 5 calcolare la densità ottica necessaria
  - arrotondarne il valore all'intero superiore per determinare il numero di scala L
- 6 calcolare l'irradiazione o l'esposizione energetica effettiva al filtro
  - dividere potenza o energia per l'area effettiva del fascio
- 7 controllare la stabilità alla radiazione

- se il criterio di stabilità non è soddisfatto, aumentare il numero di scala fino a che la stabilità non risulti soddisfatta

Per dimensionare occhiali di regolazione laser (EN 208)

- 1 rilevare le condizioni operative della sorgente
  - lunghezza d'onda  $\lambda$
  - diametro del fascio  $a$
  - divergenza  $\theta$
  - per i laser continui la potenza
  - per i laser ad impulsi l'energia dell'impulso e la frequenza di ripetizione
- 2 calcolare il LEA applicabile
- 3 calcolare la densità ottica necessaria
  - usare la potenza o l'energia del laser
  - arrotondarne il valore all'intero superiore per determinare il numero di scala R
- 4 calcolare l'irradiazione o l'esposizione energetica effettiva al filtro
  - dividere potenza o energia per l'area effettiva del fascio
- 5 controllare la stabilità alla radiazione
  - se il criterio di stabilità non è soddisfatto, aumentare il numero di scala fino a che la stabilità non risulti soddisfatta

**7. IDENTIFICAZIONE E MARCATURA**

Quando l'occhiale è stato scelto si compone la sigla identificativa che dovrà essere riportata in modo indelebile sul protettore.

Le informazioni che devono essere riportate sui filtri o sulla montatura per gli occhiali di protezione sono:

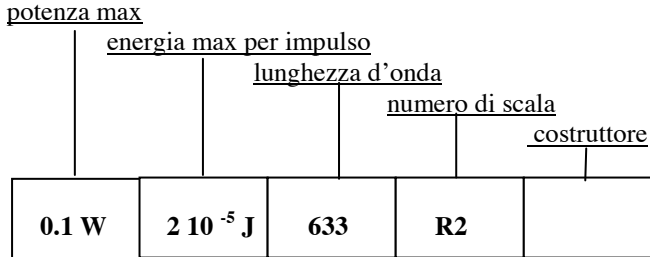
- a) lunghezza d'onda
- b) modalità di funzionamento
- c) fattore di scala
- d) sigla del costruttore



Le informazioni che devono essere riportate sui filtri o sulla montatura per gli occhiali di regolazione sono:

- a) potenza massima
- b) energia massima
- c) lunghezza d'onda

- d) fattore di scala  
e) sigla del costruttore



## 8. BIBLIOGRAFIA

- [1] AA.VV. *Decreto Legislativo 81/2008 Titolo VIII, Capo I, II, III, IV e V sulla prevenzione protezione dai rischi dovuti all'esposizione ad agenti fisici nei luoghi di lavoro: Indicazioni Operative*. Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province Autonome. (marzo 2010)
- [2] P. Gay *Prescrizioni generali sulle protezioni di laser e relativi impianti* Dispense del Corso Sicurezza Laser, AEI, Milano (1991)
- [3] Norma CEI EN 60825-1 *Sicurezza degli apparecchi laser Parte 1: Classificazione delle apparecchiature, prescrizioni e guida per l'utilizzatore*, quarta edizione, 2003



**Campi  
elettromagnetici  
e  
Radiazioni  
ionizzanti**





## **IL PUNTO SULLA RIVALUTAZIONE EUROPEA DELLA DIRETTIVA 2004/40/CE**

**Paolo Rossi<sup>(1)</sup>, Laura Filosa<sup>(2)</sup>**

(1) INAIL, Centro Ricerche Monteporzio Catone (Roma)

(2) INAIL, CONTARP Centrale, Roma

### **1 - INTRODUZIONE**

Nell'istante dell'applauso, a settembre del 2003, i rappresentanti degli Stati membri e della Commissione Europea al gruppo "Affari sociali" presso il Consiglio UE, sotto la presidenza di turno italiana, non potevano immaginare quanto travagliato sarebbe stato il futuro della proposta di direttiva che avevano appena licenziato, e che pure il Parlamento UE avrebbe nel giro di pochi mesi approvato senza particolari modifiche come Direttiva 2004/40/CE (nota ai più come "direttiva CEM").

I principali punti critici sembravano infatti essere stati tutti superati, in particolare in relazione alle problematiche di impatto sulle attività diagnostiche di Risonanza Magnetica (RM), attraverso l'eliminazione del limite di esposizione ai campi magnetici statici dal quadro delle restrizioni introdotte dalla norma.

La Direttiva 2004/40/CE [1] rappresentava peraltro il primo importante impianto normativo di riferimento europeo per la protezione dei lavoratori dall'esposizione ai campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz – 300 GHz, quale ulteriore tessera nel quadro musivo delle direttive particolari emanate ai sensi dell'art.16 della Direttiva 89/391/CEE [2]. Precedentemente erano state emanate, per quanto riguarda gli agenti fisici, la Direttiva 2002/44/CE [3] (vibrazioni) e la Direttiva 2003/10/CE [4] (rumore); solo nel 2006 si sarebbe giunti alla Direttiva 2006/25/CE [5] sulle radiazioni ottiche artificiali.

Tuttavia, e nonostante il grande lavoro di affinamento del testo svolto al Consiglio UE, già pochi mesi dopo la sua pubblicazione, ad aprile 2004, il dibattito sul potenziale impatto negativo della direttiva CEM sulla pratica clinica in RM, sollevato a livello nazionale e sovranazionale da varie associazioni di medici radiologi, era di nuovo molto acceso e la Commissione Europea iniziava a ricevere forti pressioni per una revisione o un rinvio dei termini. Il tutto sarebbe poi culminato con la pubblicazione della Direttiva 2008/46/CE [6], stabilendo la slittamento di quattro anni del termine di recepimento, ad aprile del 2012.

In questo articolo vengono riassunti i principali punti e termini della questione, e viene presentato il quadro delle attività intraprese dalla Commissione Europea per

governare il problema, inclusi i primi conseguenti orientamenti per una prossima formale proposta di revisione della Direttiva 2004/40/CE.

## **2 – LA DIRETTIVA 2004/40/CE. PROBLEMATICHE DI APPLICAZIONE E RINVIO DEI TERMINI**

I valori di azione e i valori limite adottati nella Direttiva 2004/40/CE sono fondati sulle raccomandazioni della Commissione internazionale per la protezione dalle radiazioni non ionizzanti (ICNIRP) pubblicate nel 1998 [7], e tengono anche conto delle raccomandazioni sulla protezione dai campi magnetici statici pubblicate dall'ICNIRP nel 1994 [8].

A giudicare col senno di poi, attività assai più leggera del giudizio nel momento decisivo, la debolezza dell'impianto della direttiva CEM trova da un lato fondamento nella relativa "anzianità" dei riferimenti scientifici, soprattutto le linee guida sui campi magnetici statici del 1994, che tenevano conto dello sviluppo tecnologico dell'epoca (sorgenti di campi statici non superiori a 2 T), e dall'altro nella scelta di aver operato una traduzione eccessivamente secca di una raccomandazione protezionistica, concepita nelle sue premesse e sviluppo in termini prettamente scientifici, in rigorosa e inderogabile norma di legge, la cui concreta applicazione e applicabilità si sarebbe rilevata molto più complessa e onerosa del previsto.

Come accennato nell'introduzione, la Direttiva 2008/46/CE, pubblicata ad aprile del 2008 a pochi giorni dall'iniziale termine di recepimento della direttiva CEM, ha posticipato di quattro anni tale termine, fissando l'entrata in vigore al 30 aprile del 2012. Nulla è più significativo di quanto espresso nei punti (2), (3) e (5) del preambolo di detta direttiva, al fine di spiegare in dettaglio il contesto e le motivazioni che hanno indotto prima la Commissione Europea, e poi le istituzioni europee nel complesso, a ritenere indispensabile lo slittamento dei termini di recepimento della direttiva 2004/40/CE. In particolare si afferma che:

*“(2) Nuovi studi scientifici dell'ICNIRP riguardanti gli effetti sulla salute dell'esposizione alle radiazioni elettromagnetiche, pubblicati dopo l'adozione della direttiva, sono stati presentati al Parlamento europeo, al Consiglio e alla Commissione. I risultati di tali studi scientifici sono attualmente esaminati dalla Commissione internazionale per la protezione dalle radiazioni non ionizzanti nel quadro della revisione delle sue raccomandazioni attualmente in corso, da un lato, e dall'Organizzazione mondiale della sanità nel quadro della revisione dei suoi «criteri d'igiene ambientale», dall'altro lato. Le nuove raccomandazioni, che saranno pubblicate entro la fine del 2008, potrebbero contenere elementi in grado di indurre modifiche sostanziali dei valori di azione e dei valori limite.”*

*“(3) In tale contesto è opportuno riesaminare in modo approfondito l'eventuale incidenza dell'attuazione della direttiva 2004/40/CE sull'utilizzo delle procedure mediche basate sulla risonanza magnetica per immagini e su talune attività industriali. La Commissione ha avviato uno studio volto a valutare in modo diretto e quantitativo la situazione per quanto riguarda la risonanza magnetica per immagini. I risultati di tale studio, disponibili all'inizio del 2008, e di quelli di studi analoghi avviati negli Stati membri,*

*dovrebbero essere presi in considerazione al fine di garantire un equilibrio tra la prevenzione dei rischi potenziali per la salute dei lavoratori e l'accesso ai vantaggi offerti da un impiego efficace delle tecnologie mediche in questione.”*

*“(5) Il tempo necessario per ottenere e analizzare tali nuove informazioni e per elaborare e adottare una nuova proposta di direttiva giustifica il rinvio di quattro anni della scadenza per il recepimento della direttiva 2004/40/CE.”*

Il punto che merita di essere commentato per primo è il (5). Da esso si evince in modo esplicito che il rinvio dei termini di recepimento è stato esclusivamente un escamotage per guadagnare tempo e riscrivere la direttiva CEM. A tal fine la Commissione Europea si è dotata, da un paio di anni a questa parte, di un piano di azione per arrivare al 30 aprile 2012 con un nuovo articolato normativo, come verrà discusso più approfonditamente nel seguito dell'articolo.

Vale la pena però di commentare anche gli altri punti. Il (2) in particolare rimanda a nuovi studi scientifici all'esame dell'ICNIRP ed alla pubblicazione di nuove raccomandazioni entro la fine del 2008. Tale percorso è effettivamente giunto a compimento per la revisione delle linee guida del 1994 sui campi magnetici statici, ripubblicate dall'ICNIRP all'inizio del 2009 [9] e analizzate in dettaglio nel capitolo seguente. Anche il processo di revisione delle linee guida del 1998 per i campi variabili nel tempo (per le frequenze da 1 Hz a 100 kHz), cruciale ai fini della protezione degli operatori in RM ed in molte applicazioni industriali, si è concluso, ma le nuove linee guida non sono ancora disponibili, essendo la loro pubblicazione attesa entro il 2010. Un draft delle linee guida revisionate è stato ad ogni modo disponibile per una consultazione pubblica da agosto ad ottobre del 2009, e anche tale documento verrà analizzato nel capitolo seguente.

Il punto (3) del preambolo, infine, si riferisce esplicitamente alle problematiche di attuazione della direttiva CEM in relazione alle pratiche cliniche di RM e ad alcune attività industriali. Qui sta il cuore della questione che ha portato al posticipo dell'entrata in vigore. Da un lato vi è il riferimento a raccomandazioni nel vivo del processo di revisione, con la previsione di limiti di esposizione ritenuti deboli alla luce delle nuove conoscenze scientifiche nonché eccessivamente (e inutilmente) restrittivi. Tale fattore incide principalmente sulla questione della RM, ove in alcune pratiche detti limiti possono risultare palesemente violati, senza però che siano mai state identificate conseguenze negative per la salute degli operatori. Altro importante fattore è la scelta di una traduzione molto rigida delle raccomandazioni ICNIRP in norma di legge, che ha comportato una elevata complessità e onerosità di applicazione, come principalmente manifestato da alcuni settori industriali e dai rappresentanti delle piccole e medie imprese.

Nel capitolo che segue verranno discussi in dettaglio i punti chiave del processo di revisione delle linee guida ICNIRP, insieme con le implicazioni sul processo di revisione della direttiva CEM.

Va intanto precisato che in Italia la Direttiva 2004/40/CE era stata adottata attraverso il D.Lgs. 257/2007, di modifica del D.Lgs. 626/94, che sarebbe entrato in vigore al 30 aprile 2008, in corrispondenza del termine ultimo inizialmente statuito per il recepimento da parte degli Stati membri. Successivamente, le disposizioni

specifiche sulla protezione dei lavoratori dai campi elettromagnetici sono confluite nel Capo IV del Titolo VIII del D.Lgs. 81/2008, pubblicato in G.U. il 30 aprile 2008, vale a dire quattro giorni dopo l'emanazione ed entrata in vigore della Direttiva 2008/46/CE che ha posticipato i termini al 30 aprile del 2012.

La formulazione utilizzata all'art.306, comma 2, del D.Lgs. 81/2008, ha quindi stabilito l'entrata in vigore del Capo IV al 30 aprile 2012, in corrispondenza del nuovo termine di recepimento della Direttiva 2004/40/CE.

Il Capo IV del Titolo VIII non è quindi oggi in vigore, ma restano ferme e pienamente vigenti le disposizioni generali sulla protezione dagli agenti fisici previste dal Capo I, in particolare l'obbligo di valutazione del rischio di cui all'art. 181, che si applicano anche ai campi elettromagnetici. Si vedano in merito le "Prime indicazioni applicative sulla prevenzione e protezione dai rischi dovuti all'esposizione a campi elettromagnetici nei luoghi di lavoro – D.Lgs. 81/2008" [10], redatte dal Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome in collaborazione con l'ISPESL.

### **3 - L'EVOLUZIONE DELLE LINEE GUIDA ICNIRP DOPO LA PUBBLICAZIONE DELLA DIRETTIVA 2004/40/CE**

#### **3.1 - CAMPI MAGNETICI STATICI (PUBBLICAZIONE ICNIRP 2009 [9])**

Rispetto alle precedenti linee guida del 1994 [8], vi è l'importanza novità dell'eliminazione del limite espresso come media sulla giornata lavorativa (200 mT). Nelle nuove linee guida [9] l'ICNIRP raccomanda infatti che l'esposizione professionale della testa e del tronco non superi un valore di induzione magnetica di picco spaziale pari a 2 T, e motiva espressamente la scelta di non reintrodurre il limite in termini di esposizione media giornaliera con l'assenza di evidenze scientifiche in relazione a effetti che non siano di tipo acuto e immediato.

Il valore di 2 T coincide con quanto già raccomandato nel 1994 per l'esposizione di picco, e corrisponde alla ben nota soglia di induzione di fenomeni quali fosfeni, nausea e vertigini, principalmente dovuti all'induzione di micro-correnti nella retina e nel sistema vestibolare in conseguenza del movimento all'interno del campo.

Vi è però una deroga di importanza cruciale in prospettiva di revisione della direttiva CEM, ove l'ICNIRP afferma che: *"sono permesse esposizioni fino ad 8 T, per quelle applicazioni lavorative per cui è necessario che si superino i 2 T, se l'ambiente è controllato e se sono state implementate apposite procedure lavorative per controllare gli effetti indotti dal movimento all'interno del campo."*

In sostanza, per la prima volta l'ICNIRP apre la possibilità ad un rilassamento dei limiti di esposizione, e quindi all'accettabilità di effetti "minori" (da alcuni definiti come "disturbi") laddove ne siano controllate le conseguenze.

Nel rationale delle linee guida viene infatti riferito che molti studi sull'uomo sono stati finalizzati alla valutazione dell'influenza fisiologica e neuro-comportamentale conseguente all'esposizione a campi magnetici statici fino a 8 T. Studi comportamentali condotti su soggetti in prossimità di sistemi RM fino a 7 T hanno suggerito che, associato con il movimento della testa, potrebbe esserci un'influenza negativa transitoria sul coordinamento occhio-mano e sulla sensibilità del contrasto

visivo. Molti studi hanno evidenziato che alcuni individui esposti a campi magnetici al di sopra di 2-3 T manifestano potenziali effetti transitori di tipo sensoriale associati al movimento in zone interessate da gradienti del campo magnetico statico, come ad esempio vertigini, nausea, percezione di sapore metallico e fosfeni magnetici. La sensibilità e percezione di tali effetti è molto variabile tra gli individui, e comunque le informazioni attuali non indicano effetti dannosi alla salute in conseguenza all'esposizione dell'individuo a campi magnetici statici fino a 8 T.

Questo razionale giustifica un sistema di protezione più flessibile rispetto ad effetti di tipo minore o effetti "di disturbo" come nel caso dei campi magnetici statici, a condizione ovviamente che le conseguenze di detti effetti siano sotto controllo.

Come si evidenzierà nel seguito dell'articolo, è verosimile che detto sistema flessibile sarà in qualche modo ripreso anche nella revisione della direttiva CEM, al fine di differenziare l'approccio alla protezione da effetti di sicuro impatto negativo sulla salute e sulla sicurezza (come ad esempio contrazioni muscolari dolorose alle basse frequenze o ustioni alle radiofrequenze), rispetto a quello verso la protezione da effetti di tipo minore (sostanzialmente sempre effetti di tipo sensoriale alle basse frequenze).

### 3.2 – CAMPI VARIABILI NEL TEMPO (FINO ALLA FREQUENZA DI 300 GHz)

Sul versante dei campi variabili nel tempo, si deve in primo luogo segnalare che per quel che riguarda le frequenze superiori a 100 kHz (vale a dire in sostanza le radiofrequenze e microonde), l'ICNIRP ha recentemente confermato attraverso uno statement pubblicato nel 2009 [11] la validità del relativo contenuto delle linee guida del 1998 [7]. E' infatti opinione dell'ICNIRP che la letteratura scientifica pubblicata dopo le linee guida del 1998, abbia confermato che, al di sotto delle restrizioni di base ivi definite, non esistono evidenze di effetti avversi sulla salute provocati dall'esposizione a campi a radiofrequenza e microonde.

Per quel che riguarda invece i campi con frequenza da 1 Hz a 100 kHz, l'ICNIRP ha iniziato sin dal 2008 un profondo processo di revisione di quanto stabilito in merito nelle raccomandazioni del 1998. Tale processo ha condotto alla predisposizione di un draft delle nuove raccomandazioni, che per la prima volta nella storia dell'ICNIRP, è stato posto in consultazione pubblica sul sito web della Commissione tra i mesi di agosto e ottobre del 2009, al fine di raccogliere opinioni e commenti qualificati prima dell'approvazione e pubblicazione finale. Come riportato sul sito web della Commissione, alla data di redazione del presente articolo (agosto 2010) la versione finale della revisione delle linee guida è già stata approvata e sottomessa alla rivista *Health Physics*, con pubblicazione attesa entro il 2010.

Al momento è quindi possibile commentare, con tutte le cautele del caso, solo il draft diramato per la consultazione pubblica. Detto documento è ad ogni modo assolutamente rilevante nella prospettiva della revisione della Direttiva 2004/40/CE, in quanto esplicitamente richiamato nei più recenti documenti di indirizzo della Commissione Europea (si veda il par. 5.2).

Nel merito, la prima importante novità introdotta dall'ICNIRP riguarda la modifica della quantità dosimetrica atta ad esprimere il limite di base. Si passa dalla *densità di corrente (A/m)* al *campo elettrico indotto in situ (V/m)*. Tale novità risponde alla

necessità di aggiornare il sistema protezionistico ai più recenti e raffinati modelli di elettrofisiologia. Tale novità era peraltro già stata introdotta nelle linee guida dell'IEEE-ICES [12] nel 2002.

I nuovi livelli di riferimento (in tabella seguente) sono calcolati a partire dalle nuove restrizioni di base, e sono basati su modelli dosimetrici aggiornati. Nel caso dei lavoratori, detti nuovi livelli sono rilassati rispetto a quelli delle linee guida del 1998 (e quindi ai valori di azione della Direttiva 2004/40/CE) fino ad un fattore 4 in funzione della frequenza, sia per il campo elettrico che per quello magnetico.

Frequency range	E-field strength ( $V\ m^{-1}$ )	H-field strength ( $A\ m^{-1}$ )	B-field ( $\mu T$ )
1 - 10 Hz	20000	$2 \times 10^5/f^2$	$2.5 \times 10^3/f^2$
10 - 25 Hz	20000	$2 \times 10^4/f$	$2.5 \times 10^4/f$
0.025 - 0.1 kHz	500/f	20/f	25/f
0.1 - 0.4 kHz	5000	200	250
0.4 - 1 kHz	2000/f	80/f	100/f
1 - 100 kHz	2000	80	100

Infine, l'ICNIRP, a valle della revisione ha ribadito che non è stata evidenziata alcuna relazione causale tra campi magnetici ELF e leucemia infantile o altri effetti a lungo termine. Tale circostanza giustifica la non inclusione di tali effetti nella definizione delle restrizioni di base e dei livelli di riferimento.

#### 4 - LE INIZIATIVE DI STUDIO DELLA COMMISSIONE EUROPEA

Come già accennato, la Commissione Europea si è dotata di un piano di azione per arrivare al 30 aprile del 2012 con una nuova direttiva sui campi elettromagnetici. Elementi fondamentali di questo processo sono state tre iniziative da essa promosse e finanziate:

- uno studio specifico sull'esposizione degli operatori e impatto della Direttiva 2004/40/CE in RM (2007-2008);
- uno studio generale di impatto sulla salute, sugli aspetti socio-economici e ambientali conseguenti a possibili emendamenti alla Direttiva 2004/40/CE (2008-2009);
- un workshop (Umeå, ottobre 2009), tra tutti i soggetti interessati, con l'esplicita finalità di definire e condividere i punti fondamentali della nuova direttiva.

Le risultanze dei tre ambiti meritano di esse presentate in dettaglio.

##### 4.1 – LO STUDIO SULLA RISONANZA MAGNETICA: *AN INVESTIGATION INTO OCCUPATIONAL EXPOSURE TO ELECTROMAGNETIC FIELDS FOR PERSONNEL WORKING WITH AND AROUND MEDICAL MAGNETIC RESONANCE IMAGING EQUIPMENT (PROJECT VT/2007/017)*

Lo studio [13], commissionato e finanziato dalla Commissione Europea, è stato condotto nel periodo giugno 2007 - marzo 2008 da un raggruppamento di istituti e associazioni scientifiche a livello europeo, con l'obiettivo di colmare il vuoto nella conoscenza dell'effettiva esposizione lavorativa durante le varie pratiche di RM, e

suggerire le eventuali azioni di rimedio. Sono stati considerati come lavoratori professionalmente esposti i radiologi, i chirurghi, gli infermieri, i ricercatori, i tecnici ed altro personale come gli addetti alle pulizie.

La European Society of Radiology (ESR) ha preselezionato quattro siti dotati di macchine rappresentative dello stato di sviluppo della RM sia dal punto di vista tecnologico che dell'utilizzo terapeutico:

- 1 T, Colonia (interventistica in sala operatoria);
- 1,5 T, Strasburgo (pediatria);
- 3 T, Leuven, Belgio (diagnostica clinica);
- 7 T, Nottingham (ricerca).

Dallo studio è emerso che la maggior parte delle pratiche e procedure analizzate garantiscono ampiamente il rispetto dei limiti stabiliti dalla Direttiva 2004/40/CE, con l'eccezione delle applicazioni di RM interventistica (peraltro a tutt'oggi non presenti in Italia) ove il personale si trova nelle estreme vicinanze del bore durante la fase di scansione, e nel caso in cui si effettuino movimenti veloci nell'area interessata dal campo magnetico statico. In particolare, in alcune procedure su macchine a elevato campo le restrizioni di base per le correnti indotte nel sistema nervoso centrale basate sulle linee guida ICNIRP del 1998 sono violate fino ad un fattore 10 in prossimità dello scanner e anche più in caso di movimento. Nel caso di pratiche RM interventistiche le restrizioni di base possono essere eccedute fino a un fattore 50.

Gli autori dello studio ritengono che la limitazione dell'esposizione professionale vada sostanzialmente affidata allo sviluppo tecnologico da parte dei produttori dei tomografi, passando per una fase intermedia di adozione di limiti flessibili concordemente all'approccio flessibile introdotto dall'ICNIRP nelle linee guida sui campi magnetici statici del 2009 [9].

Lo sviluppo di opportuni sistemi ingegneristici, ad oggi non adottati ma tecnicamente realizzabili, permetterebbe la limitazione dell'esposizione degli operatori e l'ottimizzazione dell'esposizione del paziente. Ad ogni istante il software dello scanner potrebbe infatti facilmente calcolare i campi con grande precisione, e i valori conservativi potrebbero essere previsti per ogni situazione. I margini per il rispetto di detti valori potrebbe essere determinato istantaneamente in ogni punto dello spazio e per qualsiasi procedura, quale supporto alle specifiche considerazioni rischio/sicurezza. Il costo per i produttori di RM sarebbe piccolo, minore dello 0,1 % per macchina, con il vantaggio di eliminare qualsiasi picco di esposizione non necessario per il paziente e per il lavoratore.

#### **4.2 – LO STUDIO DI IMPATTO: ANALYSIS OF HEALTH, SOCIO-ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL IMPACTS IN CONNECTION WITH POSSIBLE AMENDMENTS TO DIRECTIVE 2004/40/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL OF 29 APRIL 2004 ON THE MINIMUM HEALTH AND SAFETY REQUIREMENTS REGARDING THE EXPOSURE OF WORKERS TO THE RISKS ARISING FROM PHYSICAL AGENTS (ELECTROMAGNETIC FIELDS)(PROJECT VT/2008/083)**

Lo studio in questione è stato commissionato e finanziato alla fine del 2008 dalla Commissione Europea ad un consorzio di enti e istituzioni europee (consorzio



FICETTI dall'acronimo dei nomi dei partecipanti), capofila il Finnish Institute for Occupational Health (FIOH). Lo studio, al quale ha partecipato anche l'ISPESL, ha riguardato la valutazione dell'impatto sociale ed economico in relazione a cinque *policy option*, aumentate a sette durante il corso dei lavori, di modifica della Direttiva 2004/40/CE, definite *a priori* dalla Commissione Europea:

- Option A: nessuna modifica alla Direttiva
- Option B: nuovi limiti basati su nuove raccomandazioni (ICNIRP).
- Option C1: nuovi limiti basati su nuove raccomandazioni, ma possibilità di esenzioni condizionate all'effettuazione di una valutazione del rischio EMF e alla dimostrazione della sussistenza di condizioni di sicurezza senza la necessità di rispettare i limiti di esposizione.
- Option C2: nuovi limiti basati su nuove raccomandazioni, ma possibilità di deroghe generali per settore/industria/attività.
- Option D1: la Direttiva viene sostituita con un'azione non vincolante, ad esempio una raccomandazione.
- Option D2: adozione di accordi volontari a livello di settore o europeo.
- Option E: la Direttiva viene ritirata.

Il metodo di lavoro si è basato sulla raccolta di informazioni e consultazione di tutti gli *stakeholder* in gioco, dai rappresentanti tecnici, politici, sociali degli Stati membri a quelli delle varie associazioni ed organizzazioni europee aventi interesse, in primo luogo federazioni di imprese e di datori di lavoro, associazioni di lavoratori, e incaricati governativi e istituzionali.

Il primo confronto pubblico a livello internazionale ha avuto luogo a febbraio 2009 a Lubiana: un workshop in cui tutti gli attori hanno espresso il loro parere sulla valutazione dell'impatto sulla salute, sociale, economico ed ambientale relativamente alle varie *policy option*. Inoltre, nei mesi successivi sono state raccolte le risposte ad un questionario progettato *ad hoc*, tradotto in sei lingue e diffuso tramite una piattaforma elettronica. Sono stati peraltro selezionati alcuni soggetti peculiari al fine di approfondire l'impatto delle opzioni mediante accessi concordati alle aziende per indagare in maniera più approfondita e diretta gli aspetti più rilevanti. Sono stati infine condotti degli specifici *case study* in relazione a settori di interesse rilevante (es. energia elettrica, telecomunicazioni, settore medico, ecc.)

Le informazioni raccolte attraverso il workshop, i questionari e i *case study* sono state analizzate ed elaborate al fine di produrre dati qualitativi e quantitativi, come richiesto dalla stessa Commissione, in relazione al potenziale impatto di ciascuna delle *policy option*. I risultati complessivi dello studio sono stati consegnati a fine settembre del 2009, e presentati in anteprima, previa autorizzazione della Commissione medesima, al workshop di Umeå nel successivo mese di ottobre.

Una difficoltà particolare durante lo svolgimento del progetto, è stata rappresentata dal fatto che nei diversi Stati membri vi sono diversi livelli di implementazione della già menzionata Direttiva "quadro" sulla sicurezza del lavoro 89/391/CEE [2]. Per tale ragione l'impatto delle varie *policy option* è stato sempre considerato sotto due possibili scenari: uno nel quale la direttiva quadro sia pienamente implementata, l'altro invece in cui la medesima non sia ancora pienamente applicata.

Le risultanze complessive sulle *policy option* possono essere così riassunte:

- l'opzione A è ritenuta in generale avere costi non proporzionati ai benefici, specialmente per le piccole e medie imprese;
- l'opzione B è stata di difficile valutazione, data l'assenza di nuove linee guida definitive da parte dell'ICNIRP (in particolare per le frequenze fra 1 Hz e 100 kHz); probabilmente avrebbe costi economici piuttosto elevati, ma segna un buon punteggio in termini di impatto sociale e sulla salute;
- l'opzione C1 è l'unica ad avere un punteggio sempre positivo nell'analisi basata sulle risposte degli *stakeholder*;
- le opzioni D and E forniscono un punteggio negativo in termini di impatto sociale e sulla salute; l'opzione E in particolare è malvista dalla maggioranza degli *stakeholder*.

### 4.3 – IL WORKSHOP DI UMEÅ A OTTOBRE 2009

Ultima iniziativa di studio e discussione della Commissione Europea è stato il workshop “*Occupational Exposure to EMF: paving the way for a future EU initiative*”, tenutosi a Umeå (Svezia) dal 6 al 9 ottobre 2009, organizzato dalla Commissione medesima e dalla Presidenza svedese dell'UE di turno nel secondo semestre del 2009.

In questo convegno sono state discusse, a volte anche in maniera accesa, tutte le problematiche fondamentali emerse dai più recenti studi, al fine di porre solide e condivise basi per la stesura della nuova direttiva. Al convegno sono stati invitati a partecipare i rappresentanti di tutti gli Stati membri, di organizzazioni di *stakeholder*, associazioni di imprese e di lavoratori, governi ed agenzie di controllo, università ed organismi scientifici tra cui anche l'ICNIRP e l'IEEE-ICES. L'importanza strategica del convegno ha attratto anche rappresentanti da Australia, Giappone, Norvegia e Stati Uniti d'America.

Sul sito web della conferenza [14] sono disponibili gli atti e una serie di documenti tra cui le conclusioni ufficiali, nelle quali vengono individuate cinque aree critiche di interesse in relazione alla revisione della direttiva:

- difficoltà nella definizione dei valori limite di esposizione e valori di azione;
- complessità e problematiche di valutazione, misura e calcolo;
- carenza di una guida pratica efficace per la valutazione del rischio;
- difficoltà per le piccole e medie imprese;
- carenza di protocolli standardizzati per la sorveglianza medica.

Riprendendo le conclusioni del Rapporteur, anch'esse disponibili al sito web della conferenza [14], da un lato vi è un ampio consenso che non vi sia base scientifica per considerare eventuali effetti a lungo termine, come ad esempio espresso dallo SCENIHR (uno degli organi scientifici consultivi della Commissione Europea) [15]. D'altro canto, uno dei punti cruciali di discussione nella prospettiva della nuova direttiva è imperniato sulla scelta di quale tipologia di effetti considerare per la determinazione dei valori limite di esposizione in relazione alla protezione dai campi in bassa frequenza: ci si deve riferire agli effetti sul sistema nervoso periferico, con alte soglie di stimolazione ed effetti avversi certi come contrazione muscolare dolorosa, o a quelli sul sistema nervoso centrale, con basse soglie di

stimolazione ed effetti o disturbi transitori quali nausea, vertigini o fosfeni, non ben classificati in termini di effetto sulla salute?

Il problema dell'impatto della Direttiva 2004/40/CE origina proprio da una discrasia in tal senso tra le norme e standard che hanno regolato negli ultimi decenni lo sviluppo della Risonanza Magnetica, e le linee guida emesse dalle organizzazioni protezionistiche. Nel primo caso sono stati assunti limiti di esposizione basati sugli effetti di eccitazione a carico del sistema nervoso periferico, come ad esempio nello standard IEC/EN 60601-2-33 [16]; nel secondo caso sono stati adottati limiti molto più bassi, come nel caso delle raccomandazioni ICNIRP [7] o IEEE-ICES [12], in quanto cautelativamente indirizzati a prevenire qualsiasi effetto conosciuto, inclusi i disturbi e gli effetti "minori" a carico del sistema nervoso centrale. Quando i due "mondi" sono venuti a contatto, attraverso la Direttiva 2004/40/CE, è esploso il problema.

Allo stato delle conoscenze attuali sembra peraltro impossibile fornire una risposta puramente scientifica sulla classificazione degli effetti "minori" sul sistema nervoso centrale. E' comunque possibile una risposta pragmatica basata sull'osservazione che detti effetti possono o meno costituire un potenziale pericolo in funzione del luogo di lavoro e dell'attività svolta dal lavoratore. Questo principio di flessibilità è stato fortemente supportato a Umeå dalle autorità tedesche, e coincide in sostanza con il principio già adottato *in nuce* dall'ICNIRP nelle linee guida sui campi magnetici statici nel 2009 [9] (già menzionato al par. 3.1), in cui si riconosce che l'esposizione a valori superiori a 2 T possono indurre effetti sensoriali transitori come la nausea, ma *"l'esposizione fino a 8 T può essere permessa se l'ambiente è controllato e se sono implementate appropriate procedure di lavoro per controllare gli effetti indotti dal movimento"*. La ragione è che *"l'ICNIRP ritiene che vi siano circostanze professionali in cui, con l'appropriata formazione ed addestramento, è ragionevole che i lavoratori siano a conoscenza ed accettino volontariamente di essere potenzialmente soggetti a effetti sensoriali transitori come la nausea, in quanto non sono causa di effetti a lungo termini o patologici sulla salute"*.

Il concetto di *ambiente controllato*, enunciato a Umeå dalle autorità tedesche (Ministero del Lavoro - BMAS) in un'articolata proposta [17] di revisione della direttiva CEM, recentemente ripresa anche dalla Commissione Europea, costituisce l'ampliamento di questo principio di flessibilità alla protezione dai campi ELF. Nell'*ambiente controllato*, come per le esposizioni limitate al tronco o agli arti, è accettabile spostare l'obiettivo di protezione agli effetti di eccitazione del sistema nervoso periferico, per un periodo temporalmente circostanziato a frazioni dell'intero turno di lavoro, in quanto le conseguenze di eventuali effetti sul sistema nervoso centrale sono sotto controllo. Un ambiente definito *controllato* prevede infatti che l'accesso sia limitato ai lavoratori formati e addestrati, siano in vigore misure e procedure di lavoro specifiche ed, inoltre, che esista una valutazione del rischio dettagliata che abbia evidenziato come qualsiasi rischio sulla salute e la sicurezza dei lavoratori o qualsiasi impatto negativo sulle loro attività o sulla sicurezza di altri, conseguenti a vertigini, nausea e fosfeni, siano sotto controllo.

Un altro punto cruciale nella prospettiva della nuova direttiva è costituito dalla relazione tra i valori limite di esposizione ed i valori di azione, che a detta di diversi relatori è eccessivamente conservativa e quindi onerosa. Sicuramente l'attuale definizione dei valori di azione come media spaziale sul corpo è un'approssimazione

troppo povera e non adatta a gestire condizioni di esposizione complesse o disomogenee, come sono poi in realtà sono la maggior parte di quelle occupazionali, con la conseguenza di dover necessariamente ricorrere alla dosimetria numerica.

Anche su questo versante, il ricorso alla dosimetria numerica è fondamentale nella standardizzazione dei prodotti, ma è altresì molto costoso e poco adatto per valutazioni di routine *a posteriori* nei luoghi di lavoro. L'obbligo di fatto, in determinate condizioni, a utilizzare i calcoli numerici è fortemente criticato dai rappresentanti delle piccole e medie imprese, che chiedono dei metodi di valutazione del rischio più semplici e praticabili.

In relazione ai problemi pratici di implementazione, dal convegno è in generale emersa una forte richiesta di informazioni pratiche e di indicazioni operative. Si richiede coralmmente che la nuova direttiva inserisca nel suo assetto degli "strumenti di supporto" che aiutino i datori di lavoro nell'implementazione e nell'applicazione dei dettami; si suggerisce ad esempio che la *white list* in cui sono riportati i casi automaticamente giustificabili sia un allegato alla direttiva.

Infine, anche i medici del lavoro presenti al workshop hanno manifestato la necessità di una standardizzazione delle pratiche di gestione dei lavoratori esposti a EMF, inclusi i lavoratori con particolari esigenze, per garantire l'applicazione omogenea e rigorosa delle pratiche di sorveglianza medica.

## 5 - VERSO LA NUOVA DIRETTIVA

### 5.1 – PRIMO E SECONDO LIVELLO DI CONSULTAZIONE

L'iter che condurrà alla pubblicazione della nuova direttiva prevede che la Commissione Europea espliciti una serie di azioni esplorative di pre-valutazione sull'impatto, prima della proposizione ufficiale al Consiglio. Nel caso specifico la Commissione, il 6 luglio 2009 ha già presentato alle parti sociali in gioco (rappresentanti delle associazioni di imprese, datori di lavoro, lavoratori, produttori di macchine) il *Primo livello di consultazione* [18]. Il 20 maggio 2010, sulla base delle risultanze della prima consultazione e delle varie azioni di cui si è riferito, è stato presentato il *Secondo livello di consultazione* [19].

Il documento relativo al secondo livello di consultazione è sostanzialmente il primo abbozzo dell'articolato della proposta della nuova direttiva che la Commissione proporrà al Consiglio per il successivo iter, o per lo meno sono in esso chiaramente indicati i principi e le scelte fondamentali che la ispireranno.

Il documento rende inoltre note le risultanze del primo livello di consultazione. Dalle risposte ai cinque quesiti posti nella prima consultazione si desume che la Direttiva 2004/40/CE non è ritenuta sufficiente per la protezione della salute e sicurezza dei lavoratori, anche se i motivi addotti dalle organizzazioni di rappresentanza variano notevolmente: per i datori di lavoro essa è troppo conservativa nei limiti di esposizione che ingiustificatamente impediscono lo svolgimento di alcuni processi produttivi e, a volte, l'adozione di importanti pratiche mediche (es. RM), oltre ad essere di difficile implementazione.

Ulteriore e importante punto di divergenza tra i vari rappresentanti è la questione sulla necessità o meno di includere la protezione dei lavoratori da possibili effetti a

lungo termine. I datori di lavoro, riferendosi alle già menzionate opinioni dello SCENHIR [15], concordano chiaramente sull'impossibilità di tale opzione, contrariamente a quanto invece esprimono i rappresentanti dei lavoratori.

La richiesta che ad ogni modo accomuna tutte le rappresentanze è quella di prevedere una forte semplificazione dei metodi di valutazione del rischio. Abbastanza corale è anche il dissenso all'introduzione di deroghe generali di qualsiasi tipo.

Le opinioni delle parti sociali rispetto al primo livello di consultazione, in sintesi, riproducono abbastanza fedelmente quanto emerso e indagato con maggiore ampiezza e dettaglio nello studio di impatto di cui si è riferito al paragrafo 4.2. Come già menzionato, l'aspetto più rilevante del documento relativo al secondo livello di consultazione [19] è l'enunciazione dei principi fondamentali che ispireranno la proposizione ufficiale al Consiglio UE della nuova proposta di direttiva, principi che, insieme con le relative argomentazioni della Commissione, sono riportati nel paragrafo che segue.

## **5.2 - I PRINCIPI FONDAMENTALI DELLA NUOVA PROPOSTA**

Premettendo espressamente la necessità di un'adeguata flessibilità e proporzionalità della nuova norma, la Commissione Europea dichiara la sua intenzione di produrre proposte di emendamenti alla Direttiva 2004/40/CE in modo tale che la nuova proposta:

*- coprirà tutti i settori di attività*

Ciò in conformità all'art. 2 della Direttiva quadro 89/391/CEE [2] e nel rispetto delle intenzioni manifestate dalle varie organizzazioni di rappresentanza, in continuità con l'attuale direttiva CEM;

*- proporrà un nuovo insieme di definizioni per precisare cosa si intenda per effetti avversi alla salute*

E' il primo passo fondamentale verso un approccio flessibile che distingua gli effetti avversi sulla salute rispetto a quelli cosiddetti "minori". E' opinione della Commissione che una comprensione più approfondita del significato di "effetto avverso alla salute" potrebbe riconciliare i due mondi della scienza e dall'industria, e consentire di sviluppare un sistema di limiti flessibile per specifiche e definite condizioni di lavoro in determinate attività.

La Commissione prende atto che ci sono, infatti, opinioni contrastanti se la manifestazione di fosfeni, nausea e vertigini sia da considerare come effetto avverso per la salute. Tali fenomeni possono sicuramente condizionare alcuni aspetti della prestazione, nel caso di lavori di precisione, o ad alta concentrazione e reattività, o in quota, e di fatto influenzare la sicurezza dei lavoratori anche se non direttamente la loro salute.

La Commissione ritiene che la soluzione sia di distinguere tra effetti che sono immediatamente pericolosi per la salute, ed effetti che potrebbero essere di detrimento per la sicurezza. Questo principio potrebbe essere messo in pratica attraverso l'introduzione di livelli accettabili di esposizione che dipendano non solo dalla frequenza e dall'intensità del campo, ma anche dal tipo di attività;

*- introdurrà, per l'intervallo di frequenza 0 Hz - 100 kHz, un nuovo sistema di valori limite, diverso da quello attuale basato sui valori limite di esposizione e sui valori d'azione*

La Commissione prende atto che le raccomandazioni dell'ICNIRP (sia quelle già pubblicate [7, 9] che quelle poste in consultazione pubblica riferite al par. 3.2) sono messe in discussione da altre organizzazioni (ad esempio l'IEEE-ICES [12] o la proposta [17] delle autorità tedesche presentata al workshop di Umeå). La Commissione dichiara quindi di voler tenere conto della diversità delle varie raccomandazioni provenienti dal mondo scientifico, e rimpiazzare il sistema attuale, che prevede la definizione di un valore di azione ed di un valore limite di esposizione ad ogni frequenza, con un sistema *multilayer* che agevoli la verifica di conformità ed il conseguente processo decisionale da parte del datore di lavoro. Questa scelta è coerente con quanto già suggerito dal CENELEC [20] nel concetto di *zonizzazione*, e da Stati membri o associazioni di datori di lavoro che hanno già fornito indicazioni pratiche per la valutazione del rischio CEM.

La Commissione suggerisce di mantenere la direttiva invariata per le frequenze superiori a 100 kHz (radiofrequenze e microonde), sulle quali invece non si registrano controversie di sorta.

Il sistema di zonizzazione per le frequenze da 0 Hz a 100 kHz proposto dalla Commissione prevede:

- zona 0  
(zona blu) esposizione conforme a quella accettabile per la popolazione; nessuna azione necessaria;*
- zona 1  
(zona verde) esposizione al di sotto dei livelli di riferimento proposti dall'ICNIRP nel 2009 [par. 3.2]; nessuna azione necessaria tranne per le frequenze  $\leq 1$ Hz, ove potrebbero verificarsi nausea e vertigini. In questo caso si dovrebbero applicare le misure di protezione di cui alla zona 2;*
- zona 2  
(zona gialla) esposizione compresa tra i livelli di riferimento proposti dall'ICNIRP nel 2009 [par. 3.2] e i valori fissati per la zona 3; non sono attesi effetti sulla salute, ma potenziali problemi di sicurezza per la possibilità di fosfeni. In questa area sono richieste azioni e misure preventive in funzione della situazione/attività. Una lista non esaustiva di attività rilevanti dovrebbe essere fornita in un annesso; le misure di protezione comprendono informazione e formazione, segnaletica, limitazione degli accessi;*
- zona 3  
(zona rossa) esposizione superiore ai livelli di riferimento accettati dall'ICNIRP [7] e dall'IEEE [12] per le frequenze superiori a 100 kHz, e ai valori limite di cui alla proposta delle autorità tedesche [17] (corrispondenti alle di soglie stimolazione dei nervi periferici); in questa zona l'accesso non dovrebbe essere mai consentito e nemmeno possibile, se non in condizioni eccezionali strettamente controllate.*

Il nuovo sistema, ove tutti i limiti sono espressi unicamente in termini delle grandezze ambientali misurabili (gli attuali valori di azione / livelli di riferimento)

andrebbe a sostituire l'attuale struttura espressa in termini di restrizioni di base e livelli di riferimento, abbandonando in questo modo ogni riferimento alle grandezze dosimetriche (*densità di corrente* o *campo elettrico indotto in situ* che sia), secondo le richieste di semplificazione e agevolazione alla valutazione del rischio universalmente emerse;

*- proporrà un sistema di procedure più completo per facilitare le misure e i calcoli, che darà anche indicazioni su come tenere conto dell'incertezza di misura*

L'assenza di chiare indicazioni su come gestire l'incertezza di misura nel processo di comparazione con i valori limite ha creato numerose difficoltà nell'applicazione della Direttiva 2004/40/CE. Sfortunatamente, nel caso dei campi elettrici e magnetici gli errori di misura possono essere molto elevati (fino al 100% del valore misurato), e questo può creare un serio problema, anche sotto il profilo legale, quando la misura deve essere confrontata con il valore limite, specialmente nel caso in cui quest'ultimo sia espresso in unità non direttamente misurabili.

La nuova proposta della Commissione fornirà quindi delle chiare indicazioni in merito, anche su come trattare segnali complessi non sinusoidali, fermo restando che nel nuovo assetto della direttiva tali valutazioni e misure, complesse e costose, dovrebbero essere limitate ai casi in cui sia verosimile il superamento del limite superiore della Zona 2;

*- cercherà di produrre indicazioni operative che assicurino una valutazione del rischio semplificata ma più efficiente, al fine di agevolare il compito dei datori di lavoro e ridurre i costi per le piccole e medie imprese*

I datori di lavoro non sempre sembrano in grado di individuare le situazioni ove i propri lavoratori possono risultare esposti ad intensi campi elettrici e/o magnetici, soprattutto in attività dove si faccia uso di una sola macchina o attrezzatura sorgente. Conseguentemente, il rischio da esposizione a campi elettromagnetici non è sempre correttamente preso in considerazione se non del tutto ignorato. Sono quindi necessarie delle indicazioni operative per aumentare il grado di consapevolezza della potenziale esposizione e semplificare la procedura di valutazione del rischio. La Commissione è a conoscenza del fatto che alcuni Stati membri ed alcune organizzazioni di settore hanno già realizzato strumenti pratici per agevolare i datori di lavoro, e un tale approccio è adottato anche dal CENELEC nello standard EN 50499 [20]. La nuova proposta non esenterà nessun datore di lavoro dall'obbligo di valutazione del rischio, ma introdurrà l'opportuna semplificazione e proporzionalità delle azioni a lui richieste;

*- introdurrà un principio di flessibilità a favore di deroghe limitate in un quadro controllato*

La Commissione ha preso nota delle più recenti opinioni dello SCENIHR [15] in merito alla questione dei possibili effetti a lungo termine, dalle quali si potrebbe concludere che non vi è alcuna evidenza coerente sull'adulto di effetti a lungo termine, e perciò nessuna possibilità di considerare questo tipo di effetti in un approccio quantitativo all'interno di uno strumento normativo cogente. La Commissione è tuttavia dell'opinione che un approccio di tipo precauzionale dovrebbe essere parte delle misure preventive sviluppate nella nuova proposta. Ciò

comporterà in pratica l'adozione di un principio generale per evitare la presenza di un lavoratore in una zona di esposizione, ogniqualvolta questa non sia necessaria per svolgere un'attività (è confortante notare che tale principio è del tutto coincidente con quello espresso nel nostro Paese al punto 4.05 delle Prime Indicazioni Operative del Coordinamento Tecnico delle Regioni [10], che pur è stato da talune fonti oggetto di critica).

Fatta tale premessa, in relazione agli effetti a breve termine la Commissione riconosce l'opportunità di adottare un approccio proporzionale per i diversi settori di attività. L'esposizione a campi elettrici e/o magnetici al di sopra di certi livelli può avere effetti sull'individuo, effetti che non sono necessariamente avversi alla salute e possono essere accettabili, ad esempio, in ambienti controllati. La flessibilità che consente di accettare il superamento occasionale del limite superiore della Zona 2 deve essere controbilanciata da una formazione e addestramento adeguati, da un'opportuna e approfondita valutazione dell'esposizione e del rischio e da un documentato e trasparente monitoraggio. Uno specifico annesso alla proposta di direttiva approfondirà questo tema nelle differenti aree dello spettro di frequenza fino a 100 kHz;

*- proporrà un razionale per la sorveglianza medica*

I medici presenti al Convegno di Umeå hanno ammesso di avere grandi difficoltà nell'individuazione degli effetti dovuti all'esposizione ai campi elettromagnetici, specialmente nel contesto dell'attività di routine di sorveglianza medica. Sono peraltro indispensabili delle linee guida che chiariscano come gestire i casi di sovraesposizione, sia essa di entità moderata o elevata. Nel caso di sovraesposizione moderata, è opinione condivisa che, una volta eliminata l'esposizione, non sia documentabile alcun effetto. Ad eccezione della ricerca di ustioni, non è altresì chiaro come comportarsi dopo sovraesposizione di elevata entità, fermo restando che i limiti di esposizione dell'attuale direttiva CEM non sembrano costituire un utile indicatore ai fini della sorveglianza medica. Rimane aperta anche la questione riguardante i lavoratori a rischio particolarmente sensibili, come ad esempio le donne in stato di gravidanza, le persone con impianti protesici (attivi e passivi), o i portatori di alcune malattie neurologiche o cardiache.

In virtù di quanto descritto, gli esperti medici richiedono la revisione dell'art. 8 dell'attuale direttiva. La Commissione propone quindi l'istituzione di un gruppo di lavoro dedicato allo sviluppo di tali linee guida sotto la supervisione dell'Advisory Committee on Safety and Health at Work;

*- porrà la dovuta attenzione a casi specifici come le applicazioni mediche di RM*

La Commissione riconosce la necessità di fornire un elevato standard di protezione ai lavoratori che operano con apparecchiature RM e, allo stesso tempo, consentire lo sviluppo ed il pieno utilizzo delle procedure mediche di RM.

Lo studio finanziato dalla Commissione (par. 4.1) ha evidenziato che la direttiva attuale impatterebbe in modo negativo su un limitato numero di procedure RM, meno del 10 % del totale, e soltanto per le frequenze comprese tra 0 Hz e 10 kHz. Nella maggior parte delle procedure, circa il 90 %, la conformità alle disposizioni dell'attuale direttiva sarebbe di fatto assicurata senza alcuna modifica dei metodi di



lavoro, o, in un numero limitato di casi, con piccoli aggiustamenti dei comportamenti durante le pratiche, quali ad esempio:

- non avvicinarsi a più di mezzo metro dall'ingresso del bore, se non necessario per assistere il paziente;
- camminare a velocità normale nella sala magnete (~ 4 km/h);
- non sostare vicino al bore durante la scansione;
- non stare nella sala magnete se non necessario.

Ad ogni modo, in termini assoluti la percentuale di pratiche non conformi rappresenterebbe all'incirca un numero tra 400.000 e 500.000 all'anno in Europa, in relazione a procedure, come la RM interventistica, ove le azioni di cui sopra non possono essere intraprese (è importante precisare che il contributo italiano a tale cifra sarebbe allo stato estremamente modesto, non essendo in uso nel nostro Paese attrezzature di interventistica RM).

Il problema non è peraltro solubile adottando limiti di esposizione diversi da quelli attuali (ad esempio quelli dell'IEEE-ICES [12]), poiché anche in questo caso i casi critici non risulterebbero conformi. La Commissione considera quindi la possibilità di esentare tutto il settore medico RM, incluse le attività di sviluppo, da limiti di esposizione cogenti. La salute e sicurezza dei lavoratori in RM sarebbero comunque garantite attraverso misure di prevenzione e protezione rafforzate, che sarebbero espressamente incluse nella nuova proposta, quali:

- informazione e formazione;
- adozione di procedure di lavoro documentate che favoriscano la riduzione dell'esposizione;
- rigido controllo degli accessi in sala RM;
- consultazione del personale ai fini del miglioramento delle procedure;
- monitoraggio.

La Commissione percepisce come rassicurante il fatto che la reale presenza di lavoratori esposti a livelli elevati è molto limitata, trattandosi peraltro nella maggior parte dei casi di personale esperto e consapevole delle buone pratiche. Nella maggior parte di tali casi, peraltro, i livelli di esposizione non sarebbero molto più elevati di quelli proposti nel nuovo assetto.

Adeguate misure di prevenzione e protezione dovrebbero a questo punto essere condivise e adottate in tutta Europa, anche con la collaborazione ed il supporto delle organizzazioni europee degli utilizzatori e produttori di RM, con le quali la Commissione è già in regolare e proficuo contatto;

*- assicurare l'introduzione di un sistema complementare di misure non vincolanti*

La Commissione concorda con le parti sociali che la complessità della materia e la limitata esperienza e preparazione dei datori di lavoro, in particolare nelle piccole e medie imprese, rende necessario che la nuova direttiva sia accompagnata da iniziative non vincolanti supplementari. In tale ambito, la Commissione, con la collaborazione dell'Advisory Committee on Safety and Health at Work, ha già iniziato la preparazione di una guida alla prevenzione e alla buona pratica, che tratterà le principali attività e situazioni a rischio.

La Commissione ritiene infine che le parti sociali debbano giocare un ruolo molto importante nella preparazione e divulgazione degli strumenti informativi, e intende

anche invitare l'Agenzia europea per la salute e la sicurezza sul lavoro ad effettuare campagne informative atte a incrementare la consapevolezza e migliorare la protezione dalle esposizioni ai CEM, sempre con lo stretto coinvolgimento degli Stati membri e delle parti sociali.

## **6 - CONCLUSIONI**

In un contesto in rapida evoluzione, e' molto difficile concludere oggi, agosto 2010, quest'articolo, considerando che esso verrà divulgato nel prossimo mese di ottobre, quando il quadro dei riferimenti sarà sicuramente aggiornato e forse profondamente mutato. Alcune considerazioni generali possono ad ogni modo esser tratte:

- lo sforzo intrapreso dalla Commissione Europea per venire a capo del problema è stato notevole, ed ha fatto anche da volano a importanti approfondimenti e sviluppi scientifici da parte di tutta la comunità "bioelettromagnetica" mondiale sulla protezione dai CEM, in particolare per le tematiche dei lavoratori professionalmente esposti che forse in anni passati erano state un po' trascurate;
- la recente proposta, nei principi fondamentali, della Commissione Europea rappresenta, forse, il miglior compromesso possibile, fermo restando che una volta ufficializzata saranno sovrani prima il Consiglio e poi il Parlamento UE, che potranno nel merito apportare ogni tipo di emendamento;
- la posizione della Commissione sulla questione della RM (possibile esenzione da limiti cogenti) appare chiaramente politica, senza alcuna accezione negativa al termine ma semplicemente a sottolineare l'assenza di reali e decisivi argomenti tecnici a suo supporto. Anche in questo caso saranno prima le parti sociali, e poi gli organismi legiferanti dell'Unione Europea ad esprimersi e a determinare il futuro della protezione dai campi elettromagnetici dei lavoratori europei, che attendono ormai da molti anni.

## **7 – RIFERIMENTI**

[1] Direttiva 2004/40/EC del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 29 aprile 2004, sulle norme minime per la salute e sicurezza in relazione all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) (diciottesima Direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16(1) della Direttiva 391/89/EEC). G.U. UE L184 del 24 maggio 2004.

[2] Direttiva 89/391/CEE del Consiglio, del 12 giugno 1989, concernente l'attuazione di misure volte a promuovere il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro. G.U. UE L 183 del 29 giugno 1989.

[3] Direttiva 2002/44/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 25 giugno 2002, sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (vibrazioni) (sedicesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della Direttiva 89/391/CEE).

[4] Direttiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 6 febbraio 2003, sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (rumore) (diciassettesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della Direttiva 89/391/CEE).

- [5] Direttiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 5 aprile 2006, sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (radiazioni ottiche artificiali) (diciannovesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della Direttiva 89/391/CEE).
- [6] Direttiva 2008/46/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 23 aprile 2008, che modifica la direttiva 2000/40/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) (diciottesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE). G.U. UE L114 del 26 aprile 2008.
- [7] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (Up to 300 GHz). Health Physics 1998; 74: 494-522.
- [8] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields. Health Physics 1994; 66: 100-106.
- [9] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Guidelines on Limits of Exposure to Static Magnetic Fields. Health Physics 96(4):504-514; 2009.
- [10] Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome. Prime indicazioni applicative sulla prevenzione e protezione dai rischi dovuti all'esposizione a campi elettromagnetici nei luoghi di lavoro – D.Lgs. 81/2008. [http://www.ispesl.it/linee\\_guida/Fattore\\_di\\_rischio/FAQAgFisici081218C1C2C3C4\\_ok.pdf](http://www.ispesl.it/linee_guida/Fattore_di_rischio/FAQAgFisici081218C1C2C3C4_ok.pdf).
- [11] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Statement on the "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Physics 97(3):257-259; 2009.
- [12] IEEE 2002 International Committee on Electromagnetic safety. IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to electromagnetic fields, 0–3 kHz IEEE Std. C95.6 (New York: Institute of Electrical and Electronic Engineers).
- [13] An Investigation into Occupational Exposure to Electromagnetic Fields for Personnel Working With and Around Medical Magnetic Resonance Imaging Equipment (Project VT/2007/017). <http://www.itis.ethz.ch/downloads/VT2007017FinalReportv04.pdf>
- [14] Occupational Exposure to EMF: paving the way for a future EU initiative. Umeå (Svezia), 6-9 ottobre 2009. [http://www.av.se/inenglish/about/international\\_cooperation/electromagnetic.aspx](http://www.av.se/inenglish/about/international_cooperation/electromagnetic.aspx)
- [15] Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR). Health Effects of Exposure to EMF. January 2009. [http://ec.europa.eu/health/ph\\_risk/committees/04\\_scenihhr/docs/scenihhr\\_o\\_022.pdf](http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihhr/docs/scenihhr_o_022.pdf)
- [16] International Standard IEC 60601-2-33. Second edition 2002-05. Medical electrical equipment – Part 2-33: Particular requirements for the safety of magnetic resonance equipment for medical diagnosis.
- [17] German Federal Ministry of Labour and Social Affairs (BMAS). Electromagnetic field at workplace. ISSN 0174-4992. March 2010. [http://www.bmas.de/portal/38288/property=pdf/fb400\\_elektromagnetische\\_felder.pdf](http://www.bmas.de/portal/38288/property=pdf/fb400_elektromagnetische_felder.pdf)
- [18] European Commission. First consultation of the social partners on the protection of workers from the risks related to exposure to electromagnetic fields at work. <http://ec.europa.eu/>
- [19] European Commission. Second stage consultation of the social partners on the protection of workers from the risks related to exposure to electromagnetic fields at work. C(2010)3250 final. <http://ec.europa.eu/social/main.jsp?langId=en&catId=148&newsId=800&furtherNews=yes>
- [20] CENELEC EN 50499:2008-12. Procedure for the assessment of the exposure of workers to electromagnetic fields. Classificazione CEI 106-23. Fascicolo 10087.

## VALUTAZIONE, PREVENZIONE E PROTEZIONE DAL RISCHIO ELETTROMAGNETICO IN AMBIENTE OSPEDALIERO

Piero Feroldi<sup>(1)</sup>, Claudio Ferri<sup>(2)</sup>, Luigi Spiazzi<sup>(3)</sup>, Marco Bini<sup>(4)</sup>, Amleto Ignesti<sup>(4)</sup>, Roberto Olmi<sup>(4)</sup>, Saverio Priori<sup>(4)</sup>, Cristiano Riminesi<sup>(4)</sup>

- (1) Azienda Ospedaliera Spedali Civili di Brescia, Brescia
- (2) Azienda Ospedaliera di Desenzano del Garda, Desenzano (BS)
- (3) Azienda Ospedaliera "Ospedale Treviglio Caravaggio", Treviglio, (BG)
- (4) Istituto di Fisica Applicata "N.Carrara" IFAC- CNR, Firenze

### 1 – INTRODUZIONE

L'ambiente ospedaliero è ricco di sorgenti di campo elettromagnetico (CEM): oltre alle ben note macchine che usano l'energia elettromagnetica per fini terapeutici (es. marconiterapia, magnetoterapia) e per scopi diagnostici (risonanza magnetica), si incontrano anche apparati generatori di CEM che svolgono funzioni di servizio (reti wireless), o assolvono a compiti essenziali per il funzionamento dell'ospedale (ad es. erogazione dell'energia elettrica). Tutte queste apparecchiature disperdono nell'ambiente campi a cui possono risultare esposti, oltre ai pazienti, anche gli operatori sanitari e altri frequentatori dell'ospedale come i parenti dei pazienti e i visitatori. Una caratteristica fondamentale dei CEM da tener presente quando se ne considerano i rischi è che la loro intensità decade all'allontanarsi dalla sorgente. A parte i *campi radiativi* (quelli le cui sorgenti sono di dimensioni confrontabili con la lunghezza d'onda  $\lambda$  e che distano dal punto di interesse per  $\lambda$  o più), che decadono come  $1/r$  ( $r$ , distanza dalla sorgente), nella maggioranza dei casi si ha a che fare con campi di tipo *reattivo* che decadono come  $1/r^2$  o  $1/r^3$  e per i quali l'esposizione, a seconda del tipo di apparecchiatura, avviene con prevalenza del solo *campo elettrico*  $E$  - unità di misura volt/m (V/m), o dell'*induzione magnetica*  $B$  - unità di misura Tesla (T) e suoi sottomultipli mT e  $\mu$ T. La presenza dei CEM è quindi caratterizzata da *hot spot* in cui l'intensità dei campi può raggiungere livelli molto elevati per poi decrescere rapidamente all'allontanarsi dalla sorgente.

Il presente articolo presenta le metodiche utilizzate per quantificare la presenza di CEM in ambiente ospedaliero e valutarne la significatività sia per quanto riguarda l'esposizione delle persone (operatori, personale non addetto e frequentatori dell'ospedale) sia per escludere interferenze elettromagnetiche con quella strumentazione che ha a che fare con segnali molto deboli quali gli apparecchi dedicati alla misura e il controllo di parametri vitali (elettrocardiografi, elettroencefalografi, ecografi ecc.). L'attività descritta è stata svolta nell'ambito del progetto di ricerca "*Sicurezza e Compatibilità elettromagnetica in ambiente ospedaliero*" in collaborazione tra gli Spedali Civili di Brescia (SCB), l'Azienda Ospedaliera di Desenzano del Garda (AOD) e l'Istituto di Fisica Applicata "*Nello Carrara*" (IFAC) del CNR di Firenze.

Dopo una rapida descrizione delle normative esistenti in Italia sia per la protezione delle persone (lavoratori e popolazione in genere) sia per la compatibilità elettromagnetica fra apparecchiature, verrà descritta la procedura utilizzata per una campagna di misure di CEM in ambiente ospedaliero. In particolare verrà presentata, come caso studio, la campagna di misura effettuata nei presidi ospedalieri della Azienda Ospedaliera di Desenzano del Garda (AOD). In questo contesto, oltre a valutare i campi presenti in maniera diffusa nell'area dell'ospedale (*misure ambientali*), dovuti per lo più a ripetitori radio e TV esterni all'ospedale, sono state effettuate misure dettagliate dei campi emessi da sorgenti specifiche quali: culle termiche, macchine per diatermia e magnetoterapia, apparecchi per magneto-stimolazione.

## 2 - IL QUADRO NORMATIVO

In Italia, come in tutti i paesi sviluppati, esistono norme per l'esposizione ai CEM differenziate per la popolazione e per i lavoratori. Sono state pubblicate dal CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) norme per la valutazione e la misura dei CEM e di recente anche una guida specifica per l'esposizione dei lavoratori.

Inoltre, esistono norme CEI per la compatibilità elettromagnetica delle apparecchiature medicali.

### 2.1 - NORME PER I LAVORATORI

Per i professionalmente esposti il riferimento ora in vigore è il Titolo 8, Capo IV del DLgs. 81/2008 [1], che attua le Direttiva 2004/40/CE [2] basate, sua volta, sulle Linee Guida 1989 della International Commission for Non Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) [3]. La

**Tabella 1** riporta i Valori di azione (VdA), quantità che non debbono essere superate nelle varie situazioni espositive *total body* e per onda continua. Come si vede i VdA dipendono fortemente dalla frequenza per tener conto del fatto che l'accoppiamento fra CEM e organismo (e quindi l'induzione di correnti e l'assorbimento di energia) varia molto con la frequenza così come variano con la frequenza gli effetti che le correnti o l'energia assorbita provocano nell'organismo. Si noti che per le frequenze più elevate (oltre 10 MHz) i VdA sono espressi anche in termini di densità di potenza  $S$ , misurata in  $\text{watt/m}^2$  ( $\text{W/m}^2$ ), anche se è uso molto comune continuare ad utilizzare il riferimento al campo elettrico  $E$  anche per le frequenze oltre i 10 MHz.

Si noti che a 50 Hz (frequenza di distribuzione dell'energia elettrica), i VdA sono 10 kV/m per il campo elettrico e 500  $\mu\text{T}$  per l'induzione magnetica  $B$ .

Nel caso che il CEM sia una miscela di più frequenze le norme prevedono che l'intensità delle componenti a ciascuna frequenza sia divisa per il VdA a quella frequenza e la somma di tutti questi contributi va a formare un *indice che* deve risultare minore di 1. Esistono condizioni di esposizione parziale del corpo (es. per il telefono cellulare) o forme d'onda particolari (ad es. impulsi, quali quelli del segnale radar) per le quali i VdA possono essere superati, ma l'argomento è troppo specifico

per essere trattato qui e si rimanda ai documenti già citati. Un caso a cui vogliamo però accennare è quello delle forme d'onda pulsate e/o non ripetitive, di frequenza inferiore a 100kHz per le quali l'ICNIRP ha proposto uno *statement* nel quale si formula un indice particolare, così detto del *Wighted Peak* (che noi indicheremo con il simbolo WP03), che pesa con i VdA le varie armoniche costituenti la forma d'onda e tiene opportunamente conto delle loro fasi [4]. Un'analisi approfondita dell'indice WP03 si trova nel report [5] al quale si rimandano gli interessati.

**Tabella 1:** Valori di azione (DLgs. 81/2008)

<i>f</i> (frequenza)	<i>E</i> (V/m)	<i>B</i> (μT)	<i>S</i> (W/mq)
fino a 1 Hz	..	200 000	..
1-8 Hz	20 000	200 000/ <i>f</i> <sup>2</sup>	..
8-25 Hz	20 000	25 000/ <i>f</i>	..
0.025 - 0.82 kHz	500/ <i>f</i>	25/ <i>f</i>	..
0.82 - 2.5 kHz	610	30.7	
2.5 - 65 kHz	610	30.7	..
65 - 100 kHz	610	2 000/ <i>f</i>	
0.1 - 1 MHz	610	2/ <i>f</i>	..
1-10 MHz	610/ <i>f</i>	2/ <i>f</i>	..
10 - 110 MHz	61	0.2	10
110 - 400 MHz	61	0.2	10
400 - 2000 MHz	3√ <i>f</i>	0.01√ <i>f</i>	<i>f</i> /40
2 - 300 GHz	137	0.45	50

**2.2 - NORME PER LA POPOLAZIONE**

I limiti per la popolazione sono riportati nei due DPCM 8 luglio 2003 (G.U. n.199, 28/08/2003, per le radio frequenze; G.U. n.200,29/08/2003 per i 50 Hz) reperibili all'URL [6].

**Tabella 2:** Limiti per le radio frequenze e microonde

frequenza	Limiti di esposizione			Valori di azione			Obiettivi di qualità		
	<i>E</i> (V/m)	<i>B</i> (μT)	<i>S</i> (W/m <sup>2</sup> )	<i>E</i> (V/m)	<i>B</i> (μT)	<i>S</i> (W/m <sup>2</sup> )	<i>E</i> (V/m)	<i>B</i> (μT)	<i>S</i> (W/m <sup>2</sup> )
0.1 - 3MHz	60	0.25	-	6	0.02	-	6	0.02	-
3 - 3000MHz	20	0.063	1	6	0.02	0.1	6	0.02	0.1
3 - 300GHz	40	0.013	4	6	0.02	0.1	6	0.02	0.1

Si distinguono: (1) *limiti di esposizione*, valori da non superare comunque, (2) *valori di attenzione*, aree di gioco per infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici,

luoghi adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore giornaliere; (3) *obiettivi di qualità*, da tenere presente come obiettivo per una graduale riduzione in zone densamente popolate e nella progettazione di nuovi impianti. Si rimanda ai documenti originali per i dettagli applicativi. La

**Tabella 2** riporta i limiti per le frequenze sopra 100 kHz (radio frequenze e microonde).

Per quel che riguarda le basse frequenze, che comunemente comprende le frequenze fino a 100 kHz, in realtà, il DPCM si occupa solo della frequenza di distribuzione dell'energia elettrica (50 Hz) e, in sostanza, dei campi prodotti dagli elettrodotti. I limiti per 50 Hz sono di 5 kV/m per il campo elettrico; per l'induzione magnetica  $B$  si fa la distinzione: *limiti di esposizione*, 100  $\mu\text{T}$ ; Valori di attenzione 10  $\mu\text{T}$ ; *obiettivo di qualità* 3  $\mu\text{T}$ .

### 2.3 - COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA

Bisogna garantire che i campi elettromagnetici, nel luogo in cui una apparecchiatura elettromedicale è posizionata e si trova ad operare, non superino i livelli per i quali sono state collaudate. La norma CEI 60601-1-2, stabilisce in proposito questi valori: 10 V/m, per apparecchiature utilizzate per il sostentamento di funzioni vitali;

3 V/m, per apparecchiature non utilizzate per il sostentamento di funzioni vitali.

Quella citata è una norma generale. Esistono norme CEI per specifiche categorie di elettromedicali (come: elettrocardiografi, elettromiografi, encefalografi, sistemi doppler, ecc.), alle quali ci si può di volta in volta riferire, ma su cui non possiamo soffermarci in questa sede.

## 3 - PROCEDURA DI INTERVENTO

La procedura di intervento nei riguardi del rischio elettromagnetico prevede il coinvolgimento di diverse professionalità: nel caso della valutazione competenze tecniche (per misurazioni, calcoli ed elaborazioni, etc.), nel caso della prevenzione sia competenze tecniche che, soprattutto, competenze di tipo organizzativo-gestionale che diventano preminenti nel caso degli aspetti legati alla protezione. In questo contesto, sulla base della ventennale esperienza dei ricercatori del CNR e interpretando la normativa tecnica vigente, in particolare la norma CEI EN 50499 [7], è stata definita una procedura di valutazione del rischio da CEM in ambiente ospedaliero. Tale procedura nella sostanza prevede di:

1. sopralluogo degli ambienti soggetti alla valutazione e censimento delle sorgenti, esterne ed interne all'area dell'ospedale;
2. individuazione delle sorgenti (dispositivi, apparecchiature, etc.), dei locali (sale, reparti, etc.) e più in generale delle aree (atri, piani, edifici, parcheggi, etc.) che risultano conformi a priori al DLgs 81/2008 secondo quanto prescritto nella Tabella 1 della norma CEI EN 50499;
3. individuazione delle sorgenti, dei locali e più in generale delle aree che **non** risultano a priori conformi alla normativa:

- a. per la protezione della popolazione (DPCM 8 luglio 2003) (**misure ambientali**);
  - b. per la protezione dei lavoratori professionalmente esposti (DLgs 81/2008) (**sorgenti di campo elettromagnetico particolari**);
  - c. di compatibilità elettromagnetica relative alle possibili interferenze che possono, anche solo potenzialmente, verificarsi tra le apparecchiature e i dispositivi sia di pertinenza dell'azienda e/o dell'organizzazione responsabile della sicurezza dell'ambiente di lavoro, che quelli di uso personale (valutazione dei **rischi indiretti**);
4. in merito al punto 3) scelta della strumentazione e pianificazione della campagna di misura;
  5. esecuzione della campagna di misura;
    - a. verifica della calibrazione e funzionalità della strumentazione da utilizzare;
    - b. esecuzione delle misure;
    - c. controllo della calibrazione e funzionalità della strumentazione utilizzata al ritorno dalla campagna;
  6. elaborazione dei risultati delle misurazioni
  7. relazione tecnica sull'intervento eseguito mirata a:
    - a. definire per le sorgenti, i locali e le aree censite il rischio elettromagnetico, ovvero per quelle per cui si è resa necessaria l'esecuzione materiale di misurazioni riportare i valori di campo misurati in confronto ai limiti previsti dalla normativa ad essi pertinente;
    - b. suggerire, dove e quando necessario, appropriate procedure o riorganizzazioni degli ambienti di lavoro per la riduzione del rischio elettromagnetico.

La procedura di intervento esposta, implicitamente ammette la possibilità di effettuare delle verifiche, laddove necessario, dei limiti di esposizione per i lavoratori che si trovano esposti a CEM tali da superare i limiti di azione (o comunque con questi confrontabili). Questo non è quasi mai, ad oggi, una competenza di professionisti e tecnici che operano nel settore della sicurezza sui luoghi di lavoro, ma piuttosto di competenza di chi opera nel settore della ricerca, anche industriale.

#### **4 - UN CASO STUDIO: AZIENDA OSPEDALIERA DI DESENZANO DEL GARDA (BS)**

Per illustrare la procedura descritta nei suoi aspetti generali nella precedente sezione, vengono qui presentati, come caso studio, i punti salienti della campagna di misure effettuata a più riprese presso l'Ospedale di Desenzano sul Garda e altri presidi ospedalieri dell'Azienda Ospedaliera di Desenzano.

Il Servizio di Prevenzione e Protezione (Resp. C. Ferri) ha il compito del controllo della sicurezza dei luoghi di lavoro in tutta l'azienda, comprese la valutazione, la prevenzione e la protezione dal rischio elettromagnetico. Relativamente alla valutazione l'azienda si è avvalsa della collaborazione di IFAC-CNR, invece per gli



aspetti di prevenzione e protezione dell'U.O. di Fisica Sanitaria dell'Azienda Ospedaliera "Spedali Civili di Brescia".

#### 4.1 - MISURE AMBIENTALI

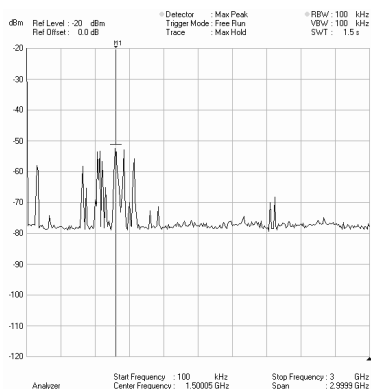
La misura dei campi elettromagnetici ambientali (in gergo *fondo elettromagnetico*) prescinde dalla misura dei contributi imputabili alle sorgenti di campo EM interne (ovvero di pertinenza dell'AOD) ma mira bensì a valutare i contributi relativi alle sorgenti esterne. Le più comuni sorgenti di campo che rientrano in questa "categoria" sono i ripetitori radio e TV e le stazioni radio base per la telefonia cellulare per quanto concerne le sorgenti in alta frequenza, e gli elettrodotti, le linee elettriche e le cabine di trasformazione per la fornitura di energia elettrica da parte del gestore per quanto concerne invece le sorgenti in bassa frequenza. Gli ambienti da monitorare sono quelli accessibili a tutte le categorie di frequentatori dell'ospedale (lavoratori, pazienti e visitatori). In questi devono essere rispettati i limiti per la popolazione (vedi

**Tabella 2**). La procedura di intervento prevede, in prima istanza, l'impiego di strumentazione *a banda larga*. Qualora si verificasse il superamento dei limiti, per individuare il "colpevole" si dovrebbe utilizzare strumentazione *a banda stretta*, tipicamente uno spettro analizzatore corredato di un opportuno sistema di ricezione (antenna).

**Campi a radio frequenza.** Sulle colline attorno a Desenzano e Gavardo, per esempio, sono presenti ripetitori radio e TV e stazioni radio base (**Figura 1 a**). I livelli di campo elettrico misurati con strumentazione a banda larga in esterno (nei parcheggi) e in interno (nei corridoi, negli atri e nelle sale di attesa) sono dell'ordine di 1V/m. La **Figura 1b** riporta il display dello spettro analizzatore evidenziando che il contributo più significativo proviene dalle sorgenti TV (intervallo di frequenze a cavallo del marker).



(a)



(b)

**Figura 1** – (a) Vista delle sorgenti esogene che insistono sul Presidio Ospedaliero di Gavardo: Stazione Radio Base TIM (in primo piano) e, sullo sfondo, le antenne di ripetitori radio e TV; (b) panoramica con strumentazione a banda stretta

Nel corso della valutazione sono state eseguite delle misure in corrispondenza degli access point della rete wireless, in questo caso a 10cm di distanza sono stati rilevati intensità di campo elettrico fino a 1.8V/m, tale valore decade a circa 1m di distanza a 0.2V/m

Per i campi RF le norme vigenti per la popolazione risultano rispettate ovunque.

**Campo magnetico a 50 Hz.** La situazione più sfavorevole si è riscontrata presso l'ospedale di Desenzano del Garda. I valori di fondo di induzione magnetica rilevati (da  $1\mu$  a  $0.1\mu$ T) sono dovuti all'elettrodotto che passa in prossimità dell'ospedale dal lato del parcheggio. All'interno dell'ospedale il campo ambientale più elevato è nella sala delle riunioni del personale nel reparto di pediatria (punto più vicino all'elettrodotto) e vale  $0.1\mu$ T.

In generale, sono consueti spot in prossimità di cavi e quadri elettrici da alcuni  $\mu$ T fino a qualche decina di  $\mu$ T, ma si tratta di volumi molto ristretti.

All'interno delle cabine di trasformazione, siano queste di pertinenza o meno del datore di lavoro, si riscontrano valori ambientali dell'ordine del  $\mu$ T, con punte in prossimità dei trasformatori (sempre esterni al vano trasformatori) o dei motori di decine e centinaia di  $\mu$ T. Anche in questo caso si ha a che fare con campi di prossimità, che calano rapidamente in poche decine di cm.

I limiti di esposizione per la popolazione sono comunque rispettati.

## 4.2 - SORGENTI CEM PARTICOLARI

Con riferimento alla procedura di valutazione dell'esposizione dei lavoratori (vedi sezione precedente) le apparecchiature elettromedicali in genere sono sorgenti di campo elettromagnetico per le quali non può essere stabilita a priori la conformità a quanto prescritto dal DLgs 81/2008, quindi "particolari". Tali sorgenti possono interessare sia i non addetti (visitatori, parenti, pazienti in attesa di trattamento, personale di servizio) sia gli operatori (non si considerano qui i pazienti, per i quali l'esposizione è parte integrante della terapia).

In questo paragrafo si riportano, in maniera necessariamente sintetica, i risultati per alcune apparecchiature elettromedicali che sono state prese in considerazione presso l'AOD.

### 4.2.1 - Incubatrici e culle termiche

Tali apparecchiature elettromedicali sono ad uso nei reparti di Neonatologia. L'esposizione interessa sia gli operatori, sia chi assiste i piccoli pazienti, ma data la "delicata" funzione che sono chiamati ad assolvere è stata dedicata una significativa attenzione anche all'esposizione dei pazienti [9].

In prossimità delle culle termiche aperte (**Figura 2a**) sono stati misurati valori di induzione magnetica fino ad un massimo di  $7\mu$ T in punti localizzati in corrispondenza dell'apparto di alimentazione, ad una distanza di circa 3cm. Tale apparato opera conversione in bassa tensione per alimentare in sicurezza il sistema di riscaldamento della culla termica.

Analoga distribuzione dei valori di induzione magnetica si sono riscontrati in corrispondenza delle incubatrici (**Figura 2b**). In questo caso sono state effettuate misurazioni su due incubatrici in condizioni operative diverse, la prima in condizioni

stabili di temperatura e umidità (modalità di funzionamento di “mantenimento”) mentre la seconda incubatrice era stata appena accesa e doveva raggiungere le condizioni di equilibrio. Nel primo caso, in corrispondenza del sistema di alimentazione, sono stati misurati valori massimi di induzione magnetica pari a  $13\mu\text{T}$ , nel secondo caso invece si sono misurati valori fino a  $27\mu\text{T}$ .

Gli operatori stazionano attorno all'incubatrice e alle culle termiche di norma per 5' per 6/8 volte al giorno, e non specificatamente in prossimità del sistema di alimentazione.

I valori di induzione magnetica misurati sono comunque inferiori ai limiti di azione ( $500\mu\text{T}$  a 50Hz) sanciti dal DLgs 81/2008, sono rispettati anche i limiti di esposizione per la popolazione ( $100\mu\text{T}$ ) definiti dal DPCM 8 Luglio 2003, non i valori di attenzione ( $10\mu\text{T}$ ) e gli obiettivi di qualità ( $3\mu\text{T}$ ).



(a)

(b)

**Figura 2** – Reparto di Neonatologia di Manerbio: (a) Culla termica; (b) Incubatrice

#### 4.2.2 - Diatermia

Le applicazioni per diatermia sono praticate nei reparti di fisioterapia e riabilitazione. Le metodologie più comunemente adottate si basano sul riscaldamento a RF o microonde (*marconiterapia* e *radarterapia*).

**Marconiterapia.** Delle apparecchiature per *marconiterapia* solo quelle con applicatore di tipo *diplode* producono campi dispersi di notevole intensità in zone accessibili all'operatore ([9], [10]). Nel caso di AOD per l'apparato in **Figura 3b** sono stati rilevati 400 V/m a livello del torace, 300 V/m a livello della testa in corrispondenza della postazione vicino al lettino, posizione temporaneamente occupata dall'operatore, 200 V/m a 50cm di distanza dall'applicatore, valori notevolmente superiori ai 61V/m previsti quale valore di azione dal DLgs 81/2008 a 27 MHz; e valori massimi di 40V/m in prossimità della console di comando. I trattamenti andrebbero organizzati in modo da evitare agli operatori di stazionare in prossimità delle apparecchiature quando il sistema a RF è attivato. Le apparecchiature con applicatore di tipo *monode* (**Figura 3a**) producono, invece, campi ampiamente inferiori al suddetto valore di azione, tipicamente 7-10V/m a circa 10cm di distanza dall'applicatore e al massimo 3V/m in corrispondenza della console di comando. È stato infine constatato che per ambedue le tipologie di

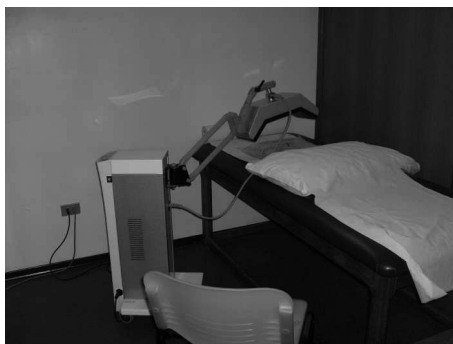
applicatori i campi hanno valori molto inferiori ai limiti per la popolazione nelle zone del reparto in cui sono presenti pazienti non sottoposti a marconiterapia. Per evitare l'esposizione dell'operatore a campi che, con valori superiori a quelli di azione, possano determinare il superamento dei limiti da esposizione sono possibili due soluzioni. Si può disporre la procedura di trattamento in modo che l'operatore non stazioni in questa zona di campi elevati quando la macchina è in funzione. Oppure, un'altra soluzione è quella di verificare che, anche se sono superati i valori di azione, non lo sono i *limiti di esposizione* (SAR di 10W/kg, per il personale esposto, nell'intervallo di frequenze considerato), il che richiede di valutare la potenza depositata nell'organismo esposto. E' questo, tuttavia, un compito di notevole difficoltà e impegno. Si tratta, infatti, di modellare in maniera sufficientemente realistica la sorgente dei campi e, quel che è più pesante, implementare un modello del corpo umano esposto con un dettaglio anatomico sufficiente a produrre risultati significativi.



(a)

(b)

**Figura 3** – Apparato per marconiterapia: (a) con applicatore magnetico MONODE; (b) con applicatore elettrico DIPLODE



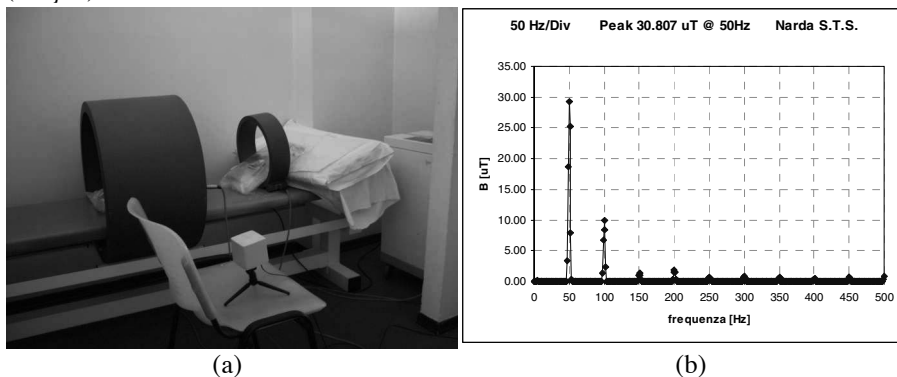
**Figura 4** –Apparecchiature per radarterapia (frequenza 2.45GHz, P=250W)

**Radarterapia.** Le apparecchiature per *radarterapia* operano tipicamente nella banda ISM a 2.45GHz (vedi **Figura 4**). Misure con strumentazione a banda larga lungo gli assi di simmetria dell'applicatore hanno evidenziato che a 1m di distanza i

valori rilevati sono ben inferiori al valore di azione riferito a questa frequenza (137V/m), a 50cm di distanza si sono rilevati valori appena confrontabili. In alcune circostanze si potrebbe verificare che, essendo queste apparecchiature dotate di applicatori radiativi e direzionabili, le intensità di campo in alcuni punti ed in determinate condizioni si avvicinino o momentaneamente superino il valore di attenzione e l'obiettivo di qualità per la popolazione (6V/m). L'inconveniente può essere risolto curando il puntamento degli applicatori.

#### 4.2.3 - Magnetoterapia

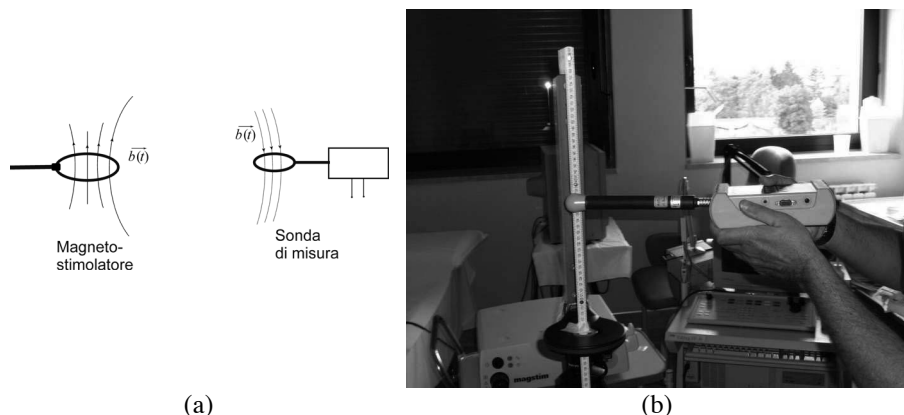
Per quanto riguarda le macchine per *magnetoterapia*, la grandezza di interesse è l'*induzione magnetica* B. Le misure sono state effettuate in prossimità della consolle di comando e nelle posizioni della testa e del torace dell'operatore quando questo si trova seduto accanto al paziente (**Figura 5**). I valori misurati in corrispondenza della consolle sono ben inferiori ai limiti di esposizione. Nel caso della postazione accanto al paziente i valori sono sensibilmente più elevati. Tenendo conto anche dei contributi armonici, non sono comunque superati i valori stabiliti dal DLgs 81/2008. Nelle zone accessibili al pubblico sono stati rilevati campi (solo alla frequenza di 50 Hz) di intensità notevolmente inferiori ai limiti di esposizione per la popolazione ( $100\mu\text{T}$ ).



**Figura 5** – (a) Misure all'altezza del torace con strumento EHP50 su apparato per magnetoterapia; (b) misura all'altezza della testa

#### 4.2.4 - Magnetostimolatore

Si tratta di un apparecchio che produce intensi e rapidi impulsi di campo magnetico per stimolare i tessuti neuromuscolari mediante induzione di correnti elettriche in maniera non invasiva. Dal punto di vista elettromagnetico, che è quello che qui ci interessa, il magnetostimolatore è costituito da un generatore di impulsi di corrente e un applicatore, schematizzabile con una bobina circolare, nel quale il generatore immette l'impulso di corrente che darà luogo al campo magnetico impulsivo nello spazio circostante (**Figura 6**). Il magnetostimolatore da noi utilizzato per le prove (Magstim© 200<sup>2</sup>) ha una bobina di circa 10cm di diametro. L'unica regolazione disponibile sul generatore è quella della "Potenza" e il corrispondente indicatore fornisce una lettura (misurata in percentuale del massimo) proporzionale alla corrente nella bobina e quindi al campo magnetico nello spazio circostante.



**Figura 6** –(a) rappresentazione schematica della misura dell'induzione magnetica generata dal magnetostimolatore; (b) caso particolare della misura lungo l'asse  $z$

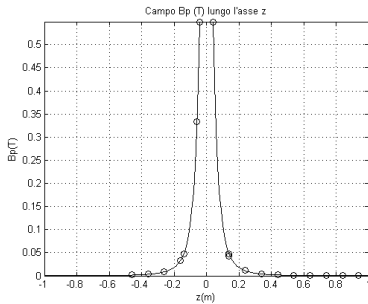
Le misure sono state effettuate con uno strumento (Narda-sts, ELH-400) che permette (1) di registrare l'andamento temporale delle tre componenti  $B_x(t)$ ,  $B_y(t)$ ,  $B_z(t)$  del vettore campo magnetico e (2) di leggere sul display le seguenti quantità relative all'impulso: (a) il valore di picco  $Bp$ ; (b) il valore quadratico medio  $B_{rms}$  (tempo di media 1 sec.); (c) l'indice *Wighted Peak* per i lavoratori (WP03w).

Si è misurato il picco  $Bp$  lungo due rette fra loro ortogonali, una verticale (asse  $z$ ) passante per il foro presente nel centro della spira-applicatore e una orizzontale (asse  $r$ ) che incrocia  $z$  3 cm sopra la spira. Le misure sono state effettuate in ambedue le direzioni su una distanza di +1m e -1m, in punti intervallati di 10 cm. Le misure mostrano una notevole simmetria sia rispetto all'asse  $z$  che rispetto all'asse  $r$ , simmetria che non risente neanche del manico dell'applicatore dato che, ad una uguale distanza  $r$  dall'asse,  $B$  assume gli stessi valori sia che si sia dalla parte del manico o dalla parte opposta.

Abbiamo interpolato i punti lungo  $z$  con l'equazione (1) che esprime il campo di una spira circolare di raggio  $a$ , percorsa dalla corrente  $I$ . Questi due parametri sono stati calcolati per best fitting, ottenendo  $a=5.25$  cm ed  $I=92.12$  kA. Si noti che la corrente  $i(t)$  ha la stessa forma dell'impulso  $B(t)$  ed  $I$  rappresenta il picco di  $i(t)$ .

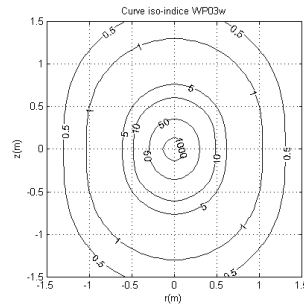
$$B(z) = \mu_0 \frac{a^2 I}{2\sqrt{(a^2 + z^2)^3}} \quad (1)$$

Nella **Figura 7** i cerchietti rappresentano i valori misurati e la linea continua la curva (1). Come si vede il fitting è eccellente ( $R^2 = 0.9988$ ), il che conforta l'ipotesi che il campo prodotto dal Magstim è assimilabile a quello di una semplice spira circolare di raggio  $a$ . Questo ultimo può essere calcolato con formule analitiche, reperibili ad es. in [12], però troppo complicate per essere riportate qui. Usando queste formule, si può calcolare  $B$  secondo  $r$  e confrontare i valori così calcolati con quelli misurati. Il fitting che si ottiene è altrettanto buono di quello che abbiamo mostrato in **Figura 7**, il che conferma definitivamente che il campo prodotto dal Magstim è calcolabile con le formule della spira circolare dovunque serva.



**Figura 7:** Campo magnetico (di picco) lungo l'asse  $z$ .

(O) Valori misurati; (-) curva secondo equazione (1).



**Figura 8** Curve iso-livello dell'indice WP03w su un piano  $x, r$ .

In uno dei punti, oltre al valore di picco si è acquisita la forma temporale dell'impulso di ciascuna componente del vettore  $B$ , per cinque impostazioni della potenza. Si è così potuto verificare che indipendentemente dalla potenza la forma è sempre la stessa, ovvero che l'impulso  $B(t)$  (e, ovviamente, le sue tre componenti  $B_x, B_y, B_z$ ) sono scrivibili come:

$$B(t) = Bp \cdot g(t) \quad (2)$$

dove  $Bp$  è il valore di picco dell'impulso e  $g(t)$  è un *fattore di forma* uguale da impulso ad impulso e vale 1, nell'istante in cui l'impulso raggiunge il picco. Questa proprietà garantisce che il valore quadratico medio e l'indice sono quantità proporzionali a  $Bp$ . Per verifica si è misurato e calcolato in un punto sia il valore quadratico medio  $B_{rms}$  sia l'indice ICNIRP Wighted Pulse (WP03w) che si è trovato che, ad es. il valore calcolato e quello misurato dall'ELT-400 dell'indice WP03w differiscono per meno dell'1%. Quindi una volta noto  $Bp$  si può ricavare WP03w che è ad esso proporzionale.

Grazie alle formule per la spira circolare, già citate, si può calcolare il valore di  $Bp$  (e quindi dell'indice WP03w) in ogni punto dello spazio intorno al Magstim. Se pensiamo la spira giacente su un piano orizzontale  $\square$  e tracciamo l'asse  $z$  come una retta verticale per il centro della spira, il campo  $B$  ha simmetria di rotazione intorno all'asse  $z$  e di riflessione rispetto al piano  $\square$ . Della stesse simmetrie gode l'indice WP03w.

La **Figura 8** mostra le curve iso-livello dell'indice WP03w su un piano  $r, z$  (tracce delle superfici ad ugual indice con un piano verticale passante per l'asse  $z$ ).

Si vede chiaramente che la zona in cui l'indice supera il valore di 1 (zona vietata, secondo la norma) si estende oltre 1 metro e per distanze dell'ordine di 50 cm, l'indice supera 10, ovvero il 1000 % del limite ICNIRP per le forme pulsate in questo range di frequenze). E' vero che si tratta di impulsi brevi ripetuti con intermittenze lente, però la permanenza in prossimità di questo apparecchio andrebbe gestita con cautela in attesa che ulteriori ricerche escludano possibili effetti dannosi.

## 5 – CONCLUSIONI

E' stata presentata una procedura di esame del rischio da esposizione elettromagnetica in ambiente ospedaliero sia per quel che concerne gli operatori di specifiche apparecchiature sorgenti di CEM (soggetti al rispetto del DLgs. 81/2008), sia del personale non addetto (infermieri, visitatori ecc.) che possono essere esposti ai CEM e per i quali va verificato il rispetto delle norme vigenti per la popolazione.

Per illustrare concretamente la procedura è stato descritto un caso-studio relativo ai presidi ospedalieri dell'Azienda Ospedaliera di Desenzano del Garda. Riassumiamo qui di seguito i risultati principali.

I campi ambientali a radio frequenza, dovuti sostanzialmente a ripetitori broadcasting (radio e TV), possono in alcuni casi arrivare a 1.8V/m, ma restano comunque inferiori ad 1V/m e quindi molto inferiori ai limiti di esposizione e ai valori di attenzione per la popolazione. Il campo magnetico dovuto all'elettrodotta in prossimità dell'ospedale di Desenzano, raggiunge al massimo 1 $\mu$ T, e quindi al di sotto di limiti di esposizione, valore di attenzione ed obiettivo di qualità per la popolazione.

Il campo magnetico a 50 Hz in prossimità, all'interno delle cabine di trasformazione e in prossimità di apparecchiature varie (cavi elettrici, interruttori) presenta valori dell'ordine dei 50  $\mu$ T, con punte di 450  $\mu$ T a contatto di motori, restando comunque al di sotto dei valori di azione per i lavoratori.

I campi prodotti dalle apparecchiature per magnetoterapia sono inferiori ai valori di azione per i lavoratori e sono analogamente inferiori ai limiti di esposizione per la popolazione nelle zone accessibili al pubblico.

Le macchine per marconiterapia presentano valori superiori ai valori di azione per gli operatori nelle immediate vicinanze e solo se si usa l'applicatore diplode, mentre con l'uso dell'applicatore monode i valori sono ampiamente inferiori ai valori di azione. Nelle zone accessibili ad altri pazienti e ad altre persone i campi sono molto inferiori ai limiti di esposizione per la popolazione in qualsiasi condizione d'uso. Un semplice provvedimento per garantire il non superamento dei limiti per gli operatori è che questi non sostino in prossimità dell'apparecchiatura quando questa è in funzione.

I campi generati dalle apparecchiature per radarterapia risultano in genere inferiori ai valori di azione per gli operatori anche se in prossimità dell'applicatore (entro 50 cm) i valori medi possono superare i valori di azione. Un accorgimento per evitare sovraesposizioni è quello di disporre che gli operatori non sostino in prossimità dell'apparecchiatura quando questa è in funzione. Il corretto puntamento degli applicatori garantisce inoltre il rispetto dei valori di attenzione per la popolazione in genere.

Le misure effettuate su magnetostimolatore hanno evidenziato il superamento dei valori di azione all'interno di una zona che si estende di oltre un metro intorno all'applicatore. La permanenza in prossimità di queste apparecchiature deve essere opportunamente gestita, per evitare che l'operatore risulti esposto a campi eccessivi.

I campi rilevati in prossimità delle culle termiche e delle incubatrici presentano spot di intensità non superiore a 30  $\mu$ T in corrispondenza del sistema di alimentazione. Non sono quindi superati i limiti di esposizione per la popolazione (100  $\mu$ T).



## 6 – RIFERIMENTI

- [1] D.Lgs 9 Aprile 2008, n.81 *Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro* (G.U. n.101 del 30-04-2008 – Suppl. Ordinario n.108);  
<http://www.lavoro.gov.it/NR/rdonlyres/88EB5823-1FC9-403F-86E7-051227F6B32C/0/DLgs812008integratoconDLgs1062009.pdf>
- [2] Direttiva 2004/40/CE del Parlamento Europeo e Consiglio del 29 aprile 2004 relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300,  
<http://www.ifac.cnr.it/pcemni/normeit/ec2004.pdf>
- [3] International Commission for Non Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), "*Guidelines for Limiting Exposure to Time-varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz).*", Health Physics 74: 494-522 (1998)
- [4] Guidance on determining compliance of exposure to pulsed and complex non-sinusoidal waveforms below 100 kHz with ICNIRP guidelines, ICNIRP Statement, Health Physics. March 2003, Volume 84, Number 3, p.383;  
[www.icnirp.de/documents/pulsed.pdf](http://www.icnirp.de/documents/pulsed.pdf)
- [5] D.Andreuccetti, S.Priori, N.Zoppetti: *Esposizione della popolazione a sorgenti ELF con forma d'onda complessa: valutazione del campo magnetico e della densità di corrente indotta*, Report CNR-IFAC-TR-04/010, Vol.2, n. 65-7 (2010),  
[http://eprints.bice.rm.cnr.it/1551/1/7\\_zoppetti.pdf](http://eprints.bice.rm.cnr.it/1551/1/7_zoppetti.pdf)
- [6] [http://www.arpa.emr.it/elettrosmog/download/DPCM\\_8luglio2003\\_RF.pdf](http://www.arpa.emr.it/elettrosmog/download/DPCM_8luglio2003_RF.pdf)  
[http://www.arpa.emr.it/cms3/documenti/cem/normativa/DPCM\\_8luglio2003\\_bassa.pdf](http://www.arpa.emr.it/cms3/documenti/cem/normativa/DPCM_8luglio2003_bassa.pdf)
- [7] CEI EN 50499, *Procedura per la valutazione dell'esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici*, 1.a Ed., 01/12/2009.
- [8] CEI-IEC, 60601-1-2, *Medical electrical equipment*, 2.nd Ed., 2003
- [9] C. Riminesi, D. Andreuccetti, R. Fossi, M. Pezzati, "ELF Magnetic Field Exposure in a Neonatal Intensive Care Unit," *Bioelectromagnetics*, **25**, 7, pp. 481-491, October 2004.
- [10] M.G. Bini, A. Ignesti, L. Millanta, N. Rubino, R. Vanni, "A comparative analysis of the various potentially polluting RF sources," *Alta Frequenza*, N.2, Vol. XLIX, 1980.
- [11] M.A. Stuchly, M.H. Repacholi, D.W. Lecuyer and R.D. Mann, "Electromagnetic fields around short-wave diathermy," *Microwave Power Symposium*, Toronto, 10-12 June 1981
- [12] <http://plasmalab.pbwiki.com/f/bfield.pdf>

## ELETTROBISTURI: VALUTAZIONE DEL RISCHIO PER GLI OPERATORI E INTERFERENZE

Luca Gentile, Walter Sartor

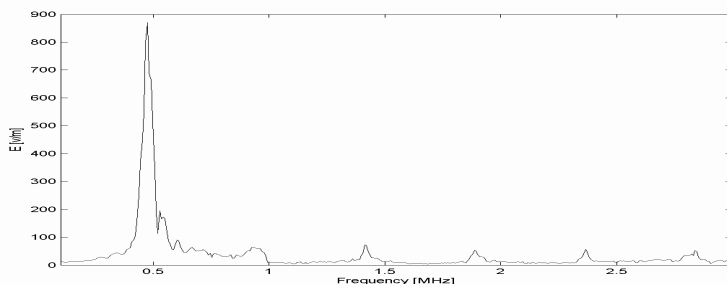
Fisica Sanitaria, ASL-CN1, Cuneo

### 1. PREMESSA

L'utilizzo di apparecchi quali gli elettrobisturi in ambienti di sala operatoria pone di fronte a due tipi di problematiche. Da un lato sorge la necessità di valutare l'esposizione degli operatori al campo elettromagnetico, come d'altra parte segnalato dalle linee guida del CENELEC che riguardano la valutazione dei rischi derivanti dalle emissioni elettromagnetiche, mentre dall'altra si pone il problema della compatibilità elettromagnetica con gli altri apparecchi presenti in sala, oltre che con eventuali dispositivi medici impiantati.

Per quanto riguarda la tutela dei lavoratori, il D.Lgs 81/08 fissa i limiti di azione ed esposizione. A titolo cautelativo si è scelto di fare riferimento al livello di 6 V/m, stabilito come livello di attenzione dal D.P.C.M. 08/07/2003. Questo criterio pare inoltre il più efficace nell'ottica di tutela delle lavoratrici in stato di gravidanza.

La verifica della compatibilità elettromagnetica richiede invece una valutazione caso per caso, e va quindi inserita in una procedura più generale di valutazioni preventiva, partendo peraltro dalla considerazione che il livello solitamente garantito dai fabbricanti è di 3 V/m.



**Figura 1:** spettro del campo elettrico di un tipico elettrobisturi per sala operatoria, misurato in prossimità della mano dell'operatore. E' possibile distinguere la portante principale a 475kHz, accompagnata dalle altre armoniche.

L'analisi ha riguardato una serie di strumenti di case differenti presenti nelle strutture di sala operatoria dell'ASL CN1. Le frequenze di emissione sono dell'ordine del centinaio di kHz, tipicamente tra i 300 kHz e 600 kHz, circa (vedi **Figura 1**).

## 2. STRUMENTI E METODI

Viste le frequenze delle emissioni da misurare si è deciso di utilizzare una sonda NARDA mod. EHP200, le cui caratteristiche principali sono riassunte nella **Tabella 1** a seguito.

**Tabella 1:** principali caratteristiche della sonda EHP200

Range di frequenza	9 kHz – 3 MHz
Range di misura	0.1 V/m – 1 kV/m
Risoluzione	0.01 V/m
Piattezza di banda	+/- 0.5 dB @20 V/m
Anisotropia	0.8 dB @1MHz
Spam	9 kHz – 3 MHz
Risoluzione spettrale	1-3-10-30-100-300 kHz

Questo tipo di sonda risulta uno strumento stand alone e può essere collegata direttamente alla porta USB di un qualsiasi PC portatile mediante un cavo in fibra ottica. Un software dedicato permette poi di gestire lo strumento e visualizzare i risultati. E' internamente costituita da tre sensori, loop per la misura della componente magnetica e piastre per quella elettrica, posti tra loro ortogonalmente, onde rendere la sonda stessa isotropica. A valle dei sensori è posizionato un ricevitore supereterodina, che permette di variare la risoluzione spettrale agendo all'ampiezza del filtro di misura.

L'incertezza standard associata alla misura del campo e.m. è data dalla somma di tre principali componenti, aventi tutti distribuzione rettangolare (rif. Linee guida ISO 1993):

- $A_m$ : linearità di risposta in ampiezza, dipende dalla scala di lettura. Poiché espressa in V/m o A/m va espressa in dB, onde poter essere sommata agli altri termini

$$U_{A_m} = \frac{20}{\ln 10} \frac{A_m}{2\sqrt{3}E_{mis}}$$

- risposta isotropica  $R_i$ , espressa in dB, è riportata sul certificato sul certificato di calibrazione dello strumento

$$U_{R_i} = R_i / \sqrt{3}$$

- accuratezza di calibrazione,  $A_c$ , è espressa anch'essa in dB e riportata sul certificato di calibrazione

$$U_{A_c} = A_c / \sqrt{3}$$

Per cui avrà per l'incertezza standard totale, espressa in V/m o A/m

$$U_c = \frac{\ln 10}{20} E_{mis} \sqrt{U_{Ac}^2 + U_{Ri}^2 + U_{Am}^2}$$

Si ha quindi per le misure effettuate:

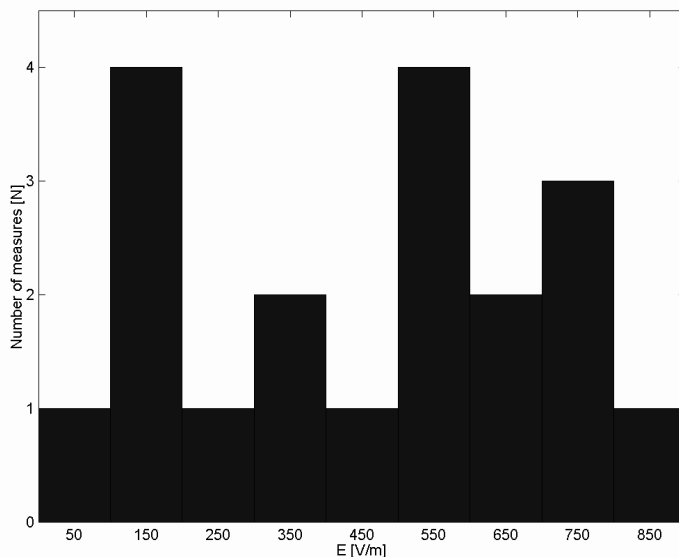
- accuratezza di calibrazione  $U_{Ac} = 0.63$  dB
- risposta isotropica  $U_{Ri} = 0.29$  dB
- linearità di risposta in ampiezza  $U_{LA} = 0.39$  dB
- linearità di risposta in frequenza  $U_{LF} = 0.34$  dB

Per cui si ottiene per l'incertezza standard combinata un valore di 1.74 dB, corrispondente ad un errore, ad un livello di confidenza del 95%, del 23 %

Per l'effettuazione delle misure si è scelto di porsi nelle condizioni più prossime a quelle di utilizzo. Si è pertanto provveduto a posizionare la sonda in prossimità della mano dell'operatore, utilizzando carne animale per simulare la presenza del tessuto umano.

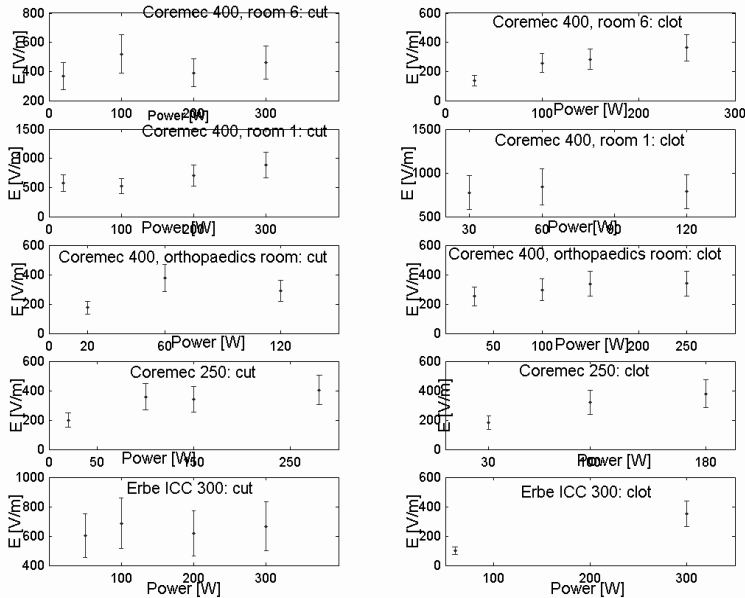
### 3. RISULTATI

Le misure offrono un quadro molto eterogeneo, dovuto più che a differenze nelle strumentazioni, al posizionamento del sensore in campo vicino, regione in cui la dipendenza del campo elettrico dal cubo della distanza determina notevoli variazioni di intensità di campo in ragione dei piccoli spostamenti conseguenti alla pratica sperimentale.



**Figura 2:** distribuzione dei valori di intensità di campo elettrico misurato

La differente modalità di utilizzo dello strumento, taglio piuttosto che coagulo non sembra determinare differenze statisticamente significative nei livelli di campo, così come di scarsa rilevanza paiono essere altri settaggi dello strumento quali la scelta tra differenti livelli di potenza. Più determinante si è riscontrati invece essere la potenza d'uscita dello strumento.

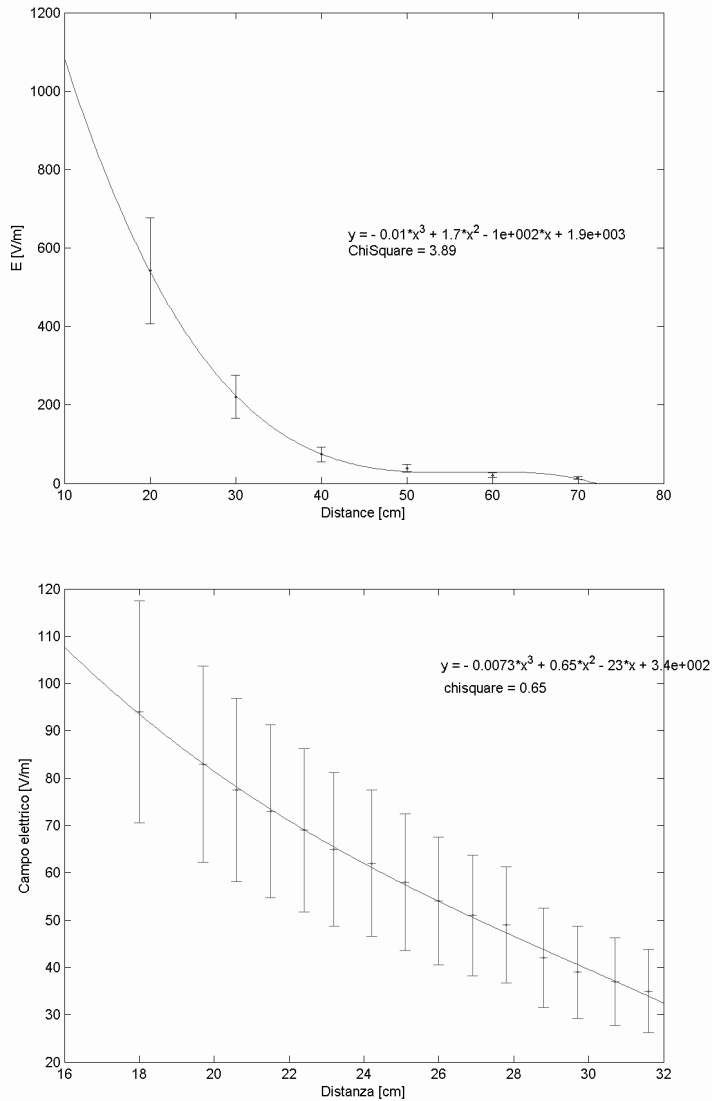


**Figura 3:** valori di campo elettrico per diversi strumenti in differenti condizioni di utilizzo

Si è altresì verificato come in alcune condizioni di utilizzo, la necrosi dei tessuti, causata dall'applicazione dell'elettrodo, determina improvvisi e repentini aumenti nel campo elettrico, fino a tre ordini di grandezza. L'ipotesi, ancora peraltro da verificare, è che questo sia causato dall'aumento dell'impedenza, localizzato nella regione parte di tessuto soggetta al processo di necrosi.

Le modifiche strutturali nel tessuto, derivanti in particolare dall'evaporazione dell'acqua in esso presente risultano quindi determinanti, insieme alla variazione della distanza, nello spiegare le variazioni nelle misure.

L'andamento sperimentale del campo in funzione della distanza dal manipolo conferma l'attesa dipendenza rispetto al cubo della distanza, che caratterizza le condizioni di campo vicino. Risulta evidente come la rapida decrescita del campo faccia sì che, a distanze di poche decine di centimetri, i valori rientrino nei limiti imposti per i lavoratori.



**Figura 4:** andamento del campo elettrico in funzione della distanza, nel caso misure in vivo (sopra), e su campione non organico (sotto).

Un'ulteriore valutazione è stata effettuata per verificare se l'aumento dello spessore dello strato su cui interviene determini variazioni significative nei livelli di campo. Allo scopo si sono quindi effettuate misure con spessori via via crescenti, così come indicato nella tabella che segue.

**Tabella 2:** campo elettrico misurato per diversi spessori di strato di tessuto

Spessore strato [cm]	Distanza elettrodo-sonda [cm]	Campo elettrico [V/m]
1	20	56 +/- 14
2	19	55 +/- 13
3.5	18	57 +/- 14
5	17	61 +/- 15
6	16	72 +/- 18
8.5	14.5	76 +/- 19
10	14	73 +/- 18
11	13.4	75 +/- 19

Se si considera il fattore di incremento legato alle variazioni nella distanza, attraverso il confronto con misure analoghe su un campione non organico, si verifica come lo spessore non sembri dare luogo a variazioni statisticamente significative nei valori di campo.

Il rapporto tra le due misure resta infatti pressoché immutato, al variare dei differenti spessori di tessuto.

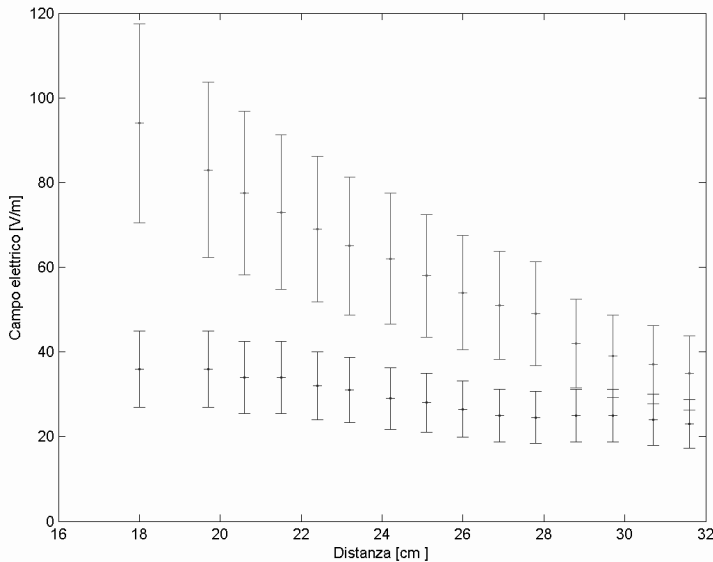
**Tabella 3:** confronto tra le misure di tabella 2 e misure prese su strato di spessore fisso

E su strato organico variabile [V/m]	E su strato fisso non organico [V/m]	Rapporto
56 +/- 14	82 +/- 20	1.5
55 +/- 13	88 +/- 22	1.6
57 +/- 14	94 +/- 23	1.6
61 +/- 15	101 +/- 25	1.6
72 +/- 18	108 +/- 27	1.5
76 +/- 19	121 +/- 30	1.6
73 +/- 18	125 +/- 31	1.7
75 +/- 19	131 +/- 32	1.7

Da ultimo, per ridurre limitare le emissioni e diminuire contestualmente i livelli in corrispondenza dell'operatore, si è ipotizzata la possibilità di introdurre uno schermo metallico nell'intorno dell'elettrodo.

Lo schermo è stato banalmente realizzando avvolgendo il manipolo con una normale pellicola metallica, e si è provveduto ad effettuare una serie di misure a distanze diverse, da confrontare poi con i corrispondenti valori ricavati senza schermatura.

Il grafico (vedi **Figura 5**) mette in evidenza come l'applicazione di uno schermo metallico dia seguito ad una riduzione statisticamente significativa dei valori di campo elettrico. L'applicazione da parte delle case costruttrici di un accorgimento di questo tipo potrebbe quindi rappresentare una possibile soluzione per la limitazione dell'esposizione degli operatori.



**Figura 5:** confronto tra valori di campo elettrico misurati con (sotto) e senza (sopra) schermo metallico

#### 4 – CONCLUSIONI

L'utilizzo dell'elettrobisturi non sembra presentare implicazioni di tipo sanitario per gli operatori. I livelli di campo sono sì decisamente elevati in corrispondenza della mano e dell'avambraccio dell'utilizzatore, ma in considerazione del fatto che, a causa della frequenza di lavoro della portante principale degli strumenti, tutto l'ambiente di sala operatoria si trova in una zona di campo vicino, l'intensità del campo elettrico decresce rapidamente con il cubo della distanza. In corrispondenza del tronco e del capo dell'operatore si hanno pertanto valori compatibili con i limiti di legge.

Le armoniche secondarie, a frequenze più elevate, non presentano inoltre valori tali da dare luogo, se mediate sui 6 minuti di esposizione, al superamento dei limiti vigenti, nemmeno per la popolazione. Seppur vada evidenziato come una valutazione precisa sia pressoché impossibile a causa delle considerevoli variazioni nei valori di campo introdotti dalle continue variazioni della distanza dall'elettrodo connaturate con la normale pratica operatoria. A questo vanno poi aggiunti i possibili aumenti dell'impedenza causati dall'evaporazione dell'acqua dei tessuti e dalla loro conseguente necrotizzazione.

Un discorso analogo può essere fatto per la compatibilità elettromagnetica con l'altra strumentazione presente in sala. Il mantenimento di una distanza di un metro circa sembra sufficiente ad evitare la maggior parte delle interferenze.



Ciò nondimeno si ritiene cautelativo attuare un'adeguata procedura di valutazione rischi, con il preventivo rilascio di un'attestazione di idoneità sanitaria, da parte del medico competente. Poiché non è possibile escludere a priori il superamento dei limiti per la popolazione le donne in stato di gravidanza dovrebbero essere allontanate dall'area di lavoro dell'elettrobisturi.

Ancor di più, è indispensabile la predisposizione di un programma di formazione dei lavoratori che permetta di minimizzare i rischi, attraverso l'ottimizzazione delle procedure di utilizzo degli strumenti e l'adozione di comportamenti che, compatibilmente con l'efficacia della pratica lavorativa in generale e di quella operatoria in particolare, rendano l'esposizione a livelli più bassi, ragionevolmente possibili.

Sulla base di queste premesse, e partendo da quanto stabilito dal D.Lgs. 81/08 e s. m., si è provveduto pertanto a definire il programma di formazione ed informazione. Il corso è articolato in lezioni tenute da figure professionali differenti per una durata totale di 3h, oltre ad un test finale di 30', e viene tenuto con una frequenza quinquennale.

**Tabella 4:** programma di formazione ed informazione.

Legenda: MC=Medico del lavoro o competente; IE = Ingegnere Elettronico; FS=Fisico Specializzato; Avv = Avvocato; IB= Ingegnere Biomedico RSPP o ASPP = responsabile o addetto SPP qualificato

Argomenti	Formatore	Obiettivi	Durata
Natura e caratteristiche dei campi e.m	MC, FS, Ing, SPP	Natura e caratteristiche della radiazione e.m. con cui si può interagire durante il lavoro; definizioni delle grandezze fisiche radiometriche e unità di misura ( campo elettrico, magnetico, ...SAR....) (livello, spettro, durata tipo di esposizione), Sorgenti di campi e schermature .	30'
Legislazione	Avv, MC, FS, Ing, SPP	Apprendere le principali norme (DLgs.81/08 capo IV, Cenelec, CEI , Linee guida, ... ) Aggiornare le proprie conoscenze giuridiche e acquisire una lettura critica al fine della loro applicazione	20'
Sorveglianza Sanitaria	MC	Conoscere il significato della valutazione e della relativa sorveglianza medica.	30'
Interazione cem tessuto. Effetti biologici e sanitari. Valori limiti di esposizione e valori di azione	MC, FS, Ing, SPP	Conoscere: -interazioni CEM tessuto -definizione e significato dei valori limite di esposizione e dei valori di azione -problematiche per lavoratori particolarmente sensibili al rischio; -esposizione simultanea a sorgenti diverse	30'

Valutazione dei rischi	MC, FS, Ing, SPP,	Conoscere il processo di individuazione dei pericoli e di valutazione del rischio ( valutazione, calcolo o misura). Effetti: interferenze con attrezzature e dispositivi medici, incendi ed esplosioni dovuti all'accensione di materiali infiammabili provocati da scintille, rischio propulsivo... Contestualizzazione in azienda.	30'
Misure di prevenzione e protezione	MC, FS, Ing, SPP,	Identificazione delle aree ad accesso limitato, segnaletica di avvertimento, controllo dell'accesso, DPI. Misure tecniche e organizzative (limitazione della durata e dell'intensità dell'esposizione)	30'
Misure di mantenimento miglioramento nel tempo		Programmi di manutenzione delle attrezzature di lavoro, dei luoghi e delle postazioni di lavoro;	
Discussione	MC, FS, Ing, SPP,		15'
Verifica	MC, FS, Ing, SPP,	Test	30'

Si prevede inoltre l'introduzione di un corso pratico, riguardo alle modalità di prevenzione e protezione nelle aree con attrezzature comportanti superamenti dei limiti per la popolazione o rischi indiretti, da svolgersi in Reparto con frequenza a discrezione del Responsabile dell'attività, ma comunque con carattere almeno quinquennale e ogniqualvolta vengano individuate nuove aree

E' opportuno che tale corso, tenuto da docenti di provate capacità professionali, venga richiesto contestualmente alle procedure di acquisizione, all'interno della gara di appalto, per tutte le apparecchiature che, secondo i dati riportati in letteratura, prevedono un'area di rischio.

Si è infine provveduto ad elaborare un riassunto di istruzioni operative, di facile e rapida assimilazione per gli operatori, da esporre all'ingresso di ogni sala operatoria o altro locale deputato all'utilizzo degli elettrobisturi (vedi **Figura 6**).

## 5 – BIBLIOGRAFIA

- EN-50499, Procedure for the assesment of the exposure of workers to electromagnetic field. IEC-CENELEC; 2009.

### ISTRUZIONI OPERATIVE

per la gestione del rischio elettromagnetico dell'elettrobisturi

L'attività consiste nell'uso chirurgico di radiofrequenza per coagulazione, o taglio dei tessuti

#### RISCHI EVIDENZIATI DALL'ANALISI DEI PERICOLI E DELLE SITUAZIONI PERICOLOSE DURANTE IL LAVORO

- Rischio esposizione campi elettromagnetici corpo e mano.
- rischio incendio ed esplosione.
- Rischio ustione
- Rischio interferenza con apparecchiature medicali anche impiantate

#### MISURE DI PREVENZIONE E ISTRUZIONI DI SICUREZZA

I principali interventi per la sicurezza e salute sono:

1. Lo strumento dev'essere utilizzato solo da personale autorizzato nei locali autorizzati.
2. Durante l'utilizzo il personale deve stare alla massima distanza possibile compatibilmente con il mantenimento della massima efficacia delle procedure cliniche.
3. All'ingresso del locale dev'essere riportato il simbolo di pericolo da campi elettromagnetici



Il campo operatorio dev'essere privo di materiale infiammabile in particolare liquidi e gas; non utilizzare disinfettanti infiammabili.

4. Rispettare tutto quanto previsto dal manuale di uso e manutenzione dello strumento
5. Non utilizzare nel locale apparecchiatura per radiotrasmissione ( cellulari, telecomandi...)
6. Le lavoratrici in gravidanza non possono accedere al locale durante l'utilizzo dell'elettrobisturi
7. Utilizzare strumentazione elettronica o elettromedicale immune o ad una distanza adeguata
- 9 Valutare l'interferenza con dispositivi impiantati prima degli interventi.
- 10 Segnalare alla fisica sanitaria e all'ingegneria clinica ogni caso di sospetto di interferenza con altra strumentazione

#### DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALE

Preferibili camici in cotone e indumenti ignifughi.

**Figura 6:** istruzioni operative

- 2004//40//EC, Directive 2004/40/EC of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields) (18th individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC), 29 April 2004.
- World Health Organization, WHO handbook on Establishing a Dialogue on Risks from Electromagnetic Fields, WHO 2002.
- Norma CEI 211-7 2001-01: "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza 10 kHz - 300 Ghz, con riferimento all'esposizione umana"
- Linee Guida ICNIRP " Linee guida per la limitazione dell'esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo ed a campi elettromagnetici (fino a 300 GHz)"
- D.Trincherò, R.Tascone, I.Cerato, I.Riccardi: "An Interactive procedure for the characterisation of electric field distribution", 29th European Microwave Conference (EUMC 99) - Munich, Germany
- Ronald Kitchen, "RF and Microwave Radiation Safety Handbook", First published 1993 by Butterworth-Heinemann as *RF Radiation Safety Handbook*. Reprinted 1995, 2000; Second edition 2001



## **ESPOSIZIONE DA CAMPI ELETTROMAGNETICI DERIVANTI DA SISTEMI IN TECNOLOGIA WI-FI. VALUTAZIONE TEORICA E MISURE PRESSO L'URP DEL COMUNE BOLOGNA**

**Daniele Bontempelli, Giuseppe Anania, Gianni Marchesini, Raffaella Zuin**

ARPA Emilia-Romagna – Sezione Provinciale di Bologna

### **1. PREMESSA**

Le reti **Wi-Fi** sono infrastrutture relativamente economiche e di veloce attivazione e permettono di realizzare sistemi flessibili per la trasmissione di dati usando frequenze radio, estendendo o collegando reti esistenti oppure creandone di nuove. Proprio per la loro versatilità queste tipologie di reti vengono sempre più di sovente utilizzate per lo scambio di dati in strutture aziendali, oppure per creare veri e propri punti di accesso ad internet in locali scolastici, biblioteche, università o aeroporti. La larga diffusione delle reti WiFi, sia per uso pubblico che domestico, ha causato l'insorgere di ulteriori preoccupazioni per i possibili rischi dovuti all'esposizione ai campi elettromagnetici generati da questi sistemi, si è pertanto ritenuto utile valutare l'impatto elettromagnetico di Access Point WiFi ubicati in un luogo di notevole fruizione, al fine di verificare, sia da un punto di vista teorico che sperimentale, l'effettiva consistenza dei livelli di esposizione generati da questi sistemi, anche in prossimità degli Access Point, ed essere in grado di fornire informazioni realistiche alle Amministrazioni e alla cittadinanza.

Nel presente documento sono presentate le valutazioni sugli aspetti di impatto ambientale delle reti Wi-Fi eseguite mediante simulazioni e misure dei livelli di esposizione prodotti. Lo scenario di interesse è costituito dall'URP (Ufficio Relazioni con il Pubblico) del Comune di Bologna, nel quale è offerto ai cittadini un servizio di accesso WiFi, che interessa sia l'interno dell'URP che l'area antistante (Piazza Maggiore).

### **2. LO STANDARD WI – FI**

Il Wi-Fi, abbreviazione di Wireless Fidelity, è il nome commerciale delle reti locali senza fili (WLAN) basate sulle specifiche IEEE 802.11.

Esistono diverse versioni dello standard: la prima commercializzata è l'802.11b, che opera nella banda dei 2.4 GHz; nella stessa banda opera lo standard 802.11g, che tramite una modulazione più efficace riesce a raggiungere velocità di

trasmissione dati più elevate. Nella banda dei 5.0 GHz opera l'802.11a che usa la stessa modulazione dell'802.11g e raggiunge la stessa velocità di trasmissione dati. Per le altre caratteristiche si rimanda alla letteratura specializzata [1].

La frequenza prevalentemente utilizzata è quella dei 2,4 GHz, che è una delle frequenze assegnate per usi ISM (Industriali, Scientifici e Medici) e come tale è stata sfruttata per diverse applicazioni. È la frequenza di funzionamento dei forni a microonde, ma anche di dispositivi medici quali la radarterapia. Altre bande di frequenza, assegnate per usi ISM e disponibili per questo tipo di applicazioni sono quella dei 5.15; 5.35 GHz e quella dei 5.47; 5.725 GHz.

Queste bande di frequenze sono lasciate ad uso libero solo per le applicazioni che prevedono EIRP (Massima Potenza Equivalente Irradiata da antenna Isotropica, prodotto del valore della potenza al connettore di antenna per il guadagno) estremamente limitate [2]; in particolare per la banda dei 2.4 GHz, utilizzabile sia in ambiente indoor che in ambiente outdoor, pari a EIRP<sub>MAX</sub> = 100 mW, per la banda dei 5.15÷5.35 GHz, utilizzabile in ambiente indoor, pari a EIRP<sub>MAX</sub> = 200 mW e infine per la banda dei 5.47÷5.725 GHz, che può essere utilizzata sia in ambiente indoor che in ambiente outdoor, il limite è pari a EIRP<sub>MAX</sub> = 1000 mW.

### 3. LA NORMATIVA

Il quadro normativo sulla protezione della popolazione dai campi elettromagnetici è ampio e comprende norme europee, nazionali e regionali.

A livello europeo la Raccomandazione 1999/512/CE “*Raccomandazione del Consiglio relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz*” del 12 luglio 1999 [3] fa riferimento alle linee guida dell'ICNIRP “*Linee guida per la limitazione dell'esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo ed a campi elettromagnetici (fino a 300 GHz)*” [4].

La normativa italiana comprende la legge del 22 febbraio 2001 n. 36 “*Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici*” [5] e i suoi Decreti attuativi. Per quanto concerne il campo delle Radio Frequenze e Micro Onde il riferimento specifico è il DPCM 8 luglio 2003 “*Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni dai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz*” [6].

Il quadro normativo è completato dal Decreto Legislativo n. 259 “*Codice delle Comunicazioni elettroniche*”, in vigore dal 1 agosto 2003 [7].

La normativa regionale (per la Regione Emilia Romagna) comprende la LEGGE REGIONALE n. 30 del 31.10.2000 “*Norme per la tutela della salute e la salvaguardia dell'ambiente dall'inquinamento elettromagnetico*” e le successive modifiche ed integrazioni [8]; inoltre comprende una serie di delibere della Giunta

Regionale che forniscono le indicazioni operative sulle procedure localizzative/autorizzative da seguire per le varie tipologie di impianto.

La Legge Quadro Nazionale, n. 36 del 22 febbraio 2001 fornisce alcune definizioni che è bene richiamare:

- LIMITE DI ESPOSIZIONE: È il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione e dei lavoratori.
- VALORE DI ATTENZIONE: è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine e deve essere raggiunto nei tempi e nei modi previsti dalla legge.
- OBIETTIVI DI QUALITÀ: si riferiscono:
  - [1] ai criteri localizzativi, agli standard urbanistici, alle prescrizioni e alle incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, indicati dalle leggi regionali secondo le proprie competenze;
  - [2] ai valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo Stato, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi.

L'art. 3 del DPCM 8 luglio 2003 al comma 1 a proposito di limiti di esposizione e valori di attenzione recita: *“Nel caso di esposizione a impianti che generano campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici con frequenza compresa tra 100 kHz e 300 GHz, non devono essere superati i limiti di esposizione di cui alla **tabella 1** dell'allegato B, intesi come valori efficaci”*.

Si riporta di seguito tale tabella:

<b>Intervallo di frequenza</b>	<b>Valore efficace di intensità di campo elettrico E (V/m)</b>	<b>Valore efficace di intensità di campo magnetico H (A/m)</b>	<b>Densità di potenza dell'onda piana equivalente S (W/m<sup>2</sup>)</b>
0.1 – 3 MHz	60	0.2	----
3 – 3000 MHz	20	0.05	1
3 – 300 GHz	40	0.1	4

Al comma 2 recita: *“A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine eventualmente connessi con le esposizioni ai campi generati alle suddette frequenze all'interno di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, e loro pertinenze esterne, che siano fruibili come ambienti*



abitativi quali balconi, terrazzi e cortili esclusi i lastrici solari, si assumono i valori di attenzione indicati nella **tabella 2** dell'allegato B".

Si riporta di seguito tale tabella:

<b>Intervallo di frequenza</b>	<b>Valore efficace di intensità di campo elettrico E (V/m)</b>	<b>Valore efficace di intensità di campo magnetico H (A/m)</b>	<b>Densità di potenza dell'onda piana equivalente S (W/m<sup>2</sup>)</b>
<b>0.1 – 300 GHz</b>	<b>6</b>	<b>0.016</b>	<b>0.10 (3 MHz – 300 GHz)</b>

L'articolo 4, per gli obiettivi di qualità, recita che i valori di immissione, calcolati o misurati all'aperto nelle aree intensamente frequentate, non devono superare i valori indicati nella **tabella 3** dell'allegato B, che viene di seguito riportata:

<b>Intervallo di frequenza</b>	<b>Valore efficace di intensità di campo elettrico E (V/m)</b>	<b>Valore efficace di intensità di campo magnetico H (A/m)</b>	<b>Densità di potenza dell'onda piana equivalente S (W/m<sup>2</sup>)</b>
<b>0.1 – 300 GHz</b>	<b>6</b>	<b>0.016</b>	<b>0.10 (3 MHz – 300 GHz)</b>

Per gli impianti WI-Fi, in ambito nazionale, sono in vigore due decreti per quanto concerne i regimi autorizzativi:

Decreto ministeriale 28 maggio 2003: "*Condizioni per il rilascio delle autorizzazioni generali per la fornitura al pubblico dell'accesso radio LAN alla rete ed ai servizi di telecomunicazioni*" [9].

Decreto Ministeriale 4 ottobre 2005: "*Modifica del decreto 28 maggio 2003, concernente: "Condizioni per il rilascio delle autorizzazioni generali per la fornitura al pubblico dell'accesso radio LAN alla rete ed ai servizi di telecomunicazioni"*" [10].

L'uso di dispositivi Wi-Fi all'interno una proprietà privata non necessita di autorizzazione, mentre il D.M. 28 Maggio 2003 richiede un'autorizzazione generale dal Ministero, che ha valenza di D.I.A e viene disciplinata dall'articolo 2 ter della L.R. 30/2000 e successive modifiche (impianti a bassa potenza), per offrire servizi Wi-Fi nella banda ISM su suolo pubblico, con obbligo di identificazione degli utenti di tali servizi.

Infine, per l'installazione dei singoli impianti la normativa regionale non prevede alcun tipo di autorizzazione, una volta che il soggetto richiedente abbia conseguito dal Ministero delle Comunicazioni (ora Ministero dello Sviluppo Economico – Comunicazioni) un'autorizzazione generale, che ha anche valenza di D.I.A., e che,

in Emilia Romagna, non viene disciplinata in modo specifico dalla L.R. 30/2000 e successive modifiche, ma rientra nell'art. 2 ter (impianti a bassa potenza).

#### 4. IL LUOGO DI INDAGINE

L'indagine è stata effettuata presso l'URP del Comune di Bologna in Piazza Maggiore n. 6 poiché rappresenta uno dei luoghi di maggiore fruizione per il servizio di accesso internet wireless.

In questi uffici sono installati due AP (Access Point) (**Figura 4.1**) per dare servizio agli utenti che si collegano alla rete tramite notebook.



**Figura 4.1**

L'AP1 è installato a parete, nell'area dello Sportello Iperbole, su una vetrata anti-sfondamento ad un'altezza di 3.5 m dal piano di calpestio. Anche l'AP2 è installato a parete, nell'area dello Sportello Informagiovani, ad un'altezza di 4.4 m dal piano di calpestio.

Sia l'AP1 che l'AP2 sono Access Point CISCO Aironet 1100 operanti su standard IEEE 802.11b/g (Freq. 2.4 GHz). La massima potenza irradiata possibile, in accordo con le normative, è di 100 mW EIRP (20 dBm). Ogni AP utilizza due antenne omnidirezionali integrate con diversità con guadagno pari a 2.2 dBi ciascuna.



**Access Point 1**



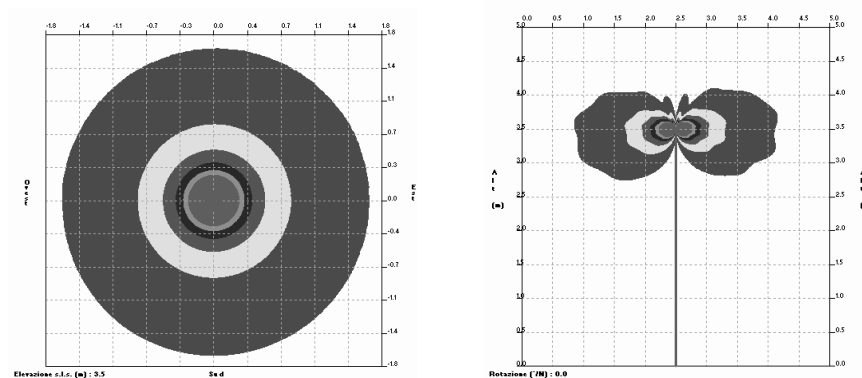
**Access Point 2**

## 5. LO STUDIO PREVISIONALE: I VOLUMI DI RISPETTO

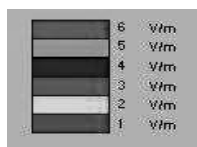
Per meglio comprendere l'andamento del campo elettrico generato da questi tipi di apparati sono stati calcolati il volume di rispetto e le sezioni orizzontali e verticali del campo elettrico. I calcoli sono stati effettuati col software NFA3D [11], che utilizza formule valide nell'ipotesi di campo lontano e in condizioni di spazio libero, senza quindi considerare l'effetto dell'eventuale presenza di oggetti nell'ambiente sulla propagazione.

Per le simulazioni è stata utilizzata l'antenna di cui al paragrafo precedente (Access Point CISCO Aironet 1100 ), con guadagno di 2.2 dBi. Le simulazioni sono state effettuate nell'ipotesi di caso peggiore, assumendo cioè che gli apparati irradiano la massima potenza consentita, che nel caso in esame è pari a 100 mW EIRP. Dal punto di vista tecnico ciò significa che, tenendo conto del guadagno massimo delle antenne di 2.2 dBi la potenza al connettore d'antenna è di 17.85 dBm (0.061 W). Come altezza di riferimento per il centro elettrico dell'antenna è stata scelta quella dell'AP1 (=3.5 m).

Nelle **Figure 4.1** e **4.2** vengono riportate rispettivamente la sezione orizzontale, alla quota di 3.5 m, e la sezione verticale del campo elettrico.



### legenda:



Il volume di rispetto è stato considerato come il parallelepipedo (**Figura 4.3**) contenente il volume reale, di forma più complessa, all'interno del quale i valori di intensità di campo elettromagnetico risultano superiori a quelli di riferimento.

Nel caso in esame, poiché gli AP sono installati in zone a permanenza non inferiore alle quattro ore o altamente frequentate, si deve fare riferimento al valore di attenzione e obiettivo di qualità di 6 V/m. E' stato inoltre effettuato l'analogo calcolo considerando come campo limite il 10% del valore di attenzione, cioè

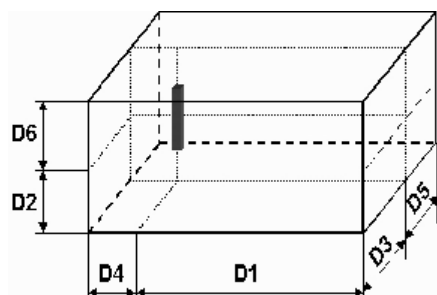
0.6 V/m, per valutare se, ai sensi della norma CEI 211-10 [12] par. 8.2 (classi di attenzione), sulla base del potenziale impatto sull'ambiente circostante e del potenziale livello di esposizione risultante, gli impianti in esame possono essere ritenuti come appartenenti alla Classe 1.

[nota: Vengono definiti come appartenenti alla Classe 1 gli impianti che soddisfano ad almeno una delle seguenti condizioni:

- a) Caratteristiche funzionali del sistema di trasmissione: l'interposizione sulla tratta radio tra trasmettitore e ricevitore di persone o altri ostacoli introduce un degrado nella comunicazione tale da interrompere in modo automatico ed immediato l'emissione di potenza elettromagnetica.
- b) Accessibilità: in qualunque punto accessibile il campo elettrico prodotto dalla sorgente in esame è inferiore al 10% del limite di esposizione applicabile.

Se nessun punto all'interno del volume del 10% del limite di campo risulta accessibile, l'impianto appartiene alla classe di attenzione 1.

Al successivo paragrafo 8.3 la norma CEI 211-10 recita: "Se l'impianto appartiene alla Classe 1 esso è conforme ai limiti. ...."]



Le dimensioni calcolate sono riportate nella **Tabella 4.1**:

**Tabella 4.1**

Valore di riferimento	D1 (m)	D2 (m)	D3 (m)	D4 (m)	D5 (m)	D6 (m)
<b>VALORE DI ATTENZIONE/ OBIETTIVO DI QUALITA'</b> - 6 V/m	<b>0.3</b>	<b>0.1</b>	0.3	0.3	0.3	0.1
<b>10 % DEL VALORE DI ATTENZIONE/ OBIETTIVO DI QUALITA'</b> - 0.6 V/m	2.7	1.3	2.7	2.7	2.7	1.0

La formula di spazio libero, con la quale sono state effettuate le valutazioni per il calcolo dei volumi di rispetto, vale in condizioni di campo lontano dalla sorgente. Tale zona, conformemente a quanto indicato in [13], si può assumere che inizi ad

una distanza dalla sorgente pari alla maggiore fra le due quantità  $3\lambda$  e  $2D^2/\lambda$ . Nel caso in esame, per la banda dei 2.4 GHz, la lunghezza d'onda vale:  $\lambda = 0.125$  m, quindi  $3\lambda = 0.375$  m e, considerando come antenna un dipolo a  $\lambda/2$ ,  $2D^2/\lambda = 0.0625$  m; la condizione più stringente per individuare la zona di campo lontano risulta quindi essere la prima e quindi, nel caso in esame, la regione di campo lontano si estende a partire da 0.375 m dalla sorgente.

Poiché le dimensioni del volume di rispetto riferito ai 6 V/m risultano inferiori alla distanza alla quale vale l'ipotesi di campo lontano è maggiormente cautelativo, dal punto di vista protezionistico, individuare come volume di rispetto un cubo di lato 37 cm.

Le dimensioni del volume di rispetto riferito a 0.6 V/m (10% del valore di attenzione) sono tali per cui nell'ambiente di indagine vengono interessati anche punti accessibili alla popolazione. Pertanto gli impianti in esame non possono essere classificati come appartenenti alla Classe di attenzione 1.

## 6. L'INDAGINE STRUMENTALE

Le misure sono state effettuate il 17 giugno 2008 dalle ore 10,30 in poi, con misuratore a larga banda avente le caratteristiche tecniche riportate in **Tabella 6.1** e in conformità a quanto prescritto nelle Norme CEI 211-7 [13]. Il misuratore a larga banda consente di rilevare il valore di campo elettrico nell'intervallo di frequenze tra 100 kHz e 3 GHz e di confrontarlo direttamente con i valori di attenzione previsti dalla normativa (paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

L'incertezza delle misure eseguite, quando il valore è superiore alla sensibilità strumentale (pari a 1 V/m), come previsto dalla norma CEI 221-7 è contenuta entro il valore di 3 dB.

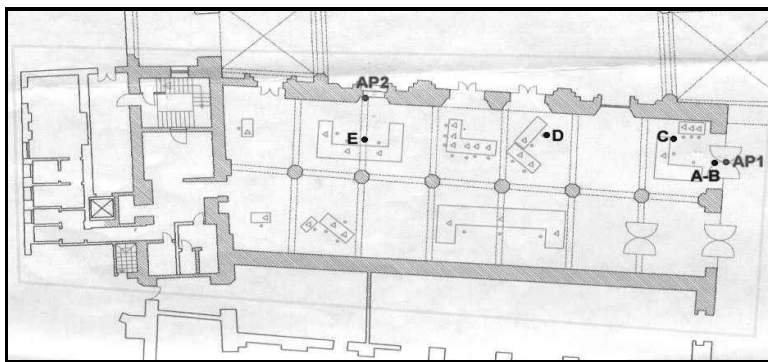
<b>STRUMENTO MISURA</b>	<b>DI</b>	<b>Misuratore di campo elettromagnetico a larga banda</b>
Nome		EMR 300
Modello		2244/31
Numero di matricola		R-0084
<b>SONDA</b>		<b>Isotropica tipo 8.2</b>
Numero di matricola		O-0075 R-0084
intervallo di frequenza		100 kHz - 3 GHz
intervallo di misura		1 V/m - 800 V/m
isotropia (sonda + unità di misura)		$\pm 1$ dB (per $f > 1$ MHz)
risposta in frequenza		$\pm 2.4$ dB (per $100 \text{ MHz} \leq f \leq 3 \text{ GHz}$ )

Durante tutto il periodo di misura erano presenti circa 20 utenti, tutti collegati, in modo non continuativo, ai due AP.

Nella **Tabella 6.2** vengono riportati i risultati ottenuti, mentre nella **Figura 6.1** viene rappresentata l'area d'indagine con indicati i punti di misura. Come si può notare molti dei valori di campo misurati risultano inferiori alla sensibilità strumentale.

Nel seguito si forniscono maggiori dettagli relativamente alle misure effettuate.

La prima misura è stata effettuata nell'area dello Sportello Iperbole (punto A) posizionando lo strumento a circa 50 cm dall'AP1 e a 3.5 m dal piano di calpestio.



**Figura 6.1**

In questa situazione sono state fatte due misure: la prima in assenza di trasferimento dati, la seconda collegando il notebook all'AP1 e scaricando un file video per tutta la durata dell'acquisizione.



**Punto A**



**Punto B**

La seconda misura (punto B) è stata effettuata nelle stesse condizioni del caso precedente, con la differenza che in questo caso il sensore è stato posizionato a circa 15 cm dall'AP1. A tale distanza non è soddisfatta la condizione di campo lontano (vedere paragrafo 2), tuttavia, poiché la distanza dall'elemento radiante è superiore a tre volte la dimensione della sonda, la misura risulta conforme a quanto

previsto dalla guida CEI 211-7. In questo caso il valore di campo elettrico è sempre superiore alla sensibilità dello strumento e si osserva un ulteriore incremento quando si scarica il file video (con un valore massimo istantaneo pari a 4.5 V/m).

La terza misura (punto C) è stata fatta in prossimità di una postazione PC posizionando la sonda a circa 40 cm dal monitor, a 1.20 m dal suolo (altezza della testa di un utente seduto) e a circa 4 metri da AP1. In questo caso il PC ha scaricato un file video per tutta la durata della misura.

L'ultima serie di misure (punti D, E) è stata eseguita in prossimità delle postazioni internet degli utenti e vicino alla postazione iperbole. In questo caso le misure sono state effettuate alle tre altezze di 1.90 m, 1.50 m e 1.10 m, come indicato dalla norma [13]. Anche in questi due casi i valori misurati sono minori della sensibilità dello strumento.

## 7. I RISULTATI

I risultati delle misure strumentali sono riportati nella successiva **Tabella 6.1**, nella quale tutti i valori inferiori alla sensibilità dello strumento di misura sono indicati con < 1 V/m. Da segnalare che, gli unici punti per i quali è possibile parlare di valor medio del Campo Elettrico sulla sezione verticale del corpo umano, così come sono definiti i limiti di riferimento previsti dalla normativa vigente, sono i punti D e E nei quali sono state eseguite le 3 misure alle altezze di 1,90 –1,50-1,10 m da terra, e per la durata di 6' per ciascuna altezza di misura.

RIFERIMENTO PUNTO DI MISURA	PUNTO	AMBIENTE DI MISURA	ALTEZZA DI MISURA RISPETTO AL SUOLO [m]	E MIN (V/m)	E MAX (V/m)	E medio (V/m)
URP COMUNE DI BOLOGNA P.ZZA MAGGIORE 6	A	a 50 cm dall' AP1 CONDIZIONI NORMALI	3,50	< 1	< 1	< 1
		a 50 cm dall' AP1 SCARICAMENTO FILE VIDEO	3,50	< 1	< 1	< 1
	B	A 15 cm dall' AP1 CONDIZIONI NORMALI	3,50	< 1	2,0	1,4
		a 15 cm dall' AP1 Scaricamento File Video	3,50	< 1	4,5	1,9

	<b>C</b>	a circa 40 cm dalla postazione PC con sonda ad altezza testa di un utente a 4 METRI dall' AP1 - Scaricamento File Video	<b>1,20</b>	<b>&lt; 1</b>	<b>&lt; 1</b>	<b>&lt; 1</b>
	<b>D</b>	POSTAZIONE INTERNET	<b>1,90</b>	<b>&lt; 1</b>	<b>&lt; 1</b>	<b>&lt; 1</b>
		RISERVATA AL PUBBLICO	<b>1,50</b>	<b>&lt; 1</b>	<b>&lt; 1</b>	<b>&lt; 1</b>
			<b>1,10</b>	<b>&lt; 1</b>	<b>&lt; 1</b>	<b>&lt; 1</b>
	<b>E</b>	POSTAZIONE SPORTELLO	<b>1,90</b>	<b>&lt; 1</b>	<b>&lt; 1</b>	<b>&lt; 1</b>
		INTERNET IPERBOLE	<b>1,50</b>	<b>&lt; 1</b>	<b>&lt; 1</b>	<b>&lt; 1</b>
		E HOT SPOTS – VICINO ALL' AP 2	<b>1,10</b>	<b>&lt; 1</b>	<b>&lt; 1</b>	<b>&lt; 1</b>

[La grandezza di misura indicata convenzionalmente con il simbolo **E** corrisponde all'intensità di campo elettrico]

## 8. CONCLUSIONI

Dalle valutazioni teoriche effettuate attraverso analisi previsionale e dalle misure strumentali eseguite, si può affermare che i livelli di campo elettrico emessi da impianti WI-FI risultano di modesta entità e dello stesso ordine di grandezza della sensibilità della strumentazione utilizzata per le misure.

Le valutazioni simulative, ottenute tramite la stima dei volumi di rispetto indicano che i sistemi WI-FI non presentano particolari criticità dal punto di vista dell'esposizione.

I rilievi strumentali confermano quanto ottenuto per via simulativa, come si evince dall'analisi dei valori misurati riportati in **Tabella 5.2**, che risultano nella quasi totalità dei casi inferiori alla sensibilità strumentale. Valori più elevati, ma ben inferiori al valore di attenzione, possono essere rilevati quasi a contatto dell'antenna trasmittente e in condizioni di download continuato e comunque in zone non accessibili alla popolazione.

In particolare gli unici livelli di campo elettrico significativi sono stati rilevati in condizioni "eccezionali" che non possono essere rappresentative delle reali condizioni di esposizione degli utenti; infatti la sonda era posta ad una distanza di 15 cm dall'antenna, ad un'altezza di circa 3,5 metri da terra, mentre nelle postazioni di lavoro i livelli di campo elettrico sono sempre risultati inferiori alla sensibilità strumentale, anche in condizioni di "download continuativo".

Si può quindi ritenere che le installazioni WI-FI siano sicure, in ragione sia delle limitate potenze di emissione in gioco sia dell'ubicazione stessa degli apparati, la quale assicura in genere che il pubblico non possa accedere all'interno della regione a valori di campo superiori a 6 V/m.



## 9. BIBLIOGRAFIA

- [1] <http://www.ieee802.org/11/>: IEEE 802.11TM WIRELESS LOCAL AREA NETWORKS The Working Group for WLAN Standards.
- [2] CEPT ERC/REC/70-03 "ERC Recommendation 70-03 Relating To The Use Of Short Range Devices (Srd)".
- [3] Raccomandazione del Consiglio del 12 luglio 1999 relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 a 3000 GHz (1999/519/CE).
- [4] INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION, Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz), in "Health Physics", vol. 74, 1998, pp. 494-522.
- [5] Legge n. 36 del 22 febbraio 2001, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", G.U. n. 55 del 7 marzo 2001.
- [6] DPCM 8 luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz", G.U. n.199 del 28 agosto 2003.
- [7] Decreto Legislativo 1 agosto 2003, n. 259 "Codice delle comunicazioni elettroniche" pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 214 del 15 settembre 2003 - Supplemento Ordinario n. 150.
- [8] Legge Regionale 31 ottobre 2000, n. 30 "Norme per la tutela della salute e la salvaguardia dell'ambiente dall'inquinamento elettromagnetico". - Successive Integrazioni: L.R. 13/11/2001, n. 34 "Modifica dell'art. 8 della L.R. 31 ottobre 2000, n. 30 Norme per la tutela della salute e la salvaguardia dell'ambiente dall'inquinamento elettromagnetico", B.U.R. 15 novembre 2001, n. 161; L.R. 25/11/2002, n. 30, "Norme concernenti la localizzazione di impianti fissi per l'emittenza radio e televisiva e di impianti per la telefonia mobile", B.U.R. 25 novembre 2002, n. 162; L.R. 06/03/2008, n. 4 "Adeguamenti normativi in materia ambientale, modifiche e leggi regionali", B.U.R. 6 marzo 2006, n. 30.
- [9] D.M. del 28 maggio 2003, "Decreto Ministeriale di regolamentazione dei servizi Wi-Fi ad uso pubblico", G.U. n° 126 del 3 giugno 2003.
- [10] D.M. del 4 ottobre 2005: Modifica del decreto 28 maggio 2003, concernente: "Condizioni per il rilascio delle autorizzazioni generali per la fornitura al pubblico dell'accesso radio LAN alla rete ed ai servizi di telecomunicazioni", G.U. n. 245 del 20 ottobre 2005.
- [11] <http://www.aldena.it> - Telecomunicazioni ALDEN A srl.
- [12] Comitato Elettrotecnico Italiano, Norma CEI 211-10, "Guida alla realizzazione di una Stazione Radio Base per rispettare i limiti di esposizione ai campi elettromagnetici in alta frequenza", aprile 2002.
- [13] Norma CEI 211-7 "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 100 kHz - 300 GHz, con riferimento all'esposizione umana".

## LA SORVEGLIANZA SANITARIA DEI LAVORATORI ESPOSTI A CEM

Roberto Moccaldi<sup>(1)</sup>, Carlo Grandi<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> CNR - Ufficio Prevenzione e Protezione, Roma

<sup>(2)</sup> INAIL - Centro Ricerche Monteporzio Catone (Roma)

### 1. INTRODUZIONE

Il capo IV del titolo VIII del D.Lgs 81/2008, in particolare gli adempimenti di valutazione del rischio, di messa in atto delle misure di prevenzione e protezione e di sorveglianza sanitaria previsti fanno frequente riferimento, nella loro articolazione, ai lavoratori definiti “**particolarmente sensibili al rischio**”, ossia a quei lavoratori che, per loro caratteristiche biologiche o per condizioni connesse all’esistenza di situazioni patologiche, a stili di vita particolari o alla contemporanea esposizione ad altri fattori di rischio, potrebbero risultare maggiormente suscettibili agli effetti dei campi elettromagnetici. Peraltro, il tema dei lavoratori ipersuscettibili è già fortemente presente nelle disposizioni generali del titolo VIII relative ai rischi di tipo fisico; infatti l’art. 183 (Lavoratori particolarmente sensibili) recita: “*Il datore di lavoro adatta le misure di cui all’articolo 182 alle esigenze dei lavoratori appartenenti a gruppi particolarmente sensibili al rischio, incluse le donne in stato di gravidanza ed i minori*”.

Per quanto riguarda i campi elettromagnetici, ai fini della valutazione dei rischi e della messa in atto degli adempimenti che da questa conseguono, gli effetti sanitari che rientrano nel campo di applicazione della normativa sono rappresentati esclusivamente dagli **effetti acuti**, gli unici accertati. Sono esclusi quindi eventuali effetti a lungo termine, per i quali “mancano dati scientifici conclusivi che comprovino un nesso di causalità” (Dir. 2004/40 UE). Tra gli effetti acuti è necessario considerare quelli di tipo **diretto** (cioè derivanti dall’interazione diretta del campo con i tessuti biologici) e quelli di tipo **indiretto**, che sono rappresentati dalle possibili conseguenze negative per la salute e per la sicurezza derivate dall’interazione del campo con dispositivi medici impiantati (di tipo attivo e passivo) o con elementi dell’ambiente di lavoro (oggetti ferromagnetici, substrati infiammabili e/o esplosivi etc.).

L’ambito maggiormente interessato al tema dei lavoratori particolarmente sensibili al rischio è ovviamente quello della **sorveglianza sanitaria**. L’art. 211 (relativo alla sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti a campi elettromagnetici) afferma infatti al comma 1: “*La sorveglianza sanitaria viene effettuata periodicamente, di norma una volta l’anno o con periodicità inferiore decisa dal medico competente con particolare riguardo ai lavoratori particolarmente sensibili al rischio di cui*

*all'articolo 183, tenuto conto dei risultati della valutazione dei rischi trasmessi dal datore di lavoro.....”.*

Da tale articolato si evince che il controllo di questi lavoratori è, anche normativamente, obiettivo primario della sorveglianza sanitaria, e tale assunto diventa ancora più rilevante da un punto di vista operativo se si pensa che, in condizioni di rischio controllato, questo ambito rappresenta il principale campo di intervento del medico incaricato. L'esistenza di lavoratori ipersuscettibili ha infatti ricadute importanti soprattutto in riferimento alla formulazione del **giudizio di idoneità**. Tuttavia, anche aspetti quali la **periodicità** delle visite e la scelta del tipo di **accertamenti complementari** cui eventualmente sottoporre il singolo lavoratore possono essere influenzati dall'esistenza di condizioni di ipersuscettibilità accertate o ipotizzate.

Il primo passo nella gestione della tutela dei lavoratori particolarmente sensibili al rischio è naturalmente la loro **identificazione**. Quest'ultima deve essere fatta in relazione all'agente di rischio, ma, nel caso dei CEM, è importante definire l'intervallo spettrale verso il quale può esistere una maggiore sensibilità (ad esempio: campi statici, campi in bassa frequenza e campi a radiofrequenze ).

**Tabella 1:** Categorie di soggetti da ritenersi particolarmente sensibili al rischio da esposizione a campi elettromagnetici (Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Provincie Autonome - Documento 1-2009).

<p>a) Soggetti portatori di:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schegge o frammenti metallici</li> <li>• Clip vascolari e <i>stent</i></li> <li>• Valvole cardiache</li> <li>• <i>Pacemaker</i> cardiaci defibrillatori impiantati</li> <li>• Pompe di infusione di insulina o altri farmaci</li> <li>• Corpi metallici nelle orecchie o impianti per udito</li> <li>• Neurostimolatori, elettrodi impiantati nel cervello o subdurali</li> <li>• Distrattori della colonna vertebrale</li> <li>• Altri tipi di stimolatori o apparecchiature elettriche o elettroniche di qualunque tipo</li> <li>• Corpi intrauterini (ad esempio spirale o diaframma)</li> <li>• Derivazioni spinali o ventricolari, cateteri cardiaci</li> <li>• Protesi metalliche di qualunque tipo (per pregresse fratture, interventi correttivi articolari etc.), viti, chiodi, filo etc.</li> <li>• Espansori mammari, protesi peniene e altre protesi</li> </ul> <p>b) Stato di gravidanza;</p> <p>c) Soggetti con patologie del SNC, in particolare soggetti epilettici;</p> <p>d) Soggetti con infarto del miocardio recente e con patologie del sistema cardiovascolare</p>
---

Le recenti indicazioni operative sul titolo VIII del D.Lgs 81/2008 stilate dal Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Provincie Autonome (Documento n. 1-2009), in collaborazione con l'ISPESL e con

l'Istituto Superiore di Sanità, includono anche una prima indicazione dei soggetti che, per loro condizioni fisiologiche, patologiche o legate all'utilizzo di presidi terapeutici, potrebbero essere maggiormente sensibili all'azione lesiva dei campi elettromagnetici (**Tabella 1**).

Le categorie indicate rappresentano certamente una prima concreta ed utile individuazione dei soggetti a potenziale maggior rischio. Appare peraltro evidente che una loro più mirata individuazione non può prescindere da una valutazione completa del rischio nella singola situazione espositiva, che consideri, oltre ai meccanismi di azione in gioco in funzione della regione dello spettro, anche i livelli di esposizione, eventuali coesposizioni, la possibilità di un'adeguata protezione individuale etc.

Questi aspetti saranno criticamente discussi nel seguito, sottolineando in particolare se e in quali circostanze la singola condizione di ipersuscettibilità esaminata possa costituire controindicazione alla mansione, fornendo ove possibile esempi di mansioni a rischio o addirittura controindicate per i lavoratori portatori di quella condizione.

## 2. RISCHI E SORVEGLIANZA SANITARIA

Al fine di definire in modo più articolato le categorie di soggetti ritenuti particolarmente sensibili al rischio, sono stati presi in considerazione i due parametri fondamentali, cioè la tipologia di effetto considerato (effetti indiretti ed effetti diretti), e la banda spettrale interessata. Sulla base di tali elementi sono state quindi definite le condizioni di particolare sensibilità, di natura fisiologica o patologica, nelle specifiche bande spettrali e le conseguenti situazioni lavorative che potrebbero prefigurare un rischio per il lavoratore esposto a livelli di campo anche inferiori ai limiti previsti dalla normativa per i lavoratori.

### 2.1 EFFETTI INDIRETTI

Sono trattati in primo luogo gli effetti indiretti, dato che hanno rilevanza più immediata e impatto potenzialmente più grave per quanto riguarda la salute e la sicurezza dei lavoratori, proprio perché nei loro confronti i limiti di esposizione previsti per i lavoratori e, talvolta, anche quelli stabiliti per la popolazione generale non sono necessariamente protettivi.

Le considerazioni svolte riguardano i seguenti tipi di effetti indiretti:

- Interferenza con il funzionamento di dispositivi impiantati di tipo attivo (es. elettromedicali quali pacemaker, defibrillatori impiantati, pompe da infusione etc.);
- dislocazione (campo magnetico statico) di dispositivi impiantati ferromagnetici di tipo non attivo o di corpi inclusi nei tessuti aventi proprietà ferromagnetiche (es. protesi metalliche, *clip* vascolari, *stent*, schegge metalliche etc.);

Sono inoltre valutati i potenziali effetti legati a:

- induzione, da parte di campi elettrici e magnetici a bassa frequenza (in particolare 50 Hz) a livello di impianti o inclusi metallici, di correnti

elettriche di entità tale da configurare un rischio per i tessuti elettricamente eccitabili, anche nel rispetto dei limiti di esposizione per i lavoratori;

- induzioni di riscaldamento localizzati potenzialmente pericolosi a livello di impianti o inclusi metallici da parte di campi a radiofrequenze, anche nel rispetto dei limiti di esposizione previsti per i lavoratori.

E' necessario sottolineare preliminarmente che non tutti i dispositivi impiantati riportati in **Tabella 1** hanno la stessa rilevanza ai fini del rischio di effetti indiretti, data la limitatissima diffusione di alcuni di essi (es. protesi peniene) e la realizzazione di altri in materiale polimerico (es. espansori mammari e parte dei dispositivi intrauterini) non reattivo o poco reattivo alle diverse configurazioni di campo elettromagnetico.

#### Indicazioni di idoneità

Alla luce degli effetti elencati, al fine di poter individuare le situazioni a rischio, il primo obiettivo sarà quello di verificare la esistenza di soglie di campo critiche ai fini dei fenomeni di interferenza o della possibilità di dislocazione meccanica. La rilevazione di livelli di campo superiori a tali valori determina infatti la necessità di allontanare i portatori di impianti attivi o passivi dall'esposizione.

Per la maggior parte dei dispositivi di maggior rilevanza, però, non si conoscono le soglie di campo critiche ai fini del rischio di effetti indiretti. Queste ultime sono infatti state definite (**Tabella 2**) unicamente per:

- campo magnetico statico in relazione da un lato agli stimolatori cardiaci e dall'altro a impianti o inclusi ferromagnetici;
- campo magnetico e campo elettrico a 50 Hz per quanto riguarda gli stimolatori cardiaci.

**Tabella 2:** Soglie di interferenza con il funzionamento di dispositivi impiantati di tipo attivo e di dislocazione per impianti o inclusi ferromagnetici identificate per le diverse frequenze del campo elettromagnetico.

DISPOSITIVI/FREQUENZE DI CAMPO	CAMPI MAGNETICI STATICI	CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI A BASSA FREQUENZA (ELF A 50 Hz)
STIMOLATORI CARDIACI (maggior parte dei modelli)	0,5-1 mT (ACGIH 2010)	100 $\mu$ T – magnetico (ACGIH 2010) 1 KV/m – elettrico (ACGIH 2010)
IMPIANTI o INCLUSI FERROMAGNETICI	3 mT (Direttiva 2004/40/CE – D.Lgs 81/08)	

Per tutti gli altri dispositivi attivi (tra i quali quelli elencati nella **Tabella 1**) i livelli di interferenza possono essere molto variabili in relazione al tipo di dispositivo, al modello e alla configurazione di campo. Sarà quindi necessario, in presenza di lavoratori portatori di tali dispositivi ed al fine di poter gestire il rischio in modo corretto, caratterizzare accuratamente sia l'esposizione sia il dispositivo e riferirsi,

ove esistenti, a standard di prodotto, a eventuali istruzioni fornite dal fabbricante e a indicazioni di letteratura.

E' però possibile, comunque, sulla base delle attuali conoscenze tecniche e sanitarie nel settore, individuare una serie di situazioni lavorative che, in relazione ai dati di esposizione mediamente rilevati, possono far ipotizzare la comparsa degli effetti citati, determinando quindi, fatte salve eventuali informazioni derivate "sul campo" e prima elencate (valori di esposizione, specifici standard di prodotto ecc), la controindicazione all'esposizione.

Tali condizioni lavorative sono riassunte nelle **Tabelle 3 e 4**.

**Tabella 3:** Situazioni espositive, tipologie di sorgenti, *cut-off* di potenza e distanza dalla fonte che possono configurare, per le diverse frequenze del campo elettromagnetico, controindicazione alla mansione per portatori di dispositivi impiantati di tipo attivo (in relazione a effetti indiretti).

DISPOSITIVI / FREQUENZE DI CAMPO	CAMPI MAGNETICI STATICI	CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI A BASSA FREQUENZA (in particolare ELF)	RADIOFREQUENZE
<b>Impianti attivi</b> Pace-maker cardiaci, defibrillatori impiantati, pompe da infusione (insulina etc.), impianti cocleari, neurostimolatori	<b>RM:</b> Attività all'interno della isolinea pari a <b>0,5 mT</b>  <b>Saldatura</b>  <b>Elettrolisi</b>  Distanza <b>inferiore a 5 metri da grossi motori a corrente continua</b> e da <b>magneti industriali</b>  Distanza <b>inferiore a 5 metri da acceleratori di particelle</b> (ricerca, produzione di radioisotopi, radioterapia con LINAC)	<b>Saldatura</b>  Attività di manutenzione presso le <b>stazioni di produzione e trasformazione dell'elettricità</b> e le <b>linee di trasmissione</b>  Distanza <b>inferiore a 5 metri da grossi motori a corrente alternata</b>  Utilizzo di <b>utensili ed altre attrezzature elettriche portatili</b> in stretta prossimità del dispositivo (martello pneumatico, sega elettrica, grossi decespugliatori etc.)  Attività in prossimità di <b>apparecchiature per terapia fisica</b> e di apparecchiature per <b>stimolazione magnetica transcranica (TMS)</b>	Distanza <b>inferiore a 15 cm</b> da sorgenti con <b>potenza di picco fino a 2 W</b> (es: telefoni cellulari, cordless, cercapersone)  Distanza orientativa <b>inferiore a 1-2 m</b> per sorgenti di <b>potenza di picco &gt; 2 W</b> (es: antenne radio-base). Per potenze molto maggiori la distanza deve essere valutata caso per caso  <b>Trattamenti termici industriali di materiali vari</b> (es: incollaggio, modellatura etc.)  Attività in prossimità di <b>apparecchiature per terapia fisica</b>  Utilizzo di <b>elettrobisturi</b>

Nella prima (**Tabella 3**) sono indicate quelle nelle quali i soggetti con dispositivi impiantati **di tipo attivo** (in particolare stimolatori cardiaci e defibrillatori impiantati) possono subire interferenza da parte del campo in tutti gli intervalli spettrali, e che possono dipendere dalla natura della sorgente e le condizioni di lavoro dalla distanza fisica dalla sorgente, dalla potenza di emissione della sorgente stessa.

E' importante sottolineare che i valori di distanza indicati in tabella in relazione alle singole fonti sono puramente indicativi, essendo comunque necessaria per tali finalità una caratterizzazione accurata della sorgente in termini di potenza, configurazione geometrica, livelli di emissione. Per quanto riguarda invece la situazione di esposizione ai campi elettromagnetici di lavoratori con dispositivi impiantati **di tipo passivo** o con **inclusi** (in particolare protesi o schegge metalliche), i possibili effetti lesivi sono dovuti, nel caso del campo magnetico statico, all'azione meccanica sull'impianto ferromagnetico, con possibili spostamenti o compressioni/lacerazioni dei tessuti limitrofi (soglia di effetto pari a 3 mT), e per quanto riguarda i campi elettrici e magnetici in bassa frequenza, all'induzione di correnti di entità rilevante nella struttura metallica impiantata o inclusa, con possibili rischi di stimolazione dei tessuti muscolare e nervoso.

Per tali situazioni sono indicate, in **Tabella 4**, le attività e le sorgenti che, in assoluto o in funzione della distanza, possono comportare una controindicazione alla mansione.

**Tabella 4:** Situazioni espositive, tipologie di sorgenti, *cut-off* di potenza e distanza dalla fonte che possono configurare, per le diverse frequenze del campo elettromagnetico, controindicazione alla mansione per portatori di **dispositivi impiantati di tipo passivo** (in relazione a effetti indiretti).

DISPOSITIVI/ FREQUENZE DI CAMPO	CAMPI MAGNETICI STATICI	CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI A BASSA FREQUENZA (in particolare ELF)
<b>Impianti non attivi</b> Clips vascolari, valvole cardiache, <i>stent</i> , distrattori della colonna, corpi intrauterini, derivazioni spinali e ventricolari e cateteri cardiaci, schegge e frammenti metallici, protesi metalliche di ogni tipo	<b>RM:</b> Attività all'interno della isolinea pari a <b>3 mT</b>  <b>Saldatura</b>  <b>Elettrolisi</b>  Distanza <b>inferiore a 5 metri</b> da <b>grossi motori a corrente conti-</b> <b>nuua</b> e da <b>magneti industriali</b>  Distanza <b>inferiore a 5 metri</b> da <b>acceleratori di particelle</b> (ricer- ca, produzione di radioisotopi, radioterapia con LINAC)	Attività di manutenzione presso le <b>stazioni di</b> <b>produzione e</b> <b>trasformazione</b> <b>dell'elettricità</b> e le <b>linee di trasmissione</b>  Distanza <b>inferiore a</b> <b>5 metri</b> da <b>grossi</b> <b>motori a corrente</b> <b>alternata</b>

## 2.2 EFFETTI DIRETTI

Gli altri tipi di effetti considerati sono quelli di tipo diretto. Gli effetti associati all'interazione diretta campo-tessuto riconoscono tre principali meccanismi d'azione, in funzione della frequenza del campo:

- Il campo magnetico statico perturba i flussi di carica in movimento e può pertanto interferire, in funzione dell'intensità, con la generazione e la trasmissione dell'impulso nervoso e neuromuscolare.
- I campi elettrici e magnetici a bassa frequenza sono in grado di indurre correnti elettriche nei tessuti, potendo ugualmente interferire, in funzione della forza del campo (e quindi della densità di corrente indotta), con la generazione e la trasmissione dell'impulso nervoso e neuromuscolare.
- I campi in radiofrequenza dissipano la loro energia nei tessuti sotto forma di calore, essendo quindi in grado di determinare rialzi termici che, in funzione di diversi parametri, possono risultare lesivi per tessuti e organi. I più vulnerabili sono rappresentati dalle strutture poco vascolarizzate (quali il cristallino) o dagli organi che devono trovarsi fisiologicamente a temperature inferiori (testicolo), ma rialzi termici significativi potrebbero perturbare anche altre funzioni fisiologiche, ad esempio la secrezione endocrina.

Non esiste però una vera e propria linea di demarcazione netta tra le frequenze per quanto riguarda il meccanismo d'azione. Infatti, da alcuni MHz fino a 100 MHz possono assumere importanza, in funzione delle condizioni di esposizione, tanto l'induzione di corrente quanto il riscaldamento. In ogni caso è possibile, per semplicità espositiva, attribuire gli effetti di interferenza elettrica (neuromuscolare) ai campi statici ed a bassa frequenza, e quelli da riscaldamento alle radiofrequenze.

### Rischi ed indicazioni di idoneità

Sulla base di meccanismi sopraelencati, è possibile quindi identificare le condizioni individuali che potrebbero facilitare l'insorgenza di effetti avversi legati, in funzione della frequenza, all'induzione di corrente oppure al riscaldamento, e quindi prefigurare un rischio per il lavoratore esposto a livelli di campo anche inferiori ai limiti previsti dalla normativa per i lavoratori.

Le condizioni prese in considerazione sono:

- Stato di gravidanza
- Patologie di organi e tessuti elettricamente stimolabili
- Ipertiroidismo

Vengono di seguito analizzate le singole situazioni.

**Stato di gravidanza.** La protezione del prodotto del concepimento dei CEM (NIR) viene attuata dal D.lgs 151/01 attraverso una valutazione particolarmente approfondita, che tenga conto dello stato di maggior sensibilità della gestante (allegato C). Questa impostazione trova riscontro anche nel D.Lgs 81/08 (art.183),



in quanto la lavoratrice gestante adibita a mansioni che espongono ad agenti fisici è considerata soggetto particolarmente sensibile al rischio, e quindi rappresenta soggetto per il quale applicare particolari disposizioni per l'eliminazione o la riduzione del rischio.

Poiché però non esistono dati di letteratura che supportino in modo consistente l'esistenza di un rischio particolare per l'embrione o il feto a seguito di esposizioni nello spettro tra 0 e 300 GHz, è possibile attuare una efficace protezione dal rischio considerando il prodotto del concepimento, ai fini dell'esposizione di questi fattori di rischio ambientali, quale membro della popolazione nel suo insieme, e quindi prevedendo che i requisiti di protezione del concepito (e quindi della donna in gravidanza) siano almeno pari a quelli previsti per la popolazione generale.

Per quanto riguarda i campi elettromagnetici ciò si tradurrà nel rispetto dei limiti di esposizione previsti per il pubblico dalla vigente normativa, che nel caso dell'Italia, ad esclusione dei campi statici, sono quelli previsti dai due D.P.C.M 8 luglio 2003, emanati nell'ottica della promulgazione dei decreti attuativi delle disposizioni della Legge 36/01 (*"Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici"*). Per quanto riguarda il campo magnetico statico, in assenza di norme, si può fare riferimento sia al limite previsto dal documento ICNIRP 1994, commisurabile (1/5 del valore) a quanto previsto dal D.Lgs 81/08 per i lavoratori, sia al più recente ICNIRP 2009, i cui contenuti saranno oggetto di futura Direttiva (**Tabella 5**). L'impossibilità di garantire il rispetto di questi limiti in una situazione oggettiva di esposizione lavorativa deve automaticamente comportare una controindicazione della lavoratrice gestante alla mansione.

**Tabella 5.** Valori limite per la lavoratrice in gravidanza (considerando il prodotto del concepimento come membro della popolazione), per le diverse frequenze del campo elettromagnetico.

<b>CAMPI MAGNETICI STATICI</b>	<b>CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI A BASSA FREQUENZA (in particolare ELF)</b>	<b>RADIOFREQUENZE</b>
<b>40 mT</b> (ICNIRP 94; pari a 1/5 limite lavoratori D.Lgs 81/08) <b>400 mT</b> (ICNIRP 2009)	Campo elettrico a 50 Hz: <b>5 kV/m</b> (valore limite stabilito dal DPCM 8 luglio 2003)  Campo magnetico a 50 Hz, esposizione discontinua: <b>100 <math>\mu</math>T</b> (valore limite stabilito dal DPCM 8 luglio 2003)  Campo magnetico a 50 Hz, esposizione prolungata: <b>10 <math>\mu</math>T</b> (valore di attenzione stabilito dal DPCM 8 luglio 2003)	<b>6 V/m</b> (valore di attenzione stabilito per l'intero spettro delle radiofrequenze dal DPCM 8 luglio 2003)

**Patologie di organi e tessuti elettricamente stimolabili.** Per quanto riguarda le basse frequenze ed i campi magnetici statici sono identificabili a livello rispettivamente del sistema nervoso centrale e del tessuto cardiaco due condizioni (o gruppi di condizioni) patologiche che configurano una potenziale maggiore sensibilità all'azione del campo.

La prima è data dagli **stati di male epilettico**, che si caratterizzano per una diminuita soglia funzionale di stimolazione di gruppi neuronali specifici a livello corticale. Le correnti indotte dall'esposizione al campo o le perturbazioni dei flussi di carica da esso causate potrebbero pertanto eccitare con maggiore facilità i neuroni con soglia già alterata e ciò potrebbe tradursi nello scatenamento o nell'esacerbazione delle crisi epilettiche.

I soggetti affetti da epilessia sono quasi sempre consapevoli della loro condizione, spesso con diagnosi di lunga data e quasi sempre in trattamento farmacologico. Se il paziente non risulta refrattario al trattamento, l'aderenza a quest'ultimo comporta il ripristino di una normale eccitabilità dei neuroni interessati dalla patologia epilettica, configurando quindi, allo stato delle conoscenze, una condizione che non si discosta da quella del soggetto non affetto da epilessia. In caso contrario, invece, il soggetto in questione deve essere considerato particolarmente sensibile all'azione del campo elettromagnetico e quindi, fatta salva un'idoneità più generale al lavoro, il lavoratore affetto e non controllato non si ritiene idoneo a mansioni che esponano a livelli di campo statico o di campi elettrici e magnetici in bassa frequenza superiori a limiti per la popolazione generale.

La seconda condizione riguarda invece la presenza di:

- aritmie cardiache
- stati patologici del cuore, dell'emodinamica o di altri organi ed apparati che possano favorire l'insorgenza di aritmie (legate o meno a ipertrofia secondaria del miocardio ventricolare), tra i quali:
  - ✓ pregresso infarto del miocardio,
  - ✓ cardiopatia ischemica in genere,
  - ✓ alcuni vizi valvolari cronici (non corretti),
  - ✓ ipertensione severa non controllata,
  - ✓ patologie polmonari con alterazioni dell'emodinamica del piccolo circolo,
  - ✓ patologie o trattamenti farmacologici comportanti significativi squilibri elettrolitici e/o effetti proaritmogeni,
  - ✓ ipertiroidismo non controllato.

Le aritmie, a prescindere dal tipo clinico e dal meccanismo d'azione fisiopatologico (alterato ritmo del pacemaker naturale, presenza di pacemaker ectopici, fenomeno del rientro, vie di conduzione multiple etc.), comportano tutte in varia misura alterazioni funzionali del quadro complessivo dell'eccitabilità elettrica del miocardio, che a sua volta potrebbero rendere il cuore più vulnerabile alla stimolazione da parte di correnti o perturbazioni di cariche in movimento indotte dall'azione di un campo esterno.

L'importanza dei fenomeni aritmici ai fini del rischio da esposizione a campi elettromagnetici merita un'attenzione particolare anche in considerazione del fatto che per alcuni tipi di aritmia spesso non viene posta una diagnosi, o viene posta

casualmente nel corso di accertamenti eseguiti per altre finalità, e il soggetto affetto non è quindi consapevole del proprio stato.

Nell'ambito delle patologie della conduzione intracardiaca esistono inoltre alcune condizioni che, pur non rappresentando di per se disturbi del ritmo, predispongono all'insorgenza di questi ultimi. Ad esempio la sindrome del QT lungo può nel tempo facilitare l'insorgenza di aritmie ventricolari quali le torsioni di punta, che a loro volta comportano un aumentato rischio di fibrillazione ventricolare. Si tratta di una condizione spesso misconosciuta, più diffusa di quanto si potrebbe ritenere, che riconosce causa congenite (es. polimorfismi dei canali ionici della fibrocellula miocardica) o acquisite. Tra queste ultime assumono particolare rilievo i trattamenti con una serie di farmaci, tra i quali alcuni antibiotici e antifungini, alcuni antipsicotici e perfino farmaci antiaritmici. Dato che l'allungamento del tratto QT del tracciato può essere messo in evidenza tramite ECG, è possibile identificare facilmente i portatori di tale anomalia ai fini delle necessarie valutazioni concernenti l'idoneità.

Un'altra condizione che aumenta la probabilità di aritmie ventricolari pericolose è la sindrome di Wolf Parkinson White, presente su base congenita, che comporta precitazioni ventricolari e che riconosce come momento patogenetico l'esistenza di vie plurime di conduzione dell'impulso tra atrio e ventricolo. Anche per tale situazione possono essere espresse le medesime considerazioni prima riportate per la sindrome del Q-T lungo ai fini dell'identificazioni di tali soggetti per l'espressione del giudizio di idoneità.

In analogia con quanto illustrato per l'epilessia, quindi, si possono ritenere non idonei a mansioni che esponano a livelli di campo statico o di campi elettrici e magnetici in bassa frequenza superiori ai limiti per la popolazione generale i lavoratori affetti da aritmie non trattate, specie dei tipi che possono avere serie conseguenze emodinamiche. Tale assunto si basa sul fatto che i limiti per la popolazione sono stati considerati dalle competenti istituzioni (ICNIRP – Normativa nazionale) protettivi per qualunque effetto acuto, anche quindi in presenza di condizioni di suscettibilità individuale. Le aritmie risolte (con interventi invasivi) o in trattamento farmacologico (con buona aderenza da parte del paziente) non configurano invece, allo stato delle conoscenze, condizioni di maggior sensibilità all'azione delle correnti indotte o alle perturbazioni dei flussi di carica dovute al campo, dato che l'eccitabilità complessiva del miocardio viene normalizzata.

Si ricorda infine, per quanto riguarda gli effetti sui tessuti elettricamente eccitabili, che l'insieme delle frequenze comprese tra poche centinaia di kHz e diverse decine di MHz, all'interno delle radiofrequenze, può assumere rilievo, specie in situazioni di campo vicino (ossia a distanza dalla sorgente inferiore a qualche lunghezza d'onda oppure in presenza di sorgenti con geometria complessa), oltre che per gli effetti legati al riscaldamento, anche per gli effetti dovuti all'induzione di corrente elettrica nei tessuti. Di conseguenza, a questo intervallo spettrale si ritengono applicabili le stesse considerazioni fatte per i campi statici e in bassa frequenza relativamente al problema degli stati epilettici non controllati e delle aritmie non controllate.

**Iperteroidismo.** Per quanto concerne l'effetto termico determinato dai campi a radiofrequenze, tutte le condizioni che comportano un'aumentata produzione di

calore metabolico o una sua diminuita dispersione potrebbero configurare una maggior sensibilità agli effetti termici dell'esposizione, specie nel caso di esposizioni (es. in campo vicino) che determinano sovente forti gradienti di deposizione dell'energia nei volumi di tessuto, con picchi di riscaldamento localizzato disomogenei e imprevedibili.

La condizione che, sulla base dell'aumentata produzione di calore metabolico, configura una potenziale concreta sensibilità all'esposizione a radiofrequenze è rappresentata dall'ipertiroidismo grave, che, se non trattato, può tradursi in un maggior rischio di effetti avversi una volta che ad una più elevata produzione basale di calore si somma il riscaldamento dovuto al campo. Pertanto è ipotizzabile ritenere che i lavoratori affetti da ipertiroidismo non controllato clinicamente evidente possano considerarsi non idonei a mansioni che espongano a livelli di campo a radiofrequenze superiori ai limiti previsti per la popolazione generale. Tale indicazione viene a mancare qualora, come già indicato per altre patologie, il lavoratore sia sottoposto a trattamento medico (farmacologico ed eventualmente chirurgico) che determini il ritorno ad una situazione di eutiroidismo ormonale.

E' interessante notare che l'ipertiroidismo non controllato come descritto potrebbe costituire motivo di non idoneità anche a mansioni che espongono a livelli di campo magnetico statico o di campo elettrico o magnetico in bassa frequenza superiori ai limiti per la popolazione generale, sulla base però di un assunto differente, ossia che la sovrastimolazione dell'attività cardiaca legata all'eccesso di ormoni tiroidei può comportare nel tempo ipertrofia del miocardio e facilitare disturbi del ritmo.

Quanto illustrato è riassunto nella **Tabella 6**.

**Tabella 6:** Condizioni di preesistenti patologie organiche per le quali il lavoratore può essere considerato particolarmente sensibile al rischio di effetti diretti del campo elettromagnetico e in relazione alle quali potrebbe essere quindi controindicata l'esposizione a livelli superiori ai limiti previsti per la popolazione generale.

CAMPI MAGNETICI STATICI	CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI A BASSA FREQUENZA (in particolare ELF)	RADIOFREQUENZE
Epilessia <u>non controllata</u>  Aritmia cardiaca <u>non controllata</u>  Sindrome del QT lungo  Sindrome di Wolf-Parkinson-White  Ipertiroidismo <u>non controllato</u>		Ipertiroidismo <u>non controllato</u>  <i>Epilessia non controllata*</i>  <i>Aritmia cardiaca non controllata*</i>

\* da considerare solo in condizioni di campo vicino

Al termine della trattazione circa l'ipersensibilità al rischio da esposizione professionale a radiofrequenze, è necessario fornire alcune specificazioni riguardo i

due classici organi bersaglio di tale regione spettrale finora non considerati: il cristallino e le gonadi maschili.

Il **cristallino**, struttura non vascolarizzata, è più vulnerabile al danno termico; in funzione dell'aumento di temperatura che può indurre opacità clinicamente rilevabili (cataratta). Tuttavia, le soglie per la cataratta da radiofrequenze sono molto elevate, essendo pari nell'animale da esperimento, in termini di SAR, a molte decine di W/kg, spesso anche a 100 W/kg ed oltre, ed è conseguentemente possibile escludere la comparsa di cataratta nei lavoratori esposti a livelli di campo inferiori ai limiti previsti.

Per tale motivo, nonostante in molte situazioni espositive siano possibili forti disomogeneità nella distribuzione del SAR, ed osservabili picchi locali di assorbimento di energia anche superiori, in volumi circoscritti, agli stessi limiti per il SAR locale, non si ritiene che la presenza di preesistenti opacità del cristallino (condizione favorente la patologia considerata) configuri una condizione di maggior sensibilità agli effetti del riscaldamento da parte delle radiofrequenze, stante l'ampio margine di sicurezza rispetto alle soglie minime di induzione (peraltro non costante) dell'effetto.

Per quanto riguarda la **gonade maschile**, è noto che il testicolo svolge la propria funzione endocrina e di produzione dei gameti a temperatura fisiologicamente inferiore (circa 35 °C) rispetto a quella corporea generale. Il testicolo può rappresentare quindi un bersaglio per gli effetti lesivi delle radiofrequenze (aumento di temperatura), sebbene l'inibizione termica di funzioni quali la spermatogenesi sia considerata reversibile e per essere di entità significativa necessiti di un aumento di temperatura di almeno 1-2 °C. I limiti di esposizione alle radiofrequenze previsti per i lavoratori sono quindi certamente protettivi da questo punto di vista.

Non è noto, allo stato delle conoscenze, se condizioni preesistenti di diminuita spermatogenesi o diminuita produzione ormonale (di natura organica o dovute a esposizione ad altri fattori di rischio) possano rappresentare un elemento di particolare sensibilità per effetti delle radiofrequenze a livello della gonade maschile. Allo stato attuale delle conoscenze, quindi, non è possibile considerare le situazioni di diminuita spermatogenesi e/o produzione ormonale come condizioni di maggiore sensibilità, rilevanti ai fini dell'idoneità.

**Intolleranza ambientale idiopatica attribuita ai campi elettromagnetici.** Un'altra condizione che deve essere esaminata in termini di potenziale ipersuscettibilità è quella nota fino ad un recente passato con la definizione di "Ipersensibilità ai campi elettromagnetici". Si tratta di un fenomeno, descritto in letteratura fin dagli anni '80, per il quale alcuni individui percepiscono (e riferiscono) effetti avversi per la salute mentre utilizzano o sono vicini ad apparati che emettono campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici. Il fenomeno può essere scatenato a seconda dell'individuo da fonti di campi elettromagnetici sia in bassa che in alta frequenza e presenta un'incidenza che varia fortemente in funzione dell'età e del Paese considerato; è inoltre caratterizzato da forte eterogeneità in termini di manifestazioni cliniche, essendo tipologia, frequenza e intensità dei sintomi molto variabile individualmente. L'ipersensibilità ai campi elettromagnetici è stato oggetto di numerosi studi negli ultimi 15-20 anni, una parte dei quali ha cercato di riprodurre il fenomeno in volontari esposti a singole sorgenti in condizioni sperimentali controllate. I risultati

di queste ricerche hanno evidenziato nell'insieme che soggetti "ipersensibili" esposti a una sorgente che può essere accesa o spenta a loro insaputa mostrano sovente

- 1) alta correlazione tra percezione dello stato della sorgente e presenza di sintomi e 2) nessuna correlazione tra percezione dei sintomi e stato effettivo della sorgente.
- 2) Ciò significa che la sintomatologia riferita non è oggettivamente correlata alle emissioni elettromagnetiche della sorgente, non essendo riproducibile in condizioni controllate (Rubin et al., 2010).

L'orientamento attuale è quindi quello di attribuire il fenomeno ad altri fattori. Un documento di revisione delle conoscenze sull'argomento (EMF-NET, 2007) ribadisce che non sono state individuate relazioni causali tra i sintomi riferiti e i campi elettromagnetici. Nel medesimo documento si propone di sostituire il termine "*Ipersensibilità Elettromagnetica*" con la denominazione: "*Intolleranza ambientale idiopatica attribuita ai campi elettromagnetici*" (*Idiopathic Environmental Intolerance attributed to Electromagnetic Fields*), sottolineando da un lato l'assenza di cause note (ossia la natura idiopatica delle manifestazioni), dall'altro che il riferimento ai campi elettromagnetici è puramente soggettivo.

**Non si ritiene pertanto giustificata in questi casi la formulazione di un giudizio di non idoneità alla mansione**, mancando i necessari presupposti scientifici per ipotizzare un nesso causale tra esposizione a determinate configurazioni di campo elettromagnetico e scatenamento della sintomatologia a livello individuale.

Nonostante ciò, in fase di sorveglianza sanitaria la gestione di questi lavoratori potrebbe risultare difficile, anche perché la vicinanza alla sorgente o le procedure per la sua accensione potrebbero scatenare la sintomatologia. E' auspicabile che il medico competente, in collaborazione con il RSPP e/o altri specialisti, verifichi l'eventuale attribuzione del fenomeno ad altre cause, identificare le tipologie di sorgenti che effettivamente lo scatenano, il livello di consapevolezza del lavoratore circa i rischi del proprio ambiente di lavoro, nonché altri aspetti di natura psicologica. Tutto ciò al fine di fornire al lavoratore interessato una corretta informazione, tesa soprattutto a mettere in evidenza i risultati della ricerca scientifica sul fenomeno e sul rischio da campi elettromagnetici in generale, per poter ridurre o eliminare la sintomatologia lamentata. Potrebbe essere altresì opportuna, in alcuni casi, un'opera di mediazione all'interno della realtà produttiva, soprattutto nei confronti dei rapporti con il datore di lavoro, allo scopo di verificare la fattibilità per quel lavoratore di eventuali modifiche dell'organizzazione del lavoro o della mansione.

### 3. BIBLIOGRAFIA

- 1) American Conference of Governmental Industrial Hygienists. *2010 TLVs and BEIs*. ACGIH 2010.
- 2) Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003. *Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz*. G.U. 28 agosto 2003 n. 199.

- 3) Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003. *Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti*. G.U. 29 agosto 2003 n. 200.
- 4) Decreto Legislativo 26 marzo 2001, n. 151. *Testo unico delle disposizioni legislative in materia di tutela e sostegno della maternità e della paternità, a norma dell'articolo 15 della legge 8 marzo 2000, n. 53*. G.U. 26 aprile 2001 n. 96 - Supplemento Ordinario n. 93.
- 5) Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81. *Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro*. G.U. 30 aprile 2008 n. 101 - Supplemento Ordinario n. 108.
- 6) Direttiva 2004/40/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio 29 aprile 2004. *Prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) (diciottesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE)*. G. U. Unione Europea 24 maggio 2004 n. L 184/1.
- 7) EMF-NET. *WP2.2 Deliverable report D5ter: Report on studies on hypersensitivity*, February 2007 (disponibile all'indirizzo web: [http://web.jrc.ec.europa.eu/emf-net/doc/reports/D5Ter\\_Report%20on%20studies%20on%20Hypersensitivity.pdf](http://web.jrc.ec.europa.eu/emf-net/doc/reports/D5Ter_Report%20on%20studies%20on%20Hypersensitivity.pdf))
- 8) Gobba F. *Valutazioni scientifiche in tema di ipersensibilità a campi elettromagnetici*. Atti del XVIII Congresso Nazionale AIRM. Riva del Garda, 4-7 giugno 2003: 131-147.
- 9) International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. *Guidelines on Limits of Exposure to Static Magnetic Fields*. ICNIRP Guidelines. Health Phys. 1994; 66: 100-106.
- 10) International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. *Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)*. ICNIRP Guidelines. Health Phys. 1998; 74: 494-522.
- 11) International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. *Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields*. ICNIRP Guidelines. Health Phys 2009; 96: 504-514.
- 12) LEGGE 22 febbraio 2001, n.36. *Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici*. G.U. 7 marzo 2001 n. 55.
- 13) Mattei E., Calcagnini G., Censi F., Triventi M., Bartolini P. *Radiofrequency dosimetry in subjects implanted with metallic straight wires: a numerical study*. 30<sup>th</sup> Annual International IEEE EMBS Conference. Vancouver, British Columbia, Canada, August 20-24, 2008: 4387-4390.
- 14) Norma EN 50499 (CEI 160-23). *Procedure for the assessment of the exposure of the workers to electromagnetic fields*. CENELEC 2009.
- 15) Rubin G.J., Nieto-Hernandez R., Wessely S. *Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (formerly 'electromagnetic hypersensitivity'): An updated systematic review of provocation studies*. Bioelectromagnetics 2010; 31:1-11.
- 16) Sibella F., Parazzini M., Paglialonga A., Ravazzani P. *Assessment of SAR in the tissue near a cochlea implant exposed to radiofrequency electromagnetic fields*. Phys. Med. Biol. 2009; 54: N35-N41.
- 17) Virtanen H., Keshvari J., Lappalainen R. *Interaction of radio frequency electromagnetic fields and passive metallic implants – a brief review*. Bioelectromagnetics 2006; 27: 431-439.

## **IL RADON NEI LUOGHI DI LAVORO – NORMATIVA, PREVENZIONE E PROTEZIONE**

**Daniela De Bartolo**

ARPA Lombardia, Settore Aria e Agenti Fisici - U.O. Agenti Fisici ed Energia - Milano

### **1. PREMESSA**

Il radon è un gas nobile radioattivo, incolore ed inodore, presente in natura con gli isotopi Rn219, Rn220 e Rn222.

Il Rn219, avendo abbondanza isotopica notevolmente esigua e vita media molto breve (3,92 secondi) decade in prossimità del luogo di formazione e non raggiunge quindi l'ambiente indoor. Un discorso analogo vale per il Rn220, che appartiene alla catena di decadimento del torio (Th232) e che ha una vita media pari a 55 secondi. Il Rn222, appartenente alla catena di decadimento dell'uranio (U238), è il più importante dei tre isotopi poiché presenta un tempo di decadimento più lungo (3,8 giorni) e un'abbondanza isotopica rilevante.

Dato che l'uranio è distribuito più o meno ubiquitariamente sulla crosta terrestre, il radon è presente nel suolo e nelle rocce quasi ovunque, con concentrazioni variabili a seconda della tipologia di roccia. Per esempio, rocce come lave, tufi, pozzolane e graniti, essendo più ricche d'uranio possono presentare e rilasciare maggiori quantità di radon rispetto ad altri tipi di rocce.

Essendo il radon un gas nobile, può liberamente muoversi attraverso le porosità del materiale e raggiungere l'aria in superficie. Il grado di emanazione del radon dal suolo non dipende solamente dalla concentrazione dell'uranio nelle rocce, ma anche dalla particolare struttura del terreno stesso. Tanto maggiori sono gli spazi interstiziali presenti nei minerali e le fessurazioni delle rocce che compongono il terreno, tanto più radon sarà liberato nell'aria dal sottosuolo, e da qui nell'aria all'esterno. Per la maggior parte dei suoli, solamente una quantità che va dal 10% al 50% del radon si libera dai grani di minerale e penetra negli interstizi. Se è rilasciato all'aperto si disperde rapidamente nell'atmosfera e la concentrazione che ne consegue è generalmente molto bassa.

Se entra in un ambiente chiuso, a causa dell'eventuale limitato ricambio d'aria, può raggiungere livelli di concentrazione rilevanti (si parla in questo caso di inquinamento indoor). Tale concentrazione può aumentare, inoltre, a causa dei materiali da costruzione (se contengono rocce ricche d'uranio precedentemente citate) e a causa dall'acqua e dal gas utilizzati all'interno dei locali. Il contributo di



queste sorgenti risulta, però in genere, inferiore rispetto al contributo fornito dal suolo.

In Lombardia l'infiltrazione dal suolo è riconosciuta come la principale sorgente di radon indoor. La temperatura interna del locale o del luogo di lavoro, se più elevata di quella esterna, e l'effetto del vento sull'edificio, sono fattori che incrementano la concentrazione di radon indoor. A causa loro, infatti, la pressione atmosferica interna tende ad essere inferiore a quella del sottosuolo e la differenza di pressione risultante, anche se piccola, è sufficiente, se esiste un percorso agevole, ad indurre un flusso di gas radon dal terreno verso l'interno. In effetti in molti dei locali ove sono stati riscontrati livelli elevati di radon si è verificato che il meccanismo dominante di ingresso di tale gas era proprio il flusso guidato dalla differenza di pressione. In aggiunta a ciò fattori come la tipologia di edificio, le caratteristiche costruttive e strutturali (muri a secco, cantine sterrate, isolamento permeabile delle fondamenta, passaggio di canalizzazioni tra il sottosuolo e le aree abitative) e le abitudini delle persone che ci frequentano i locali (per es. debole tasso di rinnovo dell'aria) sono tutte caratteristiche che possono influire sulle concentrazioni di radon indoor.

## 2. IL RISCHIO RADON

L'interesse nei confronti del radon, quale agente inquinante indoor, da parte degli enti preposti alla tutela sanitaria e alla tutela ambientale, è dovuto al fatto che fin dall'inizio del secolo fu lanciata l'ipotesi di un rapporto causa-effetto tra esposizione prolungata ad alte concentrazioni di radon e cancro ai polmoni. Successivamente, esperimenti su animali compiuti negli anni Cinquanta e studi epidemiologici tra i minatori di uranio dalla metà degli anni Sessanta hanno confermato questo potenziale effetto dannoso sull'uomo.

Negli anni successivi fu necessario quantificare il rischio in termini di intensità di esposizione per definire appropriati livelli di protezione. A tale scopo, numerosi studi epidemiologici sono stati effettuati negli anni Ottanta in varie nazioni non solo tra lavoratori di miniere di uranio, ma anche di stagno e di ferro.

Attualmente è appurato che il radon è la seconda causa di tumore ai polmoni dopo il fumo per molti paesi del mondo. È inoltre stato verificato che vi è una maggior probabilità di induzione di tumore al polmone per persone che fumano o che hanno fumato in passato, rispetto a coloro che non hanno mai fumato durante la loro vita e in ogni caso che il radon è la prima causa di tumore al polmone per i non fumatori. In particolare, recenti studi sul tumore al polmone in Europa, Nord America e Asia ne attribuiscono al radon dal 3% al 14%. Le analisi indicano che il rischio del tumore al polmone aumenta proporzionalmente con l'aumentare dell'esposizione al radon. Dato però che un numero maggiore di persone è esposto a concentrazioni medio basse, risulta di fatto che la maggior parte dei tumori al polmone correlati al radon, sono causati da livelli di esposizione medio - bassi piuttosto che da alti livelli. Per quanto riguarda il meccanismo di danno, l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) spiega che quando il gas radon viene inalato, le particelle alfa densamente ionizzanti, emesse dai prodotti del radon depositati, che hanno vita breve ( $^{218}\text{Po}$  e  $^{214}\text{Po}$ ), possono interagire con i tessuti biologici nei polmoni e danneggiare il DNA.

In genere si ritiene che il cancro richieda l'accadimento di almeno una mutazione, e che la proliferazione di cellule intermedie che hanno subito un certo grado di danno al DNA possa aumentare notevolmente il pool di cellule disponibili per lo sviluppo del cancro.

### **3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

#### **3.1 SITUAZIONE INTERNAZIONALE**

Diversi sono i documenti e le raccomandazioni prodotte dagli organismi internazionali che forniscono indicazioni, metodologie e livelli di riferimento per la problematica del radon indoor, non solo per le esposizioni lavorative, ma anche per le esposizioni residenziali.

Un riferimento importante in Europa è costituito dalla raccomandazione della Comunità Europea 90/143/Euratom, che indica il valore oltre cui intraprendere azioni di risanamento per le abitazioni esistenti (400 Bq/m<sup>3</sup>) e l'obiettivo di qualità (200 Bq/m<sup>3</sup>) per le nuove edificazioni.

L'International Commission for Radiological Protection (ICRP) ha emesso raccomandazioni per la protezione dal Rn222 in abitazioni e in luoghi di lavoro nella Pubblicazione 65 (ICRP, 1993) e successivamente nelle raccomandazioni del 2007 indicava livelli di riferimento di 600 Bq/m<sup>3</sup> per le abitazioni e 1500 Bq/m<sup>3</sup> per i luoghi di lavoro. Recentemente (novembre 2009) la stessa commissione ha reso pubblica una dichiarazione sul radon che è ora in attesa di pubblicazione nei propri annali insieme ad un report che tratta il problema del rischio radon per il tumore ai polmoni. In tale pubblicazione la commissione dichiara che, tenendo conto dei nuovi studi effettuati, ha riveduto i valori di riferimento precedentemente indicati per il radon nelle abitazioni e nei luoghi di lavoro. In particolare, il livello di 600 Bq/m<sup>3</sup> per le abitazioni è stato abbassato a 300 Bq/m<sup>3</sup> mentre per quanto riguarda i luoghi di lavoro è stato stabilito un livello pari a 1000 Bq/m<sup>3</sup>, al di sopra del quale applicare la radioprotezione occupazionale dei lavoratori. Nella pubblicazione 103 della Commissione inoltre si considera che il valore di 1000 Bq/m<sup>3</sup> dovrebbe essere usato globalmente nell'interesse di un'armonizzazione internazionale di standard di sicurezza occupazionale. Le autorità nazionali, infine, dovrebbero stabilire valori di riferimento inferiori a seconda delle circostanze locali e fare tutti gli sforzi possibili per ridurre l'esposizione al radon. Nel 2009 è stato pubblicato un documento dell'OMS, "WHO Handbook on indoor radon: a public health perspective" che propone un livello di riferimento di 100 Bq/m<sup>3</sup> per minimizzare i rischi sanitari dovuti all'esposizione indoor al radon. In ogni caso se questo livello non potesse essere raggiunto, a causa della specifica situazione del paese, il livello di riferimento scelto dovrebbe non superare i 300 Bq/m<sup>3</sup>.

Le varie nazioni si sono ispirate alle raccomandazioni ed indicazioni internazionali e il quadro normativo risultante è assai variegato, in funzione soprattutto dei diversi approcci alla problematica maturati nel corso degli ultimi 20 anni.

### 3.2 QUADRO NAZIONALE

Nel quadro normativo italiano attualmente in vigore non sono previste le problematiche connesse all'esposizione al radon nelle abitazioni, ma viene trattata esclusivamente la problematica degli ambienti lavorativi. Un riferimento importante per l'Italia relativamente alle abitazioni rimane quindi la raccomandazione della Comunità Europea 90/143/Euratom precedentemente citata.

Il Decreto Legislativo n. 241 del 26 maggio 2000 "Attuazione della direttiva 96/29/Euratom in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti" ha apportato modifiche ed integrazioni al testo del D.LGS 230/95. Relativamente alle esposizioni lavorative a sorgenti naturali di radiazioni, è stato introdotto ex novo il capo III bis "Esposizioni da attività lavorative con particolari sorgenti naturali di radiazioni". Tra le attività lavorative nelle quali la presenza di sorgenti di radiazioni naturali conduce ad un significativo aumento dell'esposizione dei lavoratori o di personale del pubblico, non trascurabile dal punto di vista della radioprotezione, l'art. 10 bis riporta:

- a) attività lavorative durante le quali i lavoratori e, eventualmente, persone del pubblico sono esposti a prodotti di decadimento del radon o del toron, o a radiazioni gamma o a ogni altra esposizione in particolari luoghi di lavoro quali tunnel, sottovie, catacombe, grotte e, comunque, in tutti i luoghi di lavoro sotterranei;
- b) attività lavorative durante le quali i lavoratori e, eventualmente, persone del pubblico sono esposte a prodotti di decadimento del radon o del toron, o a radiazioni gamma o a ogni altra esposizione in luoghi di lavoro diversi da quelli di cui alla lettera a) in zone ben individuate o con caratteristiche determinate;
- c) attività lavorative implicanti l'uso o lo stoccaggio di materiali abitualmente non considerati radioattivi, ma che contengono radionuclidi naturali e provocano un aumento significativo dell'esposizione dei lavoratori e, eventualmente, di persone del pubblico;
- d) attività lavorative che comportano la produzione di residui abitualmente non considerati radioattivi, ma che contengono radionuclidi naturali e provocano un aumento significativo dell'esposizione di persone del pubblico e, eventualmente, dei lavoratori;
- e) attività lavorative in stabilimenti termali o attività estrattive non disciplinate dal capo IV;
- f) attività lavorative su aerei per quanto riguarda il personale navigante.

Ai sensi dell'art. 10 ter l'esercente delle attività al punto a) deve procedere alla verifica delle concentrazioni di attività di radon entro 24 mesi dall'inizio dell'attività stessa (questa norma si applica a partire da marzo 2002). Il livello di azione per i luoghi di lavoro di cui all'articolo 10-bis, comma 1, lettere a) e b) è 500 Bq/m<sup>3</sup> di concentrazione di attività di radon media in un anno. Sono inoltre fissati livelli di azione per i lavoratori: 1 mSv/anno di dose efficace per i luoghi di lavoro di cui all'articolo 10-bis, comma 1, lettere c), d) ed e) (senza tener conto dell'eventuale esposizione a radon derivante dalle caratteristiche costruttive dell'ambiente su cui viene svolta l'attività lavorativa). Per i luoghi di lavoro di cui all'articolo 10-bis,

comma 1, lettere c) e d), il livello di azione per le persone del pubblico è fissato in 0,3 mSv/anno di dose efficace.

A titolo di esempio in Lombardia il numero di comunicazioni di superamento del livello di azione di 500 Bq/m<sup>3</sup> fra il 2003 e 2007 è stato di 87.

Per quanto riguarda invece le attività di cui alla lettera b) le Regioni e le Province autonome dovrebbero provvedere all'individuazione delle zone ad elevata probabilità di alte concentrazioni di gas radon (radon prone areas). A seguito di questa individuazione l'esercente dovrà provvedere ad effettuare misure di radon indoor a partire dai locali seminterrati o dal piano terreno. Le linee guida per la realizzazione delle misure, l'elaborazione dei criteri per l'individuazione di zone o luoghi di lavoro con determinate caratteristiche di elevata probabilità di alte concentrazioni di radon, oltre che la formulazione di proposta per l'adozione di misure correttive, vengono affidate dallo Stato ad una Sezione speciale della Commissione istituita ai sensi dell'art.9 del D.LGS 230/95 (Commissione tecnica per la sicurezza nucleare e la protezione sanitaria). Ad oggi però tale commissione non ha ancora iniziato i lavori.

Per quanto riguarda le misure, a suo tempo le Regioni si sono comunque attivate e uno specifico gruppo di lavoro tecnico composto da Emilia-Romagna, Lombardia, Toscana, Umbria e Veneto, coordinato dalla Regione Lombardia ha predisposto le linee guida per le misure nei luoghi di lavoro sotterranei che sono state approvate definitivamente dalla conferenza dei Presidenti delle Regioni a febbraio 2003. Tali linee guida costituiscono un valido riferimento per gli esercenti, gli organismi di misura e gli organi di vigilanza.

Attualmente è in corso il Piano Nazionale Radon (PNR), che consiste in un insieme coordinato di azioni volte a ridurre il rischio di tumore polmonare associato all'esposizione al radon in Italia. Il PNR è stato preparato nel 2002 da una commissione del Ministero della Salute, comprendente esperti di diversi enti nazionali e regionali. Il progetto "Avvio del Piano Nazionale Radon per la riduzione del rischio di tumore polmonare in Italia" è stato approvato alla fine del 2005 dal Centro Nazionale per la Prevenzione ed il Controllo delle Malattie (CCM) che ne ha assegnata la responsabilità all'Istituto Superiore di Sanità (ISS). In particolare, il progetto PNR-CCM prevede la valutazione dei rischi associati all'esposizione al radon, l'istituzione dell'Archivio Nazionale Radon presso l'ISS, lo sviluppo delle indagini sulla distribuzione territoriale delle concentrazioni di radon negli edifici, la messa a punto e l'avvio di un piano di informazione della popolazione e di gruppi specifici, la produzione di linee guida e la predisposizione di adeguamenti normativi.

Il Sottocomitato Scientifico del progetto CCM "Avvio del Piano Nazionale Radon per la riduzione del rischio di tumore polmonare in Italia" sta inoltre elaborando una Raccomandazione sull'introduzione di sistemi di prevenzione dell'ingresso del radon in tutti gli edifici di nuova costruzione. Tale raccomandazione verrà inviata al Ministero della Salute e verrà portata, insieme ad un documento tecnico in Conferenza Stato-Regioni per essere recepita e quindi applicata in tutte le Regioni e Province autonome.

Un'altra delle attività previste dal PNR è la realizzazione dell'Archivio Nazionale Radon (ANR) che ha come scopo la raccolta organica e sistematica di documenti, dati e informazioni utili per la valutazione del rischio radon in Italia.

#### **4. PREVENZIONE E PROTEZIONE**

La normativa italiana relativa ai luoghi di lavoro è stata descritta nel paragrafo 3.2, dove viene riportato l'art.10 bis del D.Lgs. 241/00.

L'OMS raccomanda particolare cura alla comunicazione del rischio radon in quanto in genere, lavoratori (e popolazione) non ne sono consapevoli.

Rispetto alla riduzione del rischio sono molto importanti sia le azioni di prevenzione nella costruzione di nuovi edifici, che la mitigazione e il rimedio-risanamento in edifici esistenti. In alcuni casi si può procedere sigillando le vie di ingresso del radon, in altri casi si cerca di invertire le differenze di pressione fra l'interno e l'esterno, attraverso tecniche di depressurizzazione e in molti casi si utilizzano combinazioni di queste due tecniche. La scelta della metodologia per prevenire o mitigare la concentrazione di radon indoor può essere basata su un'analisi di costo-efficacia. La prevenzione negli edifici di nuova costruzione ha ovviamente un miglior rapporto costo-efficacia rispetto alla mitigazione negli edifici esistenti.

A livello nazionale nell'ambito del PNR, è in corso di stesura e di emissione una raccomandazione sull'introduzione di sistemi di prevenzione dell'ingresso del radon in tutti gli edifici di nuova costruzione.

Fra gli accorgimenti più efficaci vi è la ventilazione naturale tramite formazione di vespaio aerato, la ventilazione meccanica controllata, la depressurizzazione del vespaio o delle fondazioni, il drenaggio delle fondazioni per l'allontanamento dell'eventuale gas presente nel terreno, la sigillatura delle forometrie per il passaggio di impianti, scarichi e canalizzazioni. Inoltre, che la presenza di collegamento (scale) in una stessa unità immobiliare fra seminterrato e piani superiori, può convogliare il gas radon, di norma presente in maggiori concentrazioni nel seminterrato, verso i piani superiori. Infine nei locali in cui vi sia permanenza è consigliabile evitare l'uso di materiali costruttivi e di finitura contenenti significative concentrazioni di radionuclidi naturali, quali i tufi, i graniti, le sieniti, i basalti, le pozzolane, i cementi contenenti polveri e scorie di altoforno, le calci eminentemente idrauliche.

Le sorgenti di radon, le concentrazioni ed i meccanismi di trasporto influenzano la scelta delle strategie di prevenzione e di mitigazione. E' importante che vengano formati dei professionisti nel settore costruttivo che abbiano capacità ed esperienza per il risanamento degli edifici che presentano alte concentrazioni di radon, dato che in Italia in generale, tali competenze specifiche non sono particolarmente diffuse.

#### **5. BIBLIOGRAFIA**

- Becker D.E. (1997), Radiation Exposure at Working places caused by Natural Radionuclides in Germany, 147th Meeting of the German Commission on Radiological Protection, (Luglio 1997)

- Bochicchio F. et al. (1994), "Indagine nazionale sulla radioattività naturale nelle abitazioni. Rapporto finale", Roma
- Dubois G., Bossew P. (2006), A European Atlas of natural Radiations including harmonized radon maps of the European Union. What do we have, what do we know?, Atti del convegno Controllo Ambientale degli Agenti Fisici, (Biella, 7-9 giugno 2006)
- Gunby J.A., Darby S.C., Miles J.C., Green B.M., Cox D.R. (1993), "Factors affecting indoor radon concentrations in the United Kingdom", in Health Physics, 64(1), 2-12
- Kelleher K. et al. (2006), A comparison of contemporary and retrospective radon gas measurements in high radon dwellings in Ireland, Convegno IRPA, (Parigi, 15-19 maggio 2006)
- Kemski J., Klingel R., Siehl A. (2006), Indoor radon concentration related to building type and foundation of dwellings e implicazioni for radon risk prediction, in Radon Investigations in the Czech Republic XI and the 8th International Workshop on the Geological Aspects of Radon Risk Mapping, (Praga, 25-30 settembre 2006)
- Linee guida per le misure di concentrazione di radon in aria nei luoghi di lavoro sotterranei, (2003), a cura del Coordinamento delle Regioni e delle Province autonome di Trento e Bolzano
- Linee guida relative ad alcune tipologie di azioni di risanamento per la riduzione dell'inquinamento da radon, (2005), RTI CTN\_AGF 4/2005
- Nazaroff W.W., Nero A.V. (1988), Radon and its decay products in indoor air, John Wiley and Sons, New York
- Pegoretti S., Borgoni R., Verdi L. (2009), Impatto delle caratteristiche dell'edificio sulla concentrazione del radon indoor. Un'applicazione della regressione quantile ai dati della campagna di monitoraggio in Alto Adige, Atti del IV convegno nazionale su controllo ambientale degli agenti fisici, (Vercelli, 24-29 marzo 2009)
- Piano Nazionale Radon, (2002), Ministero della Salute
- Sesana L., Beghini S. (2000), "Concentrazione di radon indoor: effetto del vento e della temperatura", in Ingegneria Ambientale, XXIX n.11-12
- The World Health Report 2002- Reducing Risks to Health, (2002), Promoting Healthy Life - World Health Organization
- WHO handbook on indoor radon: a public health perspective, (2009), World Health Organization
- Zannoni G., Bellezza M., Bigliotto C., Prearo I. (2006), Gas radon: Tecniche di mitigazione – Indagine sperimentale sulla correlazione fra attacco a terra e tecniche di mitigazione, EdicomEdizioni, Monfalcone



## **RADIAZIONI IONIZZANTI: APPLICAZIONI INDUSTRIALI E DINTORNI**

**Laura Argenti**

INAIL – CONTARP – Direzione Regionale Emilia Romagna

### **1. RIASSUNTO**

Scopo del presente lavoro è presentare una panoramica, seppure non esaustiva, di alcune applicazioni, soprattutto industriali, in cui sono utilizzate le radiazioni ionizzanti.

### **2. INTRODUZIONE**

È a tutti noto il diffusissimo impiego delle sorgenti di radiazioni ionizzanti in alcuni settori:

- Medico: oltre alle tradizionali apparecchiature a raggi X, oggi sono utilizzati numerosi radioisotopi artificiali e sorgenti radiogene (es. acceleratori di particelle), sia in diagnostica che in terapia medica;
- Impianti di produzione di energia nucleare;
- Ricerca scientifica e tecnologica, dove le radiazioni ionizzanti intervengono sia come argomento di studio sia come strumento di indagine nella fisica nucleare [1], nell'astrofisica, nella chimica, nella biochimica, ecc. Ad esempio, l'uso di traccianti radioattivi consente di studiare nel dettaglio i meccanismi che presiedono ai processi chimici, chimico-fisici e biologici, seguendo strumentalmente gli spostamenti e le successive combinazioni di atomi e molecole opportunamente "marcati". Numerosi fenomeni indotti da raggi X o da elettroni accelerati sono impiegati nella strumentazione impiegata per l'analisi, soprattutto nel campo della struttura dei materiali.

Tuttavia, l'impiego delle radiazioni ionizzanti è diventato ormai essenziale in molti altri settori [2] quali l'industria, l'archeologia, l'arte, l'ambiente, in cui vengono abitualmente impiegati radionuclidi artificiali e naturali e macchine radiogene in tecnologie sempre più sofisticate. Oggetto della presente pubblicazione, che non ha la pretesa di essere esaustiva, è quello di fornire una panoramica di alcune di queste applicazioni meno note delle radiazioni ionizzanti, soprattutto nel settore industriale.



Qual è il motivo di un uso così massiccio delle radiazioni ionizzanti? Esse costituiscono un potentissimo strumento, prima di tutto perché hanno la capacità di analizzare il “cuore” di un materiale (è a tutti noto l'esempio delle radiografie), senza la necessità di distruggere ciò che si sta analizzando. Infatti, le radiazioni ionizzanti, grazie al loro elevato potere penetrante, sono in grado di attraversare e quindi analizzare materiali anche molto densi, quali i metalli, e quindi è possibile quindi avere informazioni molto dettagliate in merito non solo alla struttura, dimensioni, difetti, ecc., ma anche alla loro composizione chimica elementare o l'eventuale presenza di elementi in traccia. Tramite le svariate tecniche analitiche che utilizzano le radiazioni ionizzanti è possibile analizzare ed identificare simultaneamente quasi tutta la tavola periodica degli elementi. Le metodiche sono state applicate alla scienza dei materiali, alla chimica, alla geologia, all'archeologia, all'ambiente, all'analisi dei cibi, ecc. Inoltre, tali tecniche sono spesso indipendenti dalla forma fisica del campione da analizzare e non richiedono alcuna preparazione preliminare.

Esempi di alcune tecniche analitiche che utilizzano radiazioni ionizzanti sono [3]:

- Tecniche radiografiche (che utilizzano raggi X, raggi gamma, particelle beta, elettroni secondari, neutroni), radiografie ad emissione di elettroni, tomografiche, ecc.);
- Microscopia a scansione elettronica associata a spettrometria a raggi X;
- Diffrazione a raggi X;
- Fluorescenza attivata con i raggi X;
- Analisi di attivazione, ad esempio con sorgenti neutroniche [4];
- Microscopia a *ion beam*;
- Spettroscopia Raman;
- Spettroscopia Mössbauer;
- Datazione con Carbonio-14;
- Tecniche di scattering a raggi gamma.

Vi sono poi altre tecniche analitiche, piuttosto diffuse, che impiegano sorgenti radioattive “ausiliarie”, che cioè non intervengono direttamente nel processo di misura, quali le sorgenti di  $^{63}\text{Ni}$  nella gascromatografia a ECD (detector a cattura di elettroni), in cui la sorgente radioattiva ha il compito di ionizzare il gas di trasporto (ad esempio azoto), in modo da produrre una corrente elettrica le cui variazioni vengono poi rivelate dal detector.

Un'altra caratteristica molto importante delle radiazioni ionizzanti è quella, in dosi ed intensità sufficientemente elevate, di modificare la materia, grazie alla loro elevata energia: le tecniche di irraggiamento sono usualmente utilizzate per la sterilizzazione, nell'industria alimentare e nell'agricoltura, per l'attivazione di reazioni chimiche, per il recupero ambientale, ecc.

Di seguito sono riportate alcune applicazioni, suddivise in aree (es. applicazioni industriali, artistiche, ecc.) e, ove necessario, distinguendo tra le tecniche analitiche e le tecniche di “trattamento” tramite radiazioni. È pur vero, però, che molte delle

tecniche descritte trovano applicazione in più di un settore e possono essere utilizzate sia per uno scopo che per l'altro, cambiando le condizioni sperimentali.

### 3. APPLICAZIONI INDUSTRIALI

Per quanto riguarda le tecniche analitiche applicate all'industria, le radiazioni ionizzanti vengono estensivamente utilizzate per effettuare controlli non distruttivi in tutti i settori, che vanno dall'industria meccanica, a quella edile, elettronica, ecc. Alcuni di questi esempi includono:

- **Radiografie di componenti meccanici:** un'applicazione molto diffusa riguarda l'impiego di intensi fasci di raggi X o gamma per radiografare componenti meccanici/metallici nelle branche più svariate (aerospaziale, motoristica, automobilistica, nautica, stampaggio, ecc.), per la determinazione di difetti nelle saldature effettuate tra i vari pezzi meccanici o nelle strutture di fusione, nelle strutture metalliche, edilizie, elettriche ecc., al fine di assicurare la qualità e verificare l'integrità dei componenti studiati. Queste indagini radiografiche industriali in genere si effettuano tramite macchine a raggi X, sorgenti radioattive sigillate gamma (es.  $^{192}\text{Ir}$ ) telecomandate a distanza, e comportano l'impiego di radiazioni ad elevata potenza.
- **Misure di spessore** di un materiale: si ottengono sia tramite misure di trasmissione che di retrodiffusione della radiazione beta o gamma, utilizzando vari radioelementi (dal  $^{60}\text{Co}$  60 al  $^{241}\text{Am}$ ), a seconda della densità superficiale del materiale in esame. Ad esempio, emettitori di particelle beta sono diffusamente utilizzati nell'industria cartaria per la misurazione dello spessore dei fogli di carta durante il processo di fabbricazione. Un'altra applicazione riguarda la centratura della foratura nei circuiti stampati professionali multistrato, e la misura degli spessori del materiale di riporto sulle schede elettroniche.
- **Misure di livello o di flusso:** in questo caso il fascio di radiazione permette di stabilire il livello di un liquido o il rapporto tra liquido e gas all'interno di recipienti, tubazioni, ecc. con una notevole precisione su qualunque tipo di contenitore, che sia opaco o no [5].
- **Misure di umidità e di densità del terreno:** questi tipi di misure vengono eseguite usando sorgenti neutroniche e di radiazione gamma, le prime per rivelare la presenza d'acqua o di idrocarburi nei terreni, le seconde per determinare la densità del suolo.
- Tecniche radioisotopiche [6] sono correntemente utilizzate per quantificare in tempo reale la composizione delle ceneri nei combustibili fossili, in primo luogo il carbone (correlata al contenuto di silicio, ferro, alluminio, zolfo e calcio), onde valutare preventivamente l'emissione di inquinanti in seguito alla loro combustione.
- Traccianti gamma dispersi nell'olio di lubrificazione dei motori di nuova progettazione e costruzione consentono, nella fase di ingegnerizzazione, di quantificarne sul banco di prova il consumo di olio attraverso la loro rilevazione nei gas di scarico. Mescolando ai combustibili piccole quantità di traccianti è

possibile verificare inoltre l'efficienza dei sistemi di captazione delle ceneri e di depurazione dei fumi.

- Come già detto, le radiazioni ionizzanti possono essere utilizzate anche per l'identificazione e l'analisi chimica dei materiali: ad esempio viene misurata la percentuale dei diversi metalli presenti nelle leghe metalliche, comprese quelle di gioielleria, negli impianti, nelle saldature industriali, [7] ecc.
- Una tecnologia molto interessante riguarda l'impiego di metodologie radio-ottiche per misurare in situ le vibrazioni e i movimenti relativi di componenti di ponti, palazzi, dighe, velivoli, satelliti [8], oppure per valutare i parametri di crescita di crepe e rotture nelle pavimentazioni di asfalto [9].

Una diversa categoria di applicazioni industriali riguarda la tecnologia dei materiali, dove intensi fasci di radiazioni ionizzanti sono impiegate per modificare opportunamente le caratteristiche dei materiali irradiati.

Le radiazioni ionizzanti sono infatti in grado di attivare reazioni chimiche indipendentemente dallo stato fisico (solido, liquido, gassoso) e dalle condizioni termodinamiche (pressione, temperatura, ...) dei reagenti, e senza l'aggiunta di catalizzatori o di additivi. Questa proprietà viene sfruttata, ad esempio, nei processi di reticolazione dei polimeri [2b]. Infatti, l'irraggiamento di polimeri con radiazioni ad alta energia (come i raggi gamma, raggi X, fasci di elettroni o di ioni) genera ioni e radicali liberi, elementi molto reattivi che possono istantaneamente essere utilizzati nella formazione di nuove strutture chimiche e catene, potendo così modificare le caratteristiche del polimero finale.

Al contrario, anche la degradazione delle catene polimeriche può essere indotta dalle radiazioni ionizzanti: essa genera la rottura delle catene polimeriche principali e secondarie, ad anche questo trattamento viene utilizzato correntemente per la formazione di materiali dalle caratteristiche controllate.

Queste tecnologie sono già affermate o sono in rapida evoluzione, ad esempio, nei seguenti settori:

- Produzione di fili, cavi, isolanti elettrici, condutture, particolari tipologie di materiali polimerici, aventi caratteristiche di elevata resistenza ai solventi, all'invecchiamento e alle alte temperature;
- Produzione di tessuti resistenti per uniformi, camici, ecc.;
- Produzione di pellicole di confezionamento termorestringenti;
- Produzione di pneumatici di automobili (vulcanizzazione);
- Nei materiali compositi, modificazione delle superfici di film plastici e carta con silicone a basso peso molecolare che conferisce proprietà particolari (produzione di nastri adesivi, floppy disc, lenti a contatto, ecc.);
- Trattamenti per la rifinitura superficiale di rivestimenti, lacche e inchiostri;
- Trattamenti superficiale di nanomateriali;
- Produzione di membrane di filtrazione autopulenti e chimicamente resistenti (*ion-track*);
- Produzione di arti artificiali;
- Microlitografia: la tecnologia delle radiazioni basata sui raggi X, *e-beam* e ioni è sempre più utilizzata nella produzione di circuiti microelettronici, micromacchine e altri dispositivi analoghi;

- Produzione di semiconduttori organici (miscele di polianiline);
- Degradazione della cellulosa dai residui della lavorazione della canna da zucchero tramite le radiazioni ionizzanti per ottenere etanolo e polimeri naturali.

#### 4. ALIMENTI E AGRICOLTURA

Un altro settore che utilizza le radiazioni ionizzanti sia nelle tecniche analitiche che di trattamento è l'agricoltura e l'industria alimentare, che è stata considerata in questo capitolo per comodità.

Anche in questo caso, le radiografie sono usualmente utilizzate per ispezionare gli alimenti e le piante [10]. Prodotti agricoli, come ad esempio noci, cereali e semi sono radiografati per studiarne le dimensioni, la forma e l'eventuale presenza di infestanti. Esempi di alimenti esaminati includono burro, prosciutti, salami, e le forme del parmigiano reggiano [11]: le immagini radiografiche rivelano infatti eventuali "imperfezioni" interne dei prodotti non rivelabili con altre metodiche non distruttive. Anche prodotti particolari, come gli alimenti per bambini, sono sottoposti a radiografia per evidenziare eventuali oggetti estranei.

Altre tecniche che utilizzano le radiazioni ionizzanti permettono di conoscere anche la composizione elementare delle matrici studiate: esempi includono il suolo agricolo, in cui sono stati ricercati i pesticidi contenenti metalli pesanti [12], la birra, in cui sono stati ricercati i metalli pesanti ed altri elementi inorganici presenti in tracce, il miele, il polline, l'acqua minerale, il caffè [13], solo per citarne alcuni.

Infine, sempre rimanendo nel campo analitico, l'uso di traccianti radioattivi mescolati ai fertilizzanti agricoli consente di seguirne il processo di assorbimento e di metabolizzazione da parte dei vegetali e di quantificarne il rilascio, per evitare poi, nella concreta applicazione di pieno campo, l'impiego di dosi eccessive di sostanze chimiche, minimizzando in tal modo i problemi di contaminazione dell'ambiente.

Consideriamo ora le tecniche di irraggiamento con le radiazioni ionizzanti: esse sono effettuate in genere con sorgenti di radiazioni X, gamma e fasci di elettroni, e vengono estensivamente impiegate per la sterilizzazione e la conservazione di alimenti [2b], [14]. Usualmente, per questa applicazione si utilizzano sorgenti di  $^{60}\text{Co}$  o  $^{137}\text{Cs}$ ; la dose di radiazione ricevuta da un dato alimento determina l'effetto di sterilizzazione, permettendone una lunga conservazione e quindi fornendo la possibilità di immagazzinamento per lunghi periodi di tempo, ed estendendo il periodo di conservazione (*shelf life*). Gli effetti delle radiazioni ionizzanti sono, in dipendenza dell'alimento e della dose di radiazione impiegata:

- Decontaminazione da microrganismi patogeni e non, che possono causare tossinfezioni alimentari (tecnica utilizzata per spezie, erbe e vegetali di stagione);
- Disinfestazione da insetti e parassiti vari, tipo scarafaggi, falene ed altri;
- Ritardo della germogliazione e della maturazione (tecnica utilizzata per patate, cipolle, prodotti ortofrutticoli).

L'irradiazione non rende gli alimenti radioattivi; è opportuno infatti distinguere gli alimenti irradiati e quelli radioattivi. I primi sono esposti volontariamente dall'uomo alle radiazioni, per bloccarne la germogliazione o distruggerne gli infestanti, e le radiazioni cessano istantaneamente il loro effetto nello stesso momento in cui s'interrompe la sorgente che le produce. I secondi sono stati oggetto di esposizione incontrollata, non voluta dall'uomo e potenzialmente pericolosa per la salute. Tuttavia, occorre notare che le radiazioni ionizzanti, avendo la potenzialità di rompere la struttura molecolare della sostanza organica, possono formare radicali liberi, che, reagendo con il cibo, formando nuove sostanze chimiche, chiamate "prodotti radiolitici", caratteristici dei cibi irradiati.

Questa tecnologia costituisce una valida alternativa ai processi di decontaminazione tradizionali attualmente utilizzati, in particolare consente una riduzione dell'uso di prodotti chimici potenzialmente pericolosi per la salute dell'uomo e per l'ambiente (fumigazione chimica). Inoltre, non viene modificata la consistenza dei prodotti come accadrebbe se essi venissero trattati con fonti di calore.

Oltre a quanto già detto, le tecniche di irradiazione sono correntemente utilizzate per ottenere la selezione genetica su un'ampia gamma di piante: con le radiazioni è possibile ottenere mutagenesi di piante irradiando direttamente il seme con dosi dell'ordine anche del centinaio di gray [15].

L'uso delle radiazioni ha permesso lo studio e lo sviluppo di nuove tecniche antiparassitarie e di fertilizzazione che sono oggi estesamente impiegate in agricoltura e nella prevenzione sanitaria. Ad esempio, la liberazione di insetti precedentemente sterilizzati con le radiazioni (tecnica dell'insetto sterile) consente ad esempio un efficace controllo delle mosche e di altri parassiti, minimizzando contemporaneamente l'uso - e l'impatto ambientale - di antiparassitari e insetticidi chimici.

## **5. ARTE, ARCHEOLOGIA, GEOLOGIA, AMBIENTE**

Le applicazioni di tecniche analitiche che utilizzano radiazioni ionizzanti nello studio e nella caratterizzazione dei beni culturali sono molto diffuse: anche in questo caso, le grandi potenzialità delle radiazioni ionizzanti unite alla non distruttività e non invasività delle analisi consentono di avere informazioni molto dettagliate sulle opere analizzate, sulla loro elaborazione, la loro evoluzione e/o la loro degradazione nel tempo, senza distruggerle [16].

Ad esempio, nel settore della pittura le tecniche radiografiche sono preziosi alleati per avere informazioni sul supporto, sull'imprimatura, sulla valutazione del disegno preparatorio, del colore e dei pennelli impiegati, svelando ripensamenti dell'artista o scoprendo clamorosi falsi. Inoltre, tramite la fluorescenza X si possono determinare gli elementi presenti in un materiale, e studiare ad esempio la composizione dei pigmenti utilizzati: questa tecnica permette di stabilire, per esempio, se un quadro è

un falso o no, basandosi appunto sugli elementi costituenti i vari colori utilizzati, elementi che variano a seconda dell'epoca della pittura.

Le applicazioni di queste tecniche allo studio di beni artistici e culturali sono innumerevoli: solo a titolo di esempio citiamo lo studio di fotografie storiche, affreschi, sculture, antichi manoscritti, icone, oggetti d'oro, monete, ecc. [17]

Qualsiasi tipologia di materiale può essere analizzato, tra cui:

- Pietre, gemme, ceramiche, terrecotte, smalti, vetri;
- Legno, carta, tessuti, ossa, avorio;
- Metalli, gioielli;
- Strati di pittura, tele, pigmenti, inchiostri, oli, leganti, vernici, colle, ecc.

Anche nell'archeologia e nella paleobiologia le radiazioni ionizzanti sono alla base importanti tecniche di analisi. Le analisi radiografiche sono estensivamente impiegate per studiare mummie, tessuti organici, ed altri oggetti [18]. Inoltre, com'è noto, l'età di un reperto di origine organica (vegetale o animale) può essere facilmente determinata misurando il suo contenuto in carbonio-14. Infine, per studiare materiali inorganici è possibile utilizzare altre tecniche di datazione basate sull'analisi di altri radioisotopi naturali.

Molte delle opere d'arte e degli oggetti ad elevato interesse culturale sono costituite da materiali organici, il che significa che sono sottoposte ad un costante processo di degradazione da agenti fisici, chimici, microbici o da insetti. In questo caso, l'uso delle radiazioni ionizzanti può aiutare a preservare e conservare queste opere nello stato in cui sono stati trovati, ad esempio tramite la loro impregnazione con resine che emettono radiazioni gamma.

La geologia e la prospezione mineraria sono due settori nei quali le radiazioni ionizzanti trovano applicazioni di notevole interesse. La presenza di radioisotopi a vita lunga nei minerali consente di datare con buona approssimazione le formazioni geologiche, ricavando informazioni preziose per la ricerca di minerali.

La stratigrafia per attivazione neutronica è invece una tecnica molto utilizzata nell'industria petrolifera e del carbone per determinare la composizione degli strati geologici attraversati da una perforazione di sondaggio. Facendo scorrere lungo la perforazione una sorgente di neutroni e misurando successivamente la "risposta" dei materiali irradiati si ricavano infatti informazioni molto dettagliate sulla composizione degli strati attraversati [19].

L'uso dei traccianti consente inoltre di studiare la mappatura delle falde acquifere e delle risorse idriche sotterranee, di analizzare e misurare l'accumulo dei sedimenti sul fondo marino, di seguire il corso delle correnti oceaniche e atmosferiche e di misurare il tasso di accumulo dei ghiacci nelle calotte polari.

Infine, l'uso dei traccianti radioattivi o di radionuclidi naturali o artificiali già presenti nell'ambiente [20] consente di monitorare la dispersione e la diffusione degli inquinanti.

Passando alle tecnologie di trattamento impiegate nel settore ambientale, le radiazioni ionizzanti trovano impiego nella sterilizzazione dei fanghi di risulta degli impianti di depurazione, nel trattamento degli inquinanti e nel riciclo.

Particolare attenzione viene posta alla possibilità di utilizzare gli *e-beam* (fasci elettronici) per la depurazione delle acque, come metodo sostitutivo o integrativo alle convenzionali tecniche, nei processi di ossidazione avanzata, per eliminare, ad esempio, la contaminazione di falde con pesticidi o inquinanti di varia natura. Le industrie che per il loro normale funzionamento necessitano di grandi quantitativi di acqua (es. cartarie, tessili e conciarie) beneficerebbero dell'introduzione di tali tecnologie, rendendo altresì possibile il riutilizzo di acque di scarico che altrimenti andrebbero smaltite come rifiuti pericolosi, in quanto spesso altamente tossiche per l'uomo e l'ambiente.

Questi processi di ossidazione avanzata utilizzano una combinazione di ossidanti, quali le radiazioni ultraviolette, i catalizzatori, l'elettricità, gli ultrasuoni e gli *e-beam* per generare radicali idrossilici (radiolisi dell'acqua). Infatti l'acqua, quando viene colpita dalla radiazione, si decompone in molecole elettrizzate e ionizzate, che a loro volta producono svariate specie reattive e prodotti molecolari ( $\text{OH}\cdot$ ,  $\text{H}\cdot$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $e_{\text{aq}}^-$ ), che danno luogo a tutta una serie di reazioni, spesso molto complesse, che possono anche avere effetti sugli organismi viventi presenti in acqua, con intensità e modalità diversa a seconda della dose di radiazione, arrivando anche alla distruzione degli organismi stessi.

## 6. ALTRE APPLICAZIONI

Le radiazioni ionizzanti trovano un altro campo di impiego significativo in alcune applicazioni relative alla sicurezza. Queste tecnologie impiegano, oltre ai raggi X standard, tomografie con raggi X, radiografie gamma, ed anche svariate tecnologie basate sui neutroni [21].

Molto diffuso è ad esempio il controllo del contenuto dei bagagli tramite tecniche radiografiche: l'ispezione non intrusiva di oggetti di tutte le dimensioni, dai bagagli alle borse ai pacchi postali è diventata una componente importante della sicurezza dei voli e dei controlli ai confini, dogane, ecc.

Altre applicazioni consentono di individuare materiali esplosivi durante le operazioni di sminamento, materiali pericolosi quali agenti chimici, materiali nucleari, merce di contrabbando, droghe [22], ecc.

Inoltre, le tecniche analitiche già citate sono state proficuamente utilizzate anche nella medicina legale.

Un'altra applicazione molto diffusa soprattutto all'estero è rappresentata dai rivelatori di fumo degli impianti antincendio a camera di ionizzazione, basati sull'impiego di emettitori alfa.

Citiamo infine, più a titolo di curiosità che altro, due applicazioni, oggi non più attuali, che però venivano ancora utilizzate in un passato non troppo lontano:

- L'impiego di polvere di torio nelle reticelle di fornelli a gas, utilizzati per l'illuminazione d'emergenza nelle lampade da campeggio, al fine di migliorarne le caratteristiche di illuminazione;
- L'uso di trizio nei quadranti degli orologi, bussole, ed altri oggetti, al fine di renderli fosforescenti.

## 7. CONCLUSIONI

Le radiazioni ionizzanti sono oggigiorno impiegate in svariatissimi settori della vita moderna, medici, scientifici, ma anche industriali, artistici, ambientali, ecc. Il numero di queste applicazioni è in costante aumento: la sempre maggiore diffusione di queste applicazioni anche in ambienti diversi da quelli scientifici o medici, tradizionalmente più controllati e preparati in merito, rende necessaria una sempre più diffusa e capillare formazione ed informazione sulle radiazioni ionizzanti, sia in merito alle grandi potenzialità che esse offrono, ma anche ai rischi che presentano.

### Ringraziamenti

Si ringrazia Omar Nicolini per l'aiuto e il sostegno dati.

## 8. BIBLIOGRAFIA

---

1. Vedi ad esempio il sito internet dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare: <http://www.infn.it/indexit.php>.
2. a) "Application of ionizing radiation", Progress report, 2005-2007, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, sito internet: [http://www.ipen.br/conteudo/upload/201002021819200.3\\_ionizing\\_radiations.pdf](http://www.ipen.br/conteudo/upload/201002021819200.3_ionizing_radiations.pdf);  
b) "No. 3 in the series: What Can Radioisotopes Do for Man? The Application of Radiation Technology in Industrial Processes Current and Future Perspectives" by Joseph Silverman, Laboratory for Radiation and Polymer Science, University of Maryland, USA; sito internet: <http://www.iaea.org/Publications/Magazines/Bulletin/Bull171/17105391522.pdf>.
3. D. A. Skoog, J. J. Leary, "Chimica Analitica Strumentale", EdiSES, Napoli, 1995, Cap. 17: Metodi radiochimici.
4. IRRMA-V, "5th International topical meeting on industrial radiation and radioisotope measurement application", Bologna, Italy, 9-14 giugno 2002, [www.irrma.unibo.it](http://www.irrma.unibo.it), Editrice Compositori, Abstracts book: D. L. Perry, G. A. English, R. B. Firestone, K. Leung, G. Garabedian, G. L. Molnar e Z. Ravay,



- 
- “The use of prompt gamma activation analysis (PGAA) for the analyses and characterization of materials”, pag. 66.
5. a) S. A. Tjugum e G. A. Johanse, “A compact low-energy multibeam gamma-ray densitometer for pipe-flow measurements”, rif. 4, pag. 108; b) J. Thyn, “Radiotracer applications for the analysis of complex flow structure in industrial apparatuses”, pag. 135.
  6. B. D. Sowerby, C. S. Lim e J. R. Tickner, “Review of radioisotope techniques for on-line determination for ash in coal”, rif. 4, pag. 118.
  7. A. Marucco, “Low-energy ED\_XRF spectrometry applications in gold assaying”, rif. 4 pag. 131.
  8. W. L. Dunn, “A radio-optic method for measuring relative motion”, rif. 4 pag. 117.
  9. D. Braz, R. T. Lopes a L. M. G. Motta, “Research on fatigue cracking growth parameters in asphaltic mixture using computed tomography”, rif. 4 pag. 273.
  10. Food and Agriculture Inspection, sito internet:  
<http://www.dalsa.com/ls/applications/foodagriculture.aspx>.
  11. H. Kraggerud, J. P. Wold; M. Høy, R. K. Abrahamsen, “X-ray images for the control of eye formation in cheese”, Int. J. of Dairy Technology, vol. 62, n. 2, 2009, pp. 147-153(7), Blackwell Publishing, sito internet:  
<http://www.ingentaconnect.com/content/bsc/idt/2009/00000062/00000002/art00002#expand/collapse>.
  12. N. Jørgensen, J. Laursen, P. E. Holm, A. Viksna e N. Pind, “EDXRF multi-elemental mapping of heavy metal containing pesticide residue on former horticultural soil”, rif. 4 pag. 351.
  13. a) S. Moreira, A. E. S. Vives, E. F. O. De Jesus, “Characterization of beers by synchrotron radiation total reflection X-ray fluorescence analysis”, rif. 4, pag. 150; b) M. L. Mangala, M. D. Wamwangi, I. V. S. Rathore, S. K. Katia, “Characterization of honey, pollen and bee tissues samples for trace elements content”, pag. 353; c) A. C. M. Costa, M. J. Anjos, R. T. Lopes, S. Moreira e E. F. O. de Jesus, “Multielementar analysis of minerale water using SRTXRF”, pag. 359; d) A. E. S. Vives, S. M. Simabuco, V. F. Nascimento Filho, “Determination of metals in coffee by total refraction X-ray fluorescence analysis”, pag. 371.
  14. a) <http://www.elettrotecnologie.enea.it>; b) <http://www.eufic.org/article/it/tecnologia-alimentare/trattamento-cibi/artid/irradiazione-alimenti>; c) [http://ec.europa.eu/food/food/biosafety/irradiation/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/food/food/biosafety/irradiation/index_en.htm); d) [http://en.wikipedia.org/wiki/Food\\_irradiation](http://en.wikipedia.org/wiki/Food_irradiation).
  15. R. C. Martin C. M. Simmons e X. Li, “Genetic mutation of seeds induced by fast neutron irradiation”, rif. 4 pag. 15.
  16. J. L. Boutaine, “Techniques of examination, characterization and analysis based on ionizing radiation applied to cultural heritage artefacts”, rif. 4 pag. 89; b) M. Milazzo, “X- ray fluorescence applications to archaeometry. Possibility of obtaining non-destructive quantitative analysis”, rif. 4 pag. 92.
  17. a) S. Bruni, G. Maino, G. Martignani e L. Pilotti, “Microanalysis and elemental composition of historical photographs”, rif. 4 pag. 84; b) T. Čechák, J. Gerndt, I. Kopecká, L. Musílek, “X-ray fluorescence in research on Czech cultural

- 
- monuments”, pag. 85; c) A. S. Serebrjakov, E. A. Fedkov, E. L. Demchenko, V. I. Koudrjashov, A. D. Sokolov, “X-ray fluorescent for investigation of artworks”, pag. 86; d) K. Janssens, K. Proost, E. Bulska, H. Ortner, M. Schreiner, G. Falkenberg, “Speciation and microanalysis of environmental and artistic materials by means of micro-XRF and micro-XANES”, pag. 121.
18. M. Rossi, F. Casali, D. Romani, L. Bondioli, R. Macchiarelli e L. Rook, “Micro CT-scan in paleobiology”: application to the study of dental tissues”, rif. 4 pag. 83.
  19. M. Borsaru, M. Berry, M. Biggs e A. Rojc, “In-situ determination of sulphur in coal seams and overburden rock by PGNA”, rif. 4 pag. 67.
  20. R. J. de Meijer, J. Limburg e R. L. Koomans, “Naturally radionuclides for monitoring waste dispersal on land or on the sea floor”, rif. 4 pag. 109.
  21. T. Gozani, “The role of neutron based inspection techniques in the post 9/11/01 era”, rif. 4 pag. 24.
  22. a) M. Cinausero, E. Fioretto, G. Prete, M. Barbui, G. Viesti, M. Lunardon, G. Nebbia, S. Pesente, “Development of a thermal neutron based sensor for explosive search”, rif. 4 pag. 23; b) B. Király, T. Sanami, R. Dóczy e J. Csikai, “Detection of explosives and illicit drugs using neutrons”, pag. 24; c) E. Fioretto, M. Barbui, M. Cinausero, G. Prete, G. Viesti, M. Lunardon, G. Nebbia, S. Pesente and S. Giangrandi, “Neutron back-scattering sensor for the detection of land mines”, pag. 25; d) G. Vourvopoulos, P. C. Womble, J. Paschal, I. Novikov and A. Barzilov, “The use of pulsed neutrons for the detection of explosives and illicit drugs”, pag. 27.



## **LA RADIOPROTEZIONE NELLE STRUTTURE SANITARIE**

**Mario Marengo**

Azienda Ospedaliero Universitaria di Bologna, Policlinico S.Orsola – Malpigli

### **1. RADIOPROTEZIONE IN RADIOLOGIA**

#### **1.1 – SCHERMATURE**

Le tecniche di calcolo delle schermature in radiologia sono ben conosciute e documentate; una continua evoluzione permette di mantenere tali tecniche aggiornate, in modo da adeguarsi agli sviluppi delle apparecchiature, ai nuovi tipi di procedure ed anche all'evolversi dei concetti in dosimetria.

Le linee guida di riferimento a tale scopo sono contenute nei documenti del National Council on Radiation Protection (NCRP), in particolare nel Report NCRP 147 del 2005. La protezione degli operatori è determinata principalmente da una serie di fattori:

- L'emissione di radiazioni da parte della sorgente;
- La distanza fra la sorgente e la persona esposta;
- Il tempo che il lavoratore trascorre nel luogo di esposizione;
- Il tipo e caratteristiche dei materiali schermanti interposti.

Nel considerare le distanze, si deve tenere conto della effettiva possibilità di occupare una determinata posizione; quindi, per esempio, si considera che un operatore si trovi tipicamente ad almeno 30 cm rispetto ad una parete. L'intensità di dose viene stimata assumendo un decremento secondo la legge dell'inverso del quadrato della distanza. Il tempo di effettiva esposizione è dato dalla intersezione fra il tempo in cui l'operatore si trova nella di potenziale esposizione (di cui si tiene conto tramite il factor di occupazione T) ed il tempo in cui si erogazione di radiazioni da parte della sorgente (correlato al fattore di uso U ed al carico di lavoro). Il campo di radiazioni generato dalla sorgente non è poi solo limitato al fascio primario di radiazioni emesso, caratterizzato dalla tensione applicata al tubo radiogeno (in kV), dalla corrente al tubo (in mA) e dalla filtrazione del fascio (in mm Al); occorre tenere in considerazione anche le radiazioni diffuse, prodotte dal paziente e da tutte le strutture colpite da fascio primario, e la radiazione di fuga dal complesso tubo – guaina. Infine, per il calcolo delle schermature aggiuntive risulta necessario conoscere il carico di lavoro, indicato tipicamente come W, ovvero la corrente integrata al tubo radiogeno (espresso in mA min/settimana).

In passato si è frequentemente assunto, in una cautelativa schematizzazione, che il carico di lavoro potesse essere generalmente assunto pari a 1000 mA·min/settimana ad un singolo valore di tensione di 100 kV. Più recentemente, si tende a dare la necessaria considerazione alla distribuzione effettiva del carico di lavoro su diversi valori di tensione applicata al tubo radiogeno; infatti, una frazione molto importante delle indagini radiologiche è eseguita con tensioni inferiori ad 80 kV, mentre le indagini con tensione superiore a 100 kV (che sono comunque in numero significativo: per esempio le indagini del torace) comportano un prodotto corrente · tempo limitato. Tale distribuzione è molto importante nel calcolo delle schermature, perché il potere attenuante dei materiali varia esponenzialmente, crescendo di diversi ordini di grandezza al calare della tensione fra 100 e 60 kV, mentre cresce solo linearmente con il carico di lavoro.

Le rilevazioni statistiche effettuate sul carico di lavoro reale e sulla sua distribuzione hanno mostrato come il vecchio modo di procedere portasse ad una significativa sovrastima delle schermature e permettono attualmente una valutazione quantitativamente più accurata.

## 1.2 RADIOLOGIA INTERVENTIVA

Il ruolo delle pratiche angiografiche, di radiologia interventiva o le procedure terapeutica sotto guida radiologica si è significativamente accresciuto, grazie alla loro capacità di sostituire in diversi casi le procedure chirurgiche, riducendo il rischio operatorio per i pazienti e le necessità di ospedalizzazione. Come noto, le tecniche interventive sono svolte da Radiologi che uniscono alle capacità di interpretazione delle immagini, l'addestramento nella guida e posizionamento di cateteri (palloni, stent, agenti embolizzatori o altri dispositivi) nei vasi arteriosi o per altra via, al fine di eseguire in trattamento localizzato.

L'uso della guida fluoroscopica e di diverse esposizioni radiografiche comporta un significativo assorbimento di dose per i pazienti; tenuto conto della necessità per il personale di operare a fianco del paziente, si determina un rischio non trascurabile per i Radiologi ed il personale di assistenza. In particolare devono essere considerate con attenzione la dose equivalente alle mani ed al cristallino. Per quest'ultimo, la ICRP non ha modificato i limiti di dose nelle recenti Raccomandazioni del 2007; tuttavia, nuovi dati di radiosensibilità per il cristallino sono in corso di valutazione ed è possibile che in futuro vi siano dei cambiamenti. La ICRP pertanto raccomanda che si abbia particolare attenzione alle procedure di ottimizzazione in caso di esposizione degli occhi.

Il tipo di proiezioni impiegate, il tempo di fluoroscopia, le dimensioni del fascio, il numero di scatti radiografici, i dati operativi e la posizione rispetto al paziente sono i fattori determinanti in tale processo di ottimizzazione; il loro ruolo dovrebbe essere ben compreso dai Radiologi interventivi al fine di conseguire un effettivo contenimento della dose sia per i pazienti che per gli operatori.

Dal punto di vista dosimetrico, sono attualmente disponibili diversi modelli di dosimetri elettronici che permettono il controllo in tempo reale della esposizione, con un sufficiente grado di accuratezza; oltre alla visualizzazione del valore di dose questi consentono tipicamente anche la emissione di segnalazioni acustiche tali da richiamare l'attenzione degli operatori.

La tipologia dei Dispositivi di Protezione Individuali disponibili è ben nota: camici in gomma al piombo, come pure guanti e collari, ed occhiali schermati. Si può rilevare come la tendenza sia verso l'introduzione di materiali sempre più leggeri ed ergonomici. Tuttavia si deve ricordare che i DPI nel caso delle radiazioni ionizzanti sono necessari ma devono essere considerati come l'ultima risorsa in un processo che sia già stato per quanto possibile ottimizzato; è quindi importante che i fattori in precedenza citati vengano opportunamente studiati. Inoltre, pannelli schermanti in cristallo anti X e cortine in gomma al piombo permettono di attenuare le radiazioni diffuse; in particolare, sono stati introdotti teli sterili monouso in lega di metalli pesanti appositamente sagomati per favorire le differenti procedure che, adattandosi al campo di intervento, permettono un efficace controllo delle radiazioni diffuse abbattendo la dose trasmessa di oltre il 50 %.

## **2. RADIOPROTEZIONE IN RADIOTERAPIA**

### **2.1 TERAPIA CON FASCI ESTERNI**

Le tecniche di trattamento in Radioterapia con fasci esterni si sono evolute verso modalità sempre più accurate di rilascio della dose al volume bersaglio; di conseguenza, queste tecniche sono anche più sofisticate dal punto di vista dei requisiti tecnologici e presentano specifici aspetti di interesse radioprotezionistico.

La IMRT (Intensità Modulated Radiation Therapy) è una tecnica di radioterapia conformazionale tridimensionale, che permette una accurata copertura del volume bersaglio ed una migliore protezione dei tessuti sani circostanti, rispetto alle tecniche tradizionali. Ciò è reso possibile grazie all'impiego di un collimatore multilamellare (MLC), che permette di conformare il campo in modo differenziato ad ogni angolo di trattamento, congiuntamente alla modulazione dell'intensità ed sofisticati algoritmi di calcolo del piano di trattamento.

La IGRT (Image Guided Radiation Therapy) è un ulteriore sviluppo che, utilizzando un sistema di acquisizione immagini installato sul gantry di trattamento, permette di tracciare il posizionamento del bersaglio e di riposizionare il paziente in tempo reale. L'introduzione di tecniche di trattamento ad arco e di acceleratori dedicati per la IMRT/IGRT sono le più recenti innovazioni in questo campo.

Dal punto di vista della radioprotezione degli operatori, la realizzazione di bunker correttamente schermati e il cui accesso sia appropriatamente controllato, permette di garantire condizioni di lavoro sicure. La Norma CEI-IEC 61859 fornisce le indicazioni in merito alla progettazione delle sale di trattamento mentre la NCRP ha pubblicato in un recente Report N. 151 delle aggiornate linee guida per il calcolo delle schermature, che forniscono indicazioni per il calcolo delle schermature dei Linac utilizzati per la tecnica IMRT. In questo caso infatti, poiché vengono usati un alto numero di fasci conformati di piccole dimensioni a numerosi angoli di proiezione, il numero totale di Unità Monitor di un trattamento è più elevato rispetto alle tecniche tradizionali; il carico di lavoro totale, il fattore tempo e il fattore d'uso di ciascuna parete ne risentono di conseguenza.

Dal punto di vista della dosimetria, è interessante notare la recente disponibilità di dosimetri passivi del tipo “a bolle” per la misura della dose dovuta ai fotoneutroni che si possono produrre nel caso di acceleratori di energia più elevata ( $> 10$  MV). Questo dosimetri, di adeguata sensibilità e costo molto contenuto, permettono di caratterizzare agevolmente sia la dose che la distribuzione spettrale dei neutroni, fornendo una interessante alternativa attraverso le misure dosimetriche ambientali al monitoraggio individuale dei neutroni, che nel caso della radioterapia solitamente fornisce un ridotto contenuto di informazioni e non è economicamente competitivo.

Diversi casi speciali richiedono considerazioni a parte. Sono stati introdotti acceleratori di limitato megavoltaggio montati su braccio robotico e dedicati alla radiochirurgia in campo cerebrale (p.es Cyberknife). In questo caso il fascio radiante è molto piccolo e viene riposizionato in modo stereotassico dal braccio robotizzato. Il calcolo delle schermature si riconduce comunque al caso dei classici acceleratori lineari, tenendo conto di opportuni fattori correttivi che tengono conto dei gradi di libertà dell'apparecchiatura; anche nel caso di queste apparecchiature risulta necessario realizzare schermature consistenti, dell'ordine di 80 – 150 cm in calcestruzzo, in funzione del tipo di parete e della destinazione d'uso dei locali confinanti.

Piuttosto interessante è il caso degli acceleratori lineari per terapia intraoperatoria (IORT); si tratta in questo caso di Linac che vengono utilizzati per irraggiare con fasci di elettroni entro sale operatorie, in condizioni nelle quali gli organi da trattare, tramite una procedura chirurgica, possano essere esposti direttamente al fascio radiante, senza l'interposizione di tessuti sani sovrapposti. In tale situazione, le schermature da porre in atto dipendono in modo determinante dal carico di lavoro. L'adozione di schermature mobili, da posizionare solo all'atto dei trattamenti, permette nella grande maggioranza dei casi di controllare adeguatamente il livello di dose trasmessa e di svolgere le procedure in una normale sala operatoria, correttamente attrezzata dal punto di vista della asetticità delle procedure.

## 2.2 - BRACHITERAPIA

La maggior parte delle tecniche di brachiterapia si svolgono al giorno d'oggi utilizzando apparecchiature di caricamento automatizzato che permettono il posizionamento, per mezzo di speciali applicatori, entro le cavità del corpo umano o in aghi infissi in modo pianificato nel volume da trattare. Nel caso più frequente si impiegano sorgente di  $^{192}\text{Ir}$  di attività relativamente elevata (dell'ordine di 10 GBq), applicate per brevi intervalli di tempo (tecnica ad alto rateo di dose o HDR).

Anche in questo caso, i problemi di radioprotezione sono risolti essenzialmente in fase di progettazione, realizzando stanze di degenza – bunker opportunamente schermate (40 – 60 cm di calcestruzzo, in funzione della attività delle sorgenti, carico di lavoro e dimensioni della stanza) e dotate delle opportune sicurezze per garantire la sicurezza nei confronti dell'accesso non avvertito in condizioni di irraggiamento.

### 3. RADIOPROTEZIONE IN MEDICINA NUCLEARE

La Medicina Nucleare ha rappresentato una delle più consistenti evoluzioni nel recente passato, con la rapida crescita della PET in campo clinico, la diffusione dei ciclotroni per la produzione locale dei radionuclidi a breve tempo di dimezzamento, l'introduzione di sistemi multimodali PET-CT e SPECT-CT, di nuove molecole per la terapia con radionuclidi, la diffusione delle tecniche di chirurgia radioguidata.

#### 3.1 CICLOTRONI E RADIOFARMACIA

Il numero dei ciclotroni dedicato alla produzione di radionuclidi PET nel mondo è passato da poco più di 100 ad oltre 500 negli ultimi 8 anni. In Italia sono in operazione 36 ciclotroni per impiego biomedico. Il Report N. 144 della NCRP fornisce le indicazioni per il calcolo delle schermature ed i sistemi di sicurezza; diverse pubblicazioni della IAEA forniscono poi indicazioni in merito alla progettazione ed al layout dei siti. I ciclotroni installati negli Ospedali possono tipicamente accelerare ioni  $H^+$  ad energie 10 – 20 MeV ed opzionalmente ioni  $D^+$  ad energie 8 - 10 MeV. In molti casi, gli acceleratori sono autoschermati, in modo da ridurre i requisiti del bunker da realizzare fino a 40 – 60 cm di calcestruzzo, rispetto ai 180 – 220 cm dei ciclotroni “nudi”. I sistemi di sicurezza devono essere specificamente previsti in modo da eliminare il rischio di ingresso nel bunker in corso di irraggiamento o l'intrappolamento di un operatore nel bunker. L'operazione dei ciclotroni risulta quindi sicura; l'attenzione viene posta principalmente alla manutenzione delle apparecchiature, le cui componenti metalliche sono normalmente attivate in una certa misura e comportano quindi un rischio non trascurabile di irraggiamento per gli operatori addetti alla manutenzione preventiva e correttiva; per alcune particolari operazioni nelle quali si può avere la presenza di polveri metalliche attivate è da considerare con attenzione anche il rischio di inalazione e contaminazione interna.

Il materiale irraggiato è di norma in forma liquida o gassosa e viene trasferito al punto di utilizzo (celle schermate) per mezzo di un gas di trasporto e sottili tubazioni in materiale plastico (nel caso dei liquidi) o in acciaio (per i gas). Tali linee di trasporto devono essere a tenuta, al fine di eliminare il rischio di perdita di materiale e le conseguenti contaminazioni ed il controllo di tenuta dovrebbe essere una parte integrante dei controlli di radioprotezione.

Le celle schermate entro cui sono alloggiati i moduli di sintesi automatizzati hanno tipicamente spessori in piombo fra 5 ed 8 cm, controllo della ventilazione, filtri in espulsione e interblocco della apertura dei portelli in funzione della presenza di materiale radioattivo all'interno.

La dispensazione delle dosi unitarie di radiofarmaci per i pazienti è un passaggio critico del ciclo di lavoro: deve essere svolto in condizioni controllate in modo da evitare da un parte la contaminazione radioattiva che il prodotto può comportare per gli operatori e l'ambiente di lavoro, dall'altro evitare la contaminazione microbiologica del prodotto da parte degli operatori stessi e dell'ambiente. I requisiti di igienicità, qualità dell'aria, decontaminabilità delle superfici previsti dalle normative sui farmaci sono anche più stringenti di quelli di radioprotezione; le due normative hanno punti di conflitto solo nella gestione delle differenze di pressione



fra locale e locale. Una progettazione attenta e specifici accorgimenti permettono di raggiungere un compromesso accettabile fra i diverse requisiti.

La dispensazione dei radiofarmaci è anche una delle operazioni che comporta una significativa esposizione alle radiazioni, quanto meno alle mani degli operatori; sono stati introdotti sistemi automatizzati per la dispensazione in flaconi ed il riempimento delle siringhe, che permettono un significativo contenimento delle dosi. Particolare attenzione deve comunque essere dedicata alla dosimetria delle estremità che deve essere effettuata con dosimetri sensibili anche alle particelle beta e opportunamente calibrati.

Analogamente per quanto riguarda la somministrazione dei radiofarmaci, l'attività PET ha portato alla recente introduzione di iniettori automatici che dovrebbero consentire anche in questo caso una migliore radioprotezione dei Medici Nucleare e degli infermieri; al momento attuale mancano ancora risultati sulla efficienza di tale tipo di apparecchi.

### **3.2 TOMOGRAFI MULTIMODALI**

I tomografi PET-CT e SPECT-CT hanno radicalmente cambiato la diagnostica medico nucleare. Dal punto di vista della radioprotezione, le modalità di installazione e di calcolo delle schermature per ciascuna modalità presa separatamente sono ben note, ma gli apparecchi ibridi hanno creato almeno inizialmente alcuni problemi e richiesto una opportuna miscela di competenze. L'utile Report 108 della American Association of Physicists in Medicine (AAPM) ha chiarito la situazione e raccolto in un unico documento di riferimento tutti i dati necessari per una corretta installazione.

E' comunque importante comprendere che nel caso delle apparecchiature di Medicina Nucleare la sorgente di radiazioni non è solo l'apparecchiatura, ma principalmente il paziente. In una struttura PET-CT si avranno 2 – 3 pazienti iniettati per tomografo nei locali di somministrazione attesa; ogni paziente rappresenta una emissione di almeno 30  $\mu\text{Sv/h}$  a 100 cm; questi locali nella progettazione delle schermature richiedono più attenzione rispetto a quelli dei tomografi ed il flusso dei pazienti entro il reparto deve essere opportunamente pianificato.

### **3.3 VENTILAZIONE NEI LOCALI DI MEDICINA NUCLEARE**

L'insieme degli aspetti illustrati nei paragrafi precedenti fa capire come una adeguata progettazione della ventilazione nei locali di Medicina Nucleare sia importante sia per la radioprotezione che per gli aspetti igienici. Una discussione estesa di tali aspetti supera i limiti di questo lavoro; si rimanda per un primo approfondimento alla bibliografia.

## **4. CONCLUSIONI**

La radioprotezione nelle strutture sanitarie ha raggiunto ottimi livelli di standardizzazione, garantendo una efficace protezione degli operatori. La continua evoluzione delle apparecchiature e delle metodologie nel settore richiede comunque

continua attenzione, lo sviluppo di adeguate risposte e di tecniche dosimetriche e operative. Ciò richiede sia il continuo progresso nella ricerca in radioprotezione, sia la presenza e l'attenzione di personale di Fisica Sanitaria che sviluppi, coerentemente con i principi generali e con le indicazioni normative, l'ottimizzazione delle pratiche.

La formazione di base di tutte le figure professionali e l'addestramento sul campo rimangono una componente fondamentale del lavoro in sicurezza in presenza di agenti rischiosi come le radiazioni ionizzanti. I corsi previsti dalla normativa nella formazione universitaria di tutte le professioni sanitarie rivestono da tale punto di vista un ruolo di estrema importanza: tali corsi dovrebbero essere mantenuti, potenziati ed adattati alle peculiari necessità di ciascuna figura professionale. Analogamente, la formazione in materia di radioprotezione dovrebbe essere potenziata nell'ambito delle Scuole di Specialità dell'area radiologica.

Infine, un adeguato inserimento nel posto di lavoro, richiami specifici sulle apparecchiature, le modalità operative e le problematiche di ciascun reparto, dovrebbero essere considerati non come una tediosa routine ma come un utile e necessario momento di formazione sul campo, di discussione dell'esistente e di condivisione di una cultura della sicurezza.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- ICRP. "Radiological Protection of the Worker in Medicine and Dentistry". ICRP Publication 57, ISBN-13: 978-0-08-040769-2, ISBN-10: 0-08-040769-2, 1990 Pergamon Press, New York.
- ICRP. "Avoidance of Radiation Injuries from Medical Interventional Procedures". ICRP Publication 85. Ann ICRP. 2000; 30(2).
- ICRP. "The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection". Publication 103. Ann ICRP. 2007;37(2-4).
- [7] ICRP. Radiological Protection in Medicine. Publication 105. Ann ICRP. 2008; 37(6).
- Trevisiol E., Rampado O., Izzo A., Ropolo R. : "Utilizzo di teli schermanti monouso per la riduzione della dose all'operatore in emodinamica ed elettrofisiologia". Atti Convegno nazionale AIRP, Frascati, 2009.
- NCRP Report No. 147. "Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities". Bethesda, 2004, ISBN 0-929600-83-5
- IEC. "Guidelines for radiotherapy treatment rooms design". CEI-IEC 61859: 1997, Geneva.

- NCRP Report No. 151. "Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X- and Gamma-Ray Radiotherapy Facilities". Bethesda, 2005, ISBN-13: 978-0-929600-87-1
- NCRP Report No. 144. "Radiation protection for particle accelerator facilities". Bethesda, 2005, ISBN: 0-929600-77-0
- IAEA. "Cyclotron produced radionuclides: guidelines for setting up a facility". Technical Report Series No. 471, IAEA, Vienna, 2009, ISBN 978-92-0-103109-9.
- IAEA. "Planning a clinical pet centre". Human Health Series No. 11, IAEA, Vienna, 2010, ISBN 978-92-0-104610-9.
- Madsen M.T., Anderson J.A., Halama J.R., Kleck J., Simpkin D.J., Votaw J.R., Wendt R.E., Williams L.E., Yester M.V., AAPM Task Group 108. "PET and PET/CT Shielding Requirements". Med. Phys. 33 (1), 2006
- Marengo M. "Radiation protection in Nuclear Medicine". Keynote Lecture, Atti IRAP 12, Buenos Aires, 2008.

**LIVELLI DI RIFERIMENTO, STRUMENTI DI CAUTELA E DI GARANZIA  
PER LA CONCRETA ATTUAZIONE DELLA PREVENZIONE.  
STATO D'ATTUAZIONE SECONDO LE LINEE DEL PRINCIPIO DI  
OTTIMIZZAZIONE**

**Rosella Misuraca<sup>(1)</sup>, Giulio Ciarrocca<sup>(2)</sup>**

(1) ASL 4 -Terni

(2) Pegaso Prevenzione Ambiente - Velletri (Roma)

## **1. INTRODUZIONE**

L'ottimizzazione costituisce la valutazione dei benefici conseguenti all'applicazione degli interventi di prevenzione nelle manifestazioni strutturali organizzative anche adottando l'evoluzione tecnologica in modo da stabilire un rapporto costi – benefici vantaggioso. Il modello attuativo dell'ottimizzazione enunciato con l'art. 2 del D.Lgs.230/95 che deriva dalle Direttive EURATOM 96/29 e 97/43 le quali a loro volta provengono dalle Raccomandazioni ICRP 26 e 60 del 1990 , introduce un approccio alle situazioni di esposizione di tipo progettuale , assegnando sempre più rilevanza al programma delle misure e degli interventi rispetto alla attività di vigilanza (sorveglianza) o emergenza (intervento eccezionale) caratteristico del DPR 185/64 . Questo modello in un così vasto arco di tempo si è esteso a tutti i rischi di qualsiasi settore produttivo. L'ottimizzazione si è affermato metodo obbligatorio conseguente alla definizione di effetto stocastico cioè della natura continua del rapporto dose – danno.

Tuttavia dopo 15 anni , ancora oggi , proprio nel settore della prevenzione contro i rischi radiogeni, oggetto di normative anticipatrici e innovative, si riscontrano articoli di legge contraddittori e/o enigmatici che anziché superare rigide compartimentazioni di funzioni e di ruoli professionali hanno escluso soggetti cardine della prevenzione dal dibattito costruttivo, accentuando di conseguenza l'attività contravvenzionale , burocratica e della magistratura, che non è preposta alla ottimizzazione, ma solo alla repressione.

Ciò ha portato alla inapplicazione, nel caso delle RI, di principi fondamentali del D.Lgs. 626/94 quali quelli del pluralismo delle figure coinvolte nella prevenzione e della loro interazione nel concepimento del D.V.R.. Il ruolo dell'E.Q., già previsto dall'art.11 nell'ambito della riunione periodica, continua con il D.Lgs. 81/2008 preliminarmente ad escludere le altre figure cardine della prevenzione, il RSL, il responsabile del S.P.P. e il Medico incaricato della Sorveglianza, ormai ampiamente formati e qualificati ad interagire dinamicamente anche nel campo della prevenzione dei rischi da R I nelle fasi di analisi, valutazione e proposte.

## 2. EVOLUZIONE DEI LIVELLI DI RIFERIMENTO

### 2.1 ELEMENTI STORICI

In generale l'idea di porre traguardi intermedi e di indicare in modo relativo punti di riferimento è patrimonio di quasi tutti i campi di applicazione tecnologica e scientifica, basta pensare ai riferimenti del peso e delle altezze degli individui in rapporto alla definizione di stato standard o alle diverse ampiezze degli intervalli dei parametri di molte grandezze analitiche sia in Chimica sia in Biologia in rapporto a condizioni di stato fisiologico, per non parlare della diffusione del metodo dei riferimenti in Fisica ed in Ingegneria in rapporto a punti di rottura e situazioni anomale (modulo di Young, torsione di Coulomb ecc). Questi nel loro complesso rappresentano esempi storici di livelli a cui è stato associato un coefficiente di sicurezza aggiunto utile per processi decisionali e garantisti.

Crearsi dei riferimenti è parte del percorso di misura ed è una necessità nella trasformazione dalle idee empiriche come grande - piccolo in idee come quanto grande - quanto piccolo. La sicurezza sul Lavoro e la prevenzione dai Rischi sono lussi che l'umanità si è potuta permettere in tempi molto recenti come conquiste nella lotta ai diritti alla salute ed a condizioni dignitose di vita e di lavoro queste discipline non trovano radici nel desiderio di conoscenza per conseguenza l'approccio ad esse è stato giuridico e piuttosto empirico : importava stabilire dei valori proibiti sanzionabili e definire il legale e l'illegittimo: Solo l'evidenza di processi di somma nelle malattie professionali sull'individuo e di effetti genetici su gruppi di popolazioni hanno sviluppato metodi analitici e sanitari propri della scienza.

La medicina in generale e la medicina del Lavoro in particolare , in passato orientate a diagnosticare nella fase più precoce possibile l'instaurarsi di una patologia, successivamente si sono rivolte ad indagare effetti o alterazioni svelabili solo con mezzi di laboratorio su campioni biologici e strumentali su campioni ambientali; cioè a ricercare alterazioni dei parametri quando appena sono significativamente presenti nonché le situazioni connesse che l'influenzano. Superato il rapporto causa - effetto, la ricerca si è rivolta a individuare segni minimi di scostamento dello stato di salute: il monitoraggio biologico e quello ambientale sono divenuti una sistematica raccolta di dati rivolta a prendere tempestive e immediate decisioni nei diversi ambiti (uomo e ambiente ), costituendosi così una " rilevazione continua di variabili nel tempo" per la misura e valutazione dell'esposizione.

Allora l'uso dei valori limite e di quelli di riferimento fa parte di un processo complesso dove all'indagine ambientale (monitoraggio ambientale) segue l'esame longitudinale dello stato di salute dei lavoratori ( sorveglianza sanitaria). L'esistenza di livelli di riferimento è indispensabile per l'esecuzione di un corretto monitoraggio sia biologico che ambientale e per la pianificazione della sorveglianza sanitaria. I valori rilevati per essere utili a decidere una strategia di intervento vanno confrontati nel tempo e con situazioni simili tenendo conto delle condizioni dell'esposizione, di fattori extraprofessionali concomitanti, di condizioni socio economiche.

## 2.2 ANALISI DIMENSIONALE

La scelta dei traguardi ha natura arbitraria ed intuitiva ma deve corrispondere ad un sistema di criteri razionali e misurabili. Come nella scelta del processo di conta si determina la sequenza ..uno, due, tre ..o ..due, quattro, sei ..ed anche .. tre, sei, nove , così nella scelta della dimensione dei traguardi si determina il criterio della metà, del terzo o del quarto . La motivazione iniziale è certamente la semplicità : la numerazione dei romani non era più semplice della decimale e la numerazione binaria è troppo lenta per le dimensioni temporali umane, quindi senza apparenti motivi teorici l'uso del decimale ha conquistato la pratica anche nel sistema inglese meno uniforme. Processi simili si verificano nel pratico utilizzo delle lingue le lingue uniformi sono più facili , la fonetica sillabica è più sicura , la fonetica complessa richiede livelli evolutivi forse inutili .

Appare quasi elementare che la scelta – sicuramente arbitraria - dei traguardi di riferimento sia connessa a ragionamenti operativo e a valutazioni statistiche .

I riferimenti dei livelli sono in buona sostanza dei punti di allarme, degli avvisi per prevenire eventi non desiderati, quindi errori . Utilizzare gli elementi conosciuti della teoria degli errori è certamente compatibile . Si ripete: teorizzare troppo sulla scelta della dimensione dei livelli di riferimento è trasformare un processo di prevenzione in un processo logico che non interessa e non sviluppa vantaggi . Le conoscenze della teoria degli errori vanno utilizzate come ausili nelle scelte delle dimensioni dei livelli di riferimento non come fondamenti teorici di sostegno .

Come individuare la dimensione dei livelli di Riferimento !?

Esaminiamo alcune fonti in letteratura.

La pubblicazione ICRP 12 del 1968 introduce il Livello di 3/10 come fattore decisionale per l'adozione della dosimetria individuale. La CGIH utilizza il Livello di 1/10 come fattore decisionale per la registrazione dei dati misurati ripreso in seguito nella Norma UNI-N 689 del 1997.

Nella guida Tecnica 16 del CNEN 1980 si individuano tre azioni su Livelli di Riferimento :

Registrazione (Azione di scrittura e conservazione)

Indagine (Azione di studio ed individuazione di cause)

Intervento (Azione di esecuzione di lavori strutturali)

Concludiamo questo paragrafo sostenendo che la scelta molto nota di :

-1/10 del LMA per la non registrazione del dato misurato

-1/6 del LMA per l'obbligo di indagine verbalizzata su dato misurato

-1/3 del LMA per l'obbligo di intervento verbalizzato su dato misurato

Costituisce risposta ragionevole al problema.

### 2.3 RICHIAMI NORMATIVI

Il comma 2 dell'art 28 del D.Lgs. 81/08 elenca i contenuti del Documento di Valutazione dei Rischi (DVR) ed al punto a) stabilisce che vengano specificati i criteri adottati per la valutazione, quindi "le regole che consentano di distinguere tra vero e falso ed i principi per giudicare se si è agito bene". Questo era già contenuto nel D.Lgs. 626/94 in identica formulazione.

Il D.Lgs. 106/09 all'art. 18 modifica il citato art. 28 introducendo la possibilità di utilizzo di supporti informatici e di modalità di redazione del DVR preorganizzati ed adattati alla specifica azienda, con l'obbligo di attestare la data del documento .

L'elemento fondamentale è che la data acquista la qualifica di certezza (data certa) quando è sottoscritta dal DDL, dal RSPP, dal RSL, e dal Medico competente ove nominato.

Ai fini della presente pubblicazione con la redazione del DVR delle RI (Relazione di Radioprotezione Artt. 61, 79, 80, D.Lgs. 230/95) che in base al D.Lgs. 241/2000 deve essere sottoscritta dal solo E. Q. e controfirmata dal DDL.

Lo stesso D.Lgs. 106/09 sempre all'art. 18 modifica anche il comma 2 dell'art. 28 del D.Lgs.81/08 in particolare la disposizione del punto a) su due punti :

- Assegna al solo DDL il potere di definire i criteri di redazione del DVR.
- Impone che vi provveda con modalità di brevità, semplicità, e comprensibilità.

Le azioni del DDL devono essere finalizzate a garantire la completezza e l'idoneità del DVR quale strumento operativo di pianificazione degli interventi aziendali e prevenzione.

Come si concilia questa volontà del Legislatore con la disposizione dell'art. 61 del D.Lgs.230/95 che invece stabilisce che il DDL non deve redigere il DVR delle RI ma lo deve acquisire da un unico soggetto iscritto in uno specifico elenco ??

L'espressione "Criteri" non appare tra le definizioni delle norme in specie.

In fase di applicazione del D.Lgs. 626/94 i criteri stabiliti dal redattore del DVR erano generici ed approssimativi come basso, medio, moderato alto o come fattore di probabilità e di intensità di danno (matrice del rischio). Nel D.Lgs. 81/08 la nozione di "Criterio" si amplia e viene estesa a tutti i rischi anche di nulla entità. Il metodo dei calcoli indice introdotto da norme su rischi specifici (movimentazione manuale di carichi, rischio chimico, rischio biologico, stress) sviluppa strumenti di calcolo molto precisi configurando delle bande di valori in rapporto alla entità del rischio costruiti sulla base della raccolta di dati dal sistema e di misure.

Questi hanno definito intervalli (range) di esposizione a rischio che già di per se costituiscono il presupposto ai livelli decisionali o di intervento da noi indicati, in questa sede come LDR. In sintesi, se fosse definito il "criterio" attraverso parametri numerici per ciascun fattore di rischio si potrebbe utilizzare in modo generalizzato ed appropriato i VdR.

Il D.Lgs. 106/09, manifesta in più punti la finalità che "il dettato di Legge" non va assolto in via formale, poi demanda l'attività sanzionatoria dell'organo di vigilanza al momento di verifica delle carenze e all'insorgenza di danni come indicatori della inadeguatezza della valutazione e dei provvedimenti adottati. L'OdV non ha alcun potere ,ed è logico, di entrare nel merito della idoneità e validità della valutazione,

anche se ciò è oggetto tuttora di dibattito. La Legge indica l'utilizzo di Linee Guida approvate dalla Conferenza Stato – Regioni. Stime indicative, semi-indicative, guide tecniche modelli, e buone prassi adottati volontariamente dal DDL sono il punto di partenza nella scelta dei criteri..

Il metodo di costruzione di matrici utilizzato per la organizzazione di scale o di gradienti qualitativi, come obiettivo della valutazione è ormai superato. Anche la prevista periodicità (in occasione di modifiche significative o in relazione all'evoluzione della tecnica della prevenzione o a seguito di infortuni significativi) è stata superata dalla constatazione della necessità di una valutazione continua con aggiornamenti che vadano di pari passo con la Riunione Periodica e con i risultati della Sorveglianza sanitaria. E qui emerge il ruolo fondante del Medico del lavoro nel partecipare, suggerire e pianificare interventi di prevenzione complementari alla sorveglianza sanitaria, determinanti nel processo e programmazione della valutazione dei rischi.

Il D.Lgs. 241/00 all'All. 1,0 introduce “il criterio di non rilevanza radiologica delle pratiche”, cioè quando :

- La Dose prevista non supera 10  $\mu\text{Sv}$  nel periodo di un anno.

Dosi dovute a contributi conseguenti ad attività umane inferiori ad 1/100 della Dose limite per la popolazione sono non rilevanti, ovvero non interessano alcun programma di prevenzione. L'ambito degli interventi di Radioprotezione è pertanto in una fascia compresa fra 1.000  $\mu\text{Sv/a}$  e 10  $\mu\text{Sv/a}$  in questo intervallo si applica il principio dell'ottimizzazione. L'applicazione pratica dell'ottimizzazione dividendo l'intervallo in esame in sottointervalli associati ad azioni da intraprendere sembra costituire criterio semplice ed appropriato alle indicazioni del D.Lgs.106/09. Le osservazioni del paragrafo analisi dimensionali permettono di definire i sottointervalli.

### **3. PRINCIPIO D'OTTIMIZZAZIONE IN RADIOPROTEZIONE**

#### **3.1 FONDAMENTI**

Esiste sempre la probabilità di un evento, interessa sapere il valore di questa probabilità nello spazio e nel tempo anche per prevenire le conseguenze che questo evento può determinare. La concezione giudiziaria e repressiva della prevenzione assume due valori per la probabilità 0 e 1 o tutto permesso o tutto proibito.

Questa concezione si è rivelata disastrosa, poiché ha permesso di porre il seguente atteggiamento : “La Legge è rispettata l'evento dannoso era inevitabile “.

Molte morti e malattie professionali sono responsabilità di questa impostazione, e non interessa trovare i colpevoli poiché anche rispettando le norme la maggior parte degli incidenti avrebbero avuto luogo ,pensiamo all'amianto al rumore e così via, è la assunzione di rischio a soglia di limite di legge di confine di punto fino al quale tutto è permesso e dopo il quale tutto è proibito che non funziona.

L'Ottimizzazione nasce dalla consapevolezza che la probabilità di un evento si sviluppa da 0 ad 1 con diversi valori e che la sua conoscenza è VALUTABILE con i più complessi contributi prima di tutto di misura e di dati parametrici poi dalla



partecipazione di tutti gli operatori coinvolti nel processo e da una accurata verifica periodica della gestione quindi da una formazione adeguata e costante. Con l'ICRP 26 questo punto di vista entra nel patrimonio della Radioprotezione. Successivamente i lavori della Commissione sull'Ottimizzazione della protezione arrivano a suggerire che la scelta migliore per le condizioni del rispetto del miglior rapporto costo/beneficio potrebbe essere prossima o ben al di sotto dei vincoli o dei livelli. L'ottimizzazione della protezione non è la minimizzazione della dose, la protezione ottimizzata è il risultato di una valutazione che equilibra il detrimento con l'esposizione e le risorse disponibili per meglio tutelare gli individui. Può essere vantaggioso non minimizzare l'esposizione e trasformare le capacità professionali degli operatori attraverso una elevata e persistente attività formativa.

L'ottimizzazione va vista in due fasi del percorso:

1. preventiva, di progetto, in cui vengono prefissati i vincoli;
2. di sorveglianza e verifica, in cui pur essendo al di sotto del vincolo fissato, è possibile ulteriormente intervenire per migliorare il sistema.

### 3.2 ESEMPIO

L'Ispettorato del Lavoro di Roma nel 2002-2003 è intervenuto per controllo a campione in una struttura sanitaria privata. Nell'esame del reparto di diagnostica per immagini ha rilevato – fra l'altro – l'inadempienza dell'art. 72 del D.Lgs 230/95 "Ottimizzazione della Protezione". Due le motivazioni a sostegno di questo rilievo :

- La non totale chiusura del bunker in una sala RX.
- La mancanza di microinterruttori alle porte delle sale RX.

La situazione , di per se è molto elementare, con un semplice atto di oblazione 2.000,00 € avrebbero chiuso la vicenda. Si è ritenuto di dover contestare il verbale dell'Ispettorato per arrivare dopo 7 anni di procedimento penale a sentenza assolutoria in appello Tribunale di Roma.

L'esempio, che riportiamo, dimostra che principi come descritti nei paragrafi precedenti non hanno pratico riscontro nelle azioni degli organi vigilanti che al contrario, spesso sostengono esattamente l'opposto. Il risultato essendo, la totale inapplicazione dei metodi della prevenzione.

Far convivere due visioni della prevenzione la repressiva e quella dell'ottimizzazione è impossibile e se, come si è cercato di dimostrare, la repressiva provoca danni deve essere abbandonata.

Nel merito del caso l'Ispettorato di Roma ha sostenuto che una costruzione chiusa su tre lati con il quarto aperto per permettere l'accesso dell'operatore è contrario al principio di ottimizzazione. Inoltre l'Ispettorato ha sostenuto che non installare microinterruttori alle porte delle sale RX è contrario al principio di ottimizzazione. Rivivere le diverse fasi del processo con le diverse posizioni dei giudici e con le infinite difficoltà culturali ed interpretative non è tema di interesse in questa sede. Alcune affermazioni dell'Ispettorato vanno evidenziate :

1. L'Ispettorato ha affermato che è obbligatorio scrivere – sempre – le dosi nei relativi documenti di sorveglianza, anche il numero zero senza alcun rilievo sui criteri che definiti in premessa al documento DVR (relazione degli artt. 61, 79, 80 del D.Lgs.230/95) introducono il Livello di

riferimento della Registrazione.

2. L'Ispettorato ha affermato che la mancanza di microinterruttori sulle porte delle sale RX costituisce inadempienza del principio di ottimizzazione.

La prima affermazione è contro Legge, infatti l'imposizione del principio di non rilevanza radiologica stabilisce che lo zero non è un numero esistente fra i numeri utilizzabili in radioprotezione, inoltre nei criteri obbligatori in premessa al DVR è specificato il livello di registrazione come 1/10 del LMA .

La seconda affermazione è troppo semplice: l'interruzione RX non è un vantaggio, infatti i fattori che devono essere esaminati sono molteplici ad esempio l'esposizione del paziente che è aumentata dall'interruzione per apertura occasionale della porta.

L'Ispettorato deve verificare l'esistenza del DVR, esaminare i criteri riportati nello stesso e verificarne l'efficacia valutandone la consistenza per il programma di miglioramento. L'OdV non ha potere di prescrizione specifica quando la buona prassi e la buona tecnica sono applicate.

#### 4. CONCLUSIONI

Abbiamo voluto seguire un percorso e suggerire un metodo partendo dalle azioni proposte da una Guida Tecnica del ben lontano 1980: livello di non registrazione del dato, livello di semplice registrazione del dato misurato, livello di individuazione delle cause e valutazione delle conseguenze, livello di adozione di misure di intervento, associando ad essi dei criteri numerici, scegliendo fra quelli più assodati nella prassi e più semplici da utilizzare.

L'individuazione dei criteri e dei livelli, poi, facendo riferimento alla normativa, l'abbiamo inseriti nel documento di valutazione dei rischi quali punti cardine da individuare e definire esplicitandoli, pur sotto il consenso del ddl cui spetta per legge la definizione degli stessi.

C'è una linea continua logica, pur nel modificato contesto culturale, sociale e storico della prevenzione che porta progressivamente verso il modello dell'ottimizzazione.

Questo da un astratto principio si è trasformato in modello praticabile quando tra le variabili in gioco e nel contributo ( peso) di ciascuna di esse si è relativizzato il ruolo del raggiungimento della dose minima ottenibile, modificando altri parametri quali organizzazione, formazione e accettando pesi economici aggiuntivi che nel tempo possono risultare ammortizzati e anch'essi vantaggiosi.

Perchè così è la prevenzione, l'arco di tempo in cui si realizza e in cui si vedono i risultati non è breve e talora imponderabile.

L'altro costante principio da noi evidenziato e sostenuto in più sedi, è che il campo delle R.I., originariamente privilegiato da leggi specifiche e spesso anticipatrici, è poi stato, nell'attuazione, superato dal rapido succedersi di Direttive CEE sugli altri rischi lavorativi, che alla fine l'hanno isolato, scardinandolo dal principio base e generale del Dlgs 626/94 del pluralismo delle figure coinvolte nel DVR e nella Riunione Periodica e nelle decisioni conseguenti, ambito in cui invece vogliamo riportarlo.





**Rischi Fisici**  
**e**  
**DLgs.81/2008**



## **VALUTAZIONE DEL RISCHIO: METODOLOGIE A CONFRONTO**

**Pietro Nataletti**

INAIL, Centro Ricerche Monteporzio Catone (Roma)

### **1. INTRODUZIONE**

Come noto gli agenti fisici (rumore, ultrasuoni, infrasuoni, vibrazioni meccaniche, campi elettromagnetici, radiazioni ottiche, microclima e atmosfere iperbariche, come definiti dall'art. 181 del D.Lgs. 81/2008) possono provocare una serie di danni sulla salute, il più grave e meglio conosciuto e studiato dei quali è l'ipoacusia, cioè la perdita permanente di vario grado della capacità uditiva derivante dall'esposizione professionale a rumore.

Da non trascurare anche i possibili effetti sulla sicurezza derivanti dall'esposizione ad agenti fisici: sempre il rumore, ad esempio, può determinare un effetto di mascheramento che disturba le comunicazioni verbali e la percezione di segnali acustici di sicurezza, con un aumento di probabilità degli infortuni sul lavoro.

In Italia il problema agenti fisici è particolarmente evidente rispetto al contesto europeo. Dai dati del Rapporto Annuale 2008 dell'INAIL, l'ipoacusia e sordità si conferma come prima malattia professionale per numero di denunce, con un'incidenza che però diminuisce di anno in anno, passando dal 30% del totale nel 2004 (circa 7.500 casi), al 20% nel 2008 (circa 5.700 casi). Sono infatti altre le patologie emergenti, in particolare quelle che colpiscono l'apparato muscoloscheletrico: le denunce per tendiniti (oltre 4.000 nel 2008) e le affezioni dei dischi intervertebrali (circa 3.800) hanno fatto registrare negli ultimi anni, sistematicamente, tassi d'incremento annuo a due cifre, più che raddoppiando la loro consistenza numerica nell'ultimo quinquennio; significative anche le denunce di sindrome del tunnel carpale (circa 1.500 casi). All'arretramento di una malattia "tradizionale" come l'ipoacusia, corrisponde dunque un'escalation di altre malattie professionali da agente fisico, in particolare quelle che comportano sovraccarico biomeccanico del sistema mano-braccio e del rachide e i cosiddetti CTD (Cumulative Trauma Disorders - *patologie muscoloscheletriche*), causati dagli effetti sinergici dell'esposizione ad agenti fisici e a movimenti ripetuti e posture incongrue o scorrette.

I costi sociali ed economici (diretti e indiretti) delle malattie da agenti fisici sono rilevanti. Una delle cause di tale situazione è senza dubbio lo scarso ricorso da parte delle aziende agli interventi di prevenzione tecnica primaria e secondaria del rumore, nell'ambito di un programma aziendale di breve-medio periodo, che

comporterebbe indubbi vantaggi in termini di riduzione drastica dell'incidenza futura delle tecnopatie da agenti fisici e di miglior qualità di lavoro ottenibile nell'ambiente ergonomico.

## **2. LA VALUTAZIONE E IL CONTROLLO DEGLI AGENTI FISICI NEL D.Lgs. 81/2008**

Come noto, il D.Lgs. 81/2008 [1], come integrato e corretto dal D.Lgs. 106/2009 [2], ha stabilito norme generali di tutela e di obblighi valide per qualsiasi agente di rischio, contenute nel Capo III "GESTIONE DELLA PREVENZIONE NEI LUOGHI DI LAVORO" del Titolo I "PRINCIPI COMUNI", e norme specifiche sugli agenti fisici, come definiti dall'art. 180 – *Definizioni e campo di applicazione*, comma 1, contenute nel Capo I<sup>1</sup> "Disposizioni generali" del Titolo VIII "AGENTI FISICI".

Queste norme di generale applicazione ed efficacia sanzionatoria richiedono alle aziende di provvedere all'eliminazione o alla riduzione al minimo dei rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori derivanti dall'esposizione ad agenti fisici, mediante una sequenza di azioni formalizzate all'interno del DVR e che vengono comunemente ricondotte a quattro fasi fondamentali:

- valutare il rischio, identificando fonti ed esposti, tra cui i lavoratori particolarmente sensibili, e provvedendo a definire un organico piano di interventi con misure tecniche, organizzative e di protezione individuale, all'interno del quale devono essere chiaramente individuati i ruoli aziendali che vi debbono provvedere in possesso di adeguate competenze e poteri;
- attuare le misure pianificate secondo i protocolli e le procedure aziendali individuati;
- garantire il controllo della salute dei lavoratori mediante un medico competente per verificare a livello individuale e collettivo l'efficacia degli interventi attuati;
- attivare azioni specifiche di informazione, formazione e addestramento dei lavoratori per promuoverne corretti comportamenti di autotutela.

Pur con differenze tra un agente di rischio fisico e l'altro, le modalità di valutazione, quando questa non si esaurisce in una semplice "giustificazione" che non servono particolari approfondimenti, prevedono la possibilità di determinare i livelli di esposizione a partire da misurazioni, ovvero mediante dati forniti dai produttori o disponibili in letteratura.

Questi valori, spesso mediante opportuni calcoli, devono essere confrontati con i valori di riferimento previsti per ciascun agente fisico al fine di determinare i livelli di tutela da garantire ai diversi lavoratori. In nessun caso i lavoratori devono essere esposti a valori superiori ai valori limite di esposizione definiti nei Capi II (rumore),

---

<sup>1</sup> Si ricorda che il Capo I è pienamente in vigore ed esigibile dal 1° gennaio 2009

III (vibrazioni), IV (campi elettromagnetici) e V (radiazioni ottiche artificiali)<sup>2</sup> del Titolo VIII.

La valutazione dei rischi deve essere programmata ed effettuata con cadenza almeno quadriennale, e aggiornata entro 30 giorni in occasione di modifiche del processo produttivo o della riorganizzazione del lavoro significative ai fini della salute e sicurezza dei lavoratori, in relazione al grado di evoluzione della tecnica, della prevenzione o della protezione o a seguito di infortuni significativi o quando i risultati della sorveglianza sanitaria ne evidenzino la necessità.

Anche le misure di prevenzione e protezione adottate e riportate nel DVR devono essere aggiornate nelle ipotesi e con le modalità di cui sopra, con riferimento alle norme tecniche, alle linee guida e alle buone prassi vigenti in materia di agenti fisici. Prima di entrare nello specifico dettaglio delle modalità di attuazione degli obblighi di valutazione dei singoli agenti fisici, giova ricordare che l'art. 2 lett. v) e z) ha definito, rispettivamente, le linee guida e le buone prassi, da utilizzare ai fini e agli effetti delle norme contenute nel D.Lgs. 81/2008. Di conseguenza, le linee guida e buone prassi in materia di agenti fisici, quali ad esempio le *Linee guida per la valutazione del rischio rumore e vibrazioni negli ambienti di lavoro* [3], le *Linee guida Microclima, aerazione e illuminazione nei luoghi di lavoro* [4] e il Manuale di buona pratica Regioni-ISPEL *Metodologie e interventi tecnici per la riduzione del rumore negli ambienti di lavoro* [5], redatti dalle Regioni in collaborazione con l'ISPEL tra il 2000 e il 2006 sulla base della legislazione previgente il Testo Unico, dovranno essere aggiornate e validate dalla Conferenza Stato-Regioni (linee guida) e dalla Commissione consultiva permanente (buone prassi), come previsto dal D.Lgs. 81/2008. Stesso discorso vale per le attuali indicazioni operative Regioni-ISPEL-ISS per la corretta attuazione del Titolo VIII, Capo I, II, III, IV e V [6], redatte all'indomani dell'emanazione del D.Lgs. 81/2008 e s.m.

Infine, si ricorda che l'art. 29 del D.Lgs. 81/2009 stabilisce che i datori di lavoro che occupano fino a 10 lavoratori (con esclusione delle aziende industriali a rischio rilevante di cui all'art. 2 del D.Lgs. 334/99, delle centrali termoelettriche, degli impianti che utilizzano radiazioni ionizzanti di cui agli articoli 7, 28 e 33 del D.Lgs. 230/95, delle aziende di fabbricazione e deposito di esplosivi, polveri e munizioni e delle strutture di ricovero e cura) effettuano la valutazione dei rischi sulla base di procedure standardizzate che devono essere emanate dalla Commissione consultiva permanente (art. 6, comma 8, lettera f)) entro il 30 giugno 2012. Fino a tale data tali aziende possono continuare ad autocertificare l'effettuazione della valutazione dei rischi. Tali procedure standardizzate a possono essere utilizzate anche dai datori di lavoro che occupano fino a 50 lavoratori, a esclusione delle aziende di cui all'art. 31, comma 6, lettere a), b), c), d), f) e g) (le stesse esclusioni viste per le aziende fino a 10 addetti con l'aggiunta delle industrie estrattive) e delle aziende in cui sono presenti rischi chimici, biologici, cancerogeni, atmosfere esplosive e amianto. Di qui l'importanza in prospettiva di questo strumento innovativo nell'ambito delle procedure per la valutazione del rischio nelle PMI.

---

<sup>2</sup> Si ricorda che i Capi II e III sono pienamente in vigore ed esigibili dal 1° gennaio 2009; il Capo V dal 26 aprile 2010, mentre il Capo IV entrerà in vigore il 30 aprile 2012.



### 3. SPECIFICHE MODALITÀ DI ATTUAZIONE DEGLI OBBLIGHI DI PREVENZIONE E PROTEZIONE

#### 3.1. RUMORE

IL CAPO II - PROTEZIONE DEI LAVORATORI CONTRO I RISCHI DI ESPOSIZIONE AL RUMORE DURANTE IL LAVORO, come modificato dal D.Lgs. 106/2009, agli artt. 187-198 detta norme specifiche sull'esposizione professionale a rumore.

L'articolo 190 - *Valutazione del rischio*, nel richiamare quanto previsto dall'art. 181 (il quale a sua volta richiama l'art. 28), stabilisce l'obbligo per il datore di lavoro di valutare tutti gli effetti sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori tenendo di una serie di fattori, acustici e non, che possono agire in modo sinergico. Tra questi: le caratteristiche del rumore (ivi compreso il rumore impulsivo), la presenza di eventuali lavoratori particolarmente sensibili (tra cui donne in stato di gravidanza e lavoratori minori), l'interazione tra rumore e sostanze ototossiche, tra rumore e vibrazioni e tra rumore e segnali di avvertimento acustico, le informazioni fornite dai costruttori (certificazione acustica ai sensi della Direttiva Macchine D.Lgs. 17/2010). Se si può fondatamente ritenere che i valori inferiori di azione (VIA, 80 dB(A) di  $L_{EX}$  e/o 135 dB(C) di  $L_{peak}$ ) sono superati, il datore di lavoro deve effettuare una misurazione fonometrica, utilizzando metodi, strumentazione e incertezze delle misurazioni secondo le indicazioni fornite dalla Norma UNI 9432:2008 [7].

Inoltre, il nuovo comma 5-bis del D.Lgs. 81/2008 rende possibile l'effettuazione di valutazioni acustiche previsionali, utilizzando valori di emissione sonora di macchine e attrezzature validati dalla Commissione consultiva permanente. Questo nuovo comma sarà di sicura utilità nei casi di nuovi insediamenti produttivi per i quali non si dispone di propri dati di rumore, estendendo il campo di applicazione dai cantieri temporanei e mobili, trattati nel Titolo IV, a tutti i comparti produttivi. Il Comitato Paritetico Territoriale per l'edilizia di Torino ha già presentato a tale proposito una nuova proposta di banca dati, attualmente in fase di valutazione da parte della Commissione consultiva permanente.

Per quanto riguarda il rumore, il ricorso a banche dati per l'effettuazione della valutazione del rischio è quindi consentito, ma solo in fase preventiva e limitatamente ai livelli di emissione di attrezzature di lavoro, macchine e impianti; tali livelli in generale non possono essere utilizzati per il calcolo dei livelli di esposizione al rumore dei lavoratori e sono cosa assai diversa da questi.

Per quanto riguarda il rumore, quando si può "giustificare" il rischio? La giustificazione del datore di lavoro, secondo cui la natura e l'entità dei rischi non rendono necessaria una valutazione dei rischi più dettagliata, è la modalità prevista dal D.Lgs. 81/008 sugli agenti fisici per interrompere il processo valutativo in caso di assenza di rischio o di sua palese trascurabilità. Si tratta quindi di un comportamento applicabile a tutte e sole quelle situazioni poste ben al di sotto dei valori inferiori di azione, diciamo al di sotto del livello di soglia pari a  $L_{EX,8h} = 75$  dB(A) consigliato dalla Proposta di direttiva del Consiglio sulle norme minime di sicurezza e salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici 94/C230/03 del 1994. Inoltre, si devono escludere tutti quei fattori

aggravanti il rischio rumore visti sopra (rumore impulsivo, lavoratori particolarmente sensibili, sostanze ototossiche, vibrazioni e segnali di avvertimento acustico).

L'articolo 192 – *Misure di prevenzione e protezione*, nel riaffermare il principio prevenzionistico della eliminazione o riduzione dei rischi alla fonte tecnologicamente fattibile, in combinato disposto con l'art. 182, si caratterizza per la perentorietà in merito al divieto di superamento dei valori limite di esposizione e per l'indicazione di specifici provvedimenti di prevenzione tecnica di sicura utilità pratica per il datore di lavoro. L'articolo prevede poi al comma 2 che, se a seguito della valutazione dei rischi di cui all'articolo 190, risulta che i valori superiori di azione (VSA, 85 dB(A) di  $L_{EX}$  e/o 137 dB(C) di  $L_{peak}$ ) sono oltrepassati, il datore di lavoro elabora ed applica un programma di misure tecniche e organizzative volte a ridurre l'esposizione al rumore, comprendenti anche la segnalazione, limitazione e delimitazione d'accesso delle aree pericolose<sup>3</sup>. Per la gestione di tali adempimenti il datore di lavoro si avvale delle indicazioni fornite dalla Norma UNI/TR 11347:2010 [8], oltre che del succitato Manuale di buona pratica sulle bonifiche acustiche [5].

Il successivo articolo 193 – *Uso dei dispositivi di protezione individuali*, nel riaffermare che, in ottemperanza a quanto previsto dall'art. 18, il datore di lavoro fornisce i dispositivi di protezione individuali per l'udito (DPI-u) conformi alle disposizioni contenute nel Titolo III solo qualora i rischi derivanti dal rumore non possano essere evitati con le misure di prevenzione e protezione di cui all'articolo 192, stabilisce l'obbligo di valutare l'efficienza e l'efficacia dei DPI-u secondo le prestazioni richieste dalle norme tecniche. Il riferimento è alla norma UNI 9432:2008, che nell'Appendice D indica un metodo per il calcolo e la valutazione della protezione acustica dei DPI-u, basato a sua volta sulla norma armonizzata UNI EN 458:2005 [9].

Infine, l'articolo 194 - *Misure per la limitazione dell'esposizione*, conferma il principio che il divieto di superamento dei valori limite di esposizione sia effettivo, non formale, e garantito da misure immediate ed efficaci per ricondurre i livelli di esposizione al di sotto di tali limiti.

Per una panoramica completa delle corrette modalità di attuazione del Capo II del Titolo VIII si rimanda alla Sezione 2) delle *Indicazioni operative* redatte dal Coordinamento Tecnico delle Regioni in collaborazione con l'ISPESL [6].

### 3.2. VIBRAZIONI

IL CAPO III - PROTEZIONE DEI LAVORATORI DAI RISCHI DI ESPOSIZIONE A VIBRAZIONI, come modificato dal D.Lgs. 106/2009, agli artt. 199-205 detta norme specifiche sull'esposizione professionale a vibrazioni meccaniche.

L'articolo 201 – *Valori limite di esposizione*, ha introdotto i valori limite di esposizione su periodi brevi pari, rispettivamente, a 20 m/s<sup>2</sup> per il sistema mano-braccio e a 1,5 m/s<sup>2</sup> per il corpo intero, non presenti nella Direttiva vibrazioni

---

<sup>3</sup> La segnaletica utilizzata deve essere conforme all'Allegato XXV del D.Lgs. 81/2008

2002/44/CE recepita inizialmente dal D.Lgs. 187/95 e poi nel Capo III del D.Lgs. 81/2008. Non essendo stati tali parametri definiti nel precedente art. 200 – *Definizioni*, e non essendoci nel testo del Capo III alcun riferimento a provvedimenti specifici legati al loro eventuale superamento, di fatto tali grandezze non sono state finora prese in considerazione né dai datori di lavoro in fase di valutazione dei rischi né dagli organi di vigilanza in fase ispettiva. Già le *Indicazioni operative* Regioni-ISPEL [6] hanno chiarito che per “periodi brevi” si intende il tempo minimo di misura dell’accelerazione equivalente r.m.s.  $a_w$ , pari, rispettivamente, a 1 minuto e 3 minuti per il mano-braccio e per il corpo intero. È auspicabile che la questione del concreto significato dei valori limite su periodi brevi, e delle conseguenze legate al loro eventuale superamento, sia risolta in fase di aggiornamento e validazione delle linee guida ISPEL-Regioni [3] da parte della Conferenza Stato-Regioni. Un’ipotesi di lavoro potrebbe basarsi sull’obbligo da parte dei datori di lavoro, che utilizzano macchine o attrezzature che superano tali valori, di richiedere all’organo di vigilanza le deroghe previste dall’art. 205 – *Deroghe* del D.Lgs. 81/2008.

L’articolo 202 - *Valutazione dei rischi*, nel richiamare quanto previsto dall’art. 181 (il quale a sua volta richiama l’art. 28), stabilisce l’obbligo per il datore di lavoro di valutare tutti gli effetti sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori tenendo di una serie di fattori, vibratorio e non, che possono agire in modo sinergico. Tra questi: le caratteristiche delle vibrazioni (ivi comprese le vibrazioni impulsive e gli urti), la presenza di eventuali lavoratori particolarmente sensibili (tra cui donne in stato di gravidanza o lavoratori minori), l’interazione tra vibrazioni e rumore, microclima severo caldo e freddo, sovraccarico biomeccanico, le informazioni fornite dai costruttori (certificazione vibratoria ai sensi della Direttiva Macchine D.Lgs. 17/2010). A differenza del rumore, il datore di lavoro può effettuare la valutazione del rischio utilizzando anche dati dell’ISPEL o delle Regioni [10], o, in loro assenza, le informazioni fornite dal costruttore, fermo restando la misura come metodo di riferimento.

Per quanto riguarda le vibrazioni meccaniche, il ricorso a banche dati per l’effettuazione della valutazione del rischio è quindi consentito sempre, salvo l’assenza dei dati relativi alle macchine e attrezzature presenti in azienda nelle loro particolari condizioni d’uso, nel qual caso scatta l’obbligo di misurazione. In tal caso, i commi 3 e 4 rimandano alle indicazioni dell’Allegato XXXV parte A (mano-braccio) e parte B (corpo intero), i quali a loro volta fanno riferimento, rispettivamente, alle Norme UNI EN ISO 5349-1:2004 [11] e ISO 2631-1:1997 (recepita in Italia come UNI ISO 2631-1:2008 [12]). Inoltre, l’Allegato XXXV dispone che le linee guida per la valutazione delle vibrazioni dell’ISPEL e delle regioni hanno valore di norma tecnica.

Particolare attenzione occorre prestare nell’utilizzo dei dati di certificazione forniti dal costruttore di attrezzature manuali, nel caso si ricorra a questa fonte per l’effettuazione della valutazione del rischio. I dati generalmente forniti dai costruttori ai sensi della vecchia Direttiva Macchine (D.P.R. 459/96), certificati in base alle specifiche norme di prodotto, non dovrebbero mai essere usati ai fini della valutazione del rischio, come peraltro dichiarato nelle norme di certificazione stesse. Volendo utilizzare tali dati, generalmente riportati nei libretti di uso e manutenzione, occorre tener presente che sono affetti da un errore sistematico che può arrivare fino

al 100% del dato dichiarato: per il loro utilizzo occorre quindi correggerli per un fattore moltiplicativo indicato nella Norma UNI CEN/TR 15350:2009 [13], o nel libretto di uso e manutenzione (questo dato è in verità assai raro nei libretti), come spiegato anche nella guida all'utilizzo della banca dati ISPESL [10].

Il problema del corretto uso dei dati di certificazione si pone anche per le macchine che espongono a vibrazioni al corpo intero, ma non si dispone di una norma analoga alla succitata UNI CEN/TR 15350, e raramente i libretti di uso e manutenzione contengono i dati relativi ai coefficienti correttivi.

I valori dichiarati dai costruttori ai sensi della nuova Direttiva Macchine D.Lgs. 17/2010 [14], certificati in base alle nuove specifiche norme di prodotto [15], possono invece essere usati ai fini della valutazione del rischio, in quanto garantiscono:

- valori dichiarati dai produttori misurati in condizioni realistiche di impiego, rappresentative delle condizioni espositive a maggior rischio;
- sui 3 assi e sulle differenti impugnature;
- dichiarazione dell'incertezza estesa K;
- dichiarazione dell'estremo inferiore e superiore nelle differenti condizioni di impiego.

Per quanto riguarda le vibrazioni, quando si può “giustificare” il rischio? Anche in questo caso si tratta di un comportamento applicabile a tutte e sole quelle situazioni poste ben al di sotto dei valori di azione, diciamo al di sotto dei livelli di soglia consigliati dalla Proposta di direttiva del Consiglio sulle norme minime di sicurezza e salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici 94/C230/03 del 1994, corrispondenti a valori di A(8) pari a  $1 \text{ m/s}^2$  e a  $0,25 \text{ m/s}^2$ , rispettivamente, per il mano-braccio e per il corpo intero. Anche in questo caso si devono escludere tutti quei fattori aggravanti il rischio vibrazioni visti sopra (vibrazioni impulsive e urti, lavoratori particolarmente sensibili, rumore, microclima, sovraccarico biomeccanico).

L'articolo 203 – *Misure di prevenzione e protezione*, nel richiamare il disposto dell'art. 182, prevede che se a seguito della valutazione dei rischi di cui all'articolo 202 risulta che i valori di azione ( $2,5 \text{ m/s}^2$  o  $0,5 \text{ m/s}^2$  di A(8)), rispettivamente, per le vibrazioni trasmesse al mano-braccio o al corpo intero) sono oltrepassati, il datore di lavoro elabora ed applica un programma di misure tecniche e organizzative volte a ridurre l'esposizione alle vibrazioni, tra cui sedili e maniglie o DPI (guanti antivibranti). Il comma 2 conferma il principio che il divieto di superamento dei valori limite di esposizione sia effettivo, non formale, e garantito da misure immediate ed efficaci per ricondurre i livelli di esposizione al di sotto di tali limiti.

Per le vibrazioni allo stato attuale non si dispone di una norma tecnica di ausilio per la gestione del programma di misure tecniche e organizzative da attuare in caso di superamento dei valori di azione, analoga alla Norma UNI/TR 11347:2010<sup>4</sup> per il rumore; sono disponibili viceversa le linee guida UNI/TR 11232:2007 [16] per la riduzione del rischio da vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio e le linee

---

<sup>4</sup> Indicazioni pratiche per la riduzione della propagazione delle vibrazioni per via solida generate da macchine fisse sono reperibili sia nell'Appendice B.4 di questa norma, sia nella Sezione B.3 del terzo Livello del Manuale di buona pratica sulle bonifiche acustiche [5]

guida UNI CEN/TR 15172:2008 [17] per la riduzione del rischio da vibrazioni trasmesse al corpo intero.

Per quanto riguarda i DPI (guanti antivibranti), fermo restando che sono obbligatori al superamento del valore di azione di  $A(8) = 2,5 \text{ m/s}^2$ , si ricorda che l'efficienza dei guanti antivibranti (omologati secondo la UNI EN ISO 10819:1998) è scarsa e assai inferiore a quella offerta dagli otoprotettori, con attenuazioni delle vibrazioni trasmesse alla mano che non superano nel migliore dei casi il 50%, come riportato nella guida all'utilizzo della banca dati dell'ISPESL [10].

Si ricorda infine che dal 6 luglio 2010 è entrato in vigore l'obbligo del rispetto dei valori limite di esposizione in caso di attrezzature di lavoro messe a disposizione dei lavoratori anteriormente al 6 luglio 2007 che non permettevano il rispetto di tali valori limite, tenuto conto del progresso tecnico e delle misure organizzative messe in atto, come stabilito dall'articolo 306 comma 3 del D.Lgs. 81/2008.

Per una panoramica completa delle corrette modalità di attuazione del Capo III del Titolo VIII si rimanda alla Sezione 3) delle *Indicazioni operative* redatte dal Coordinamento Tecnico delle Regioni in collaborazione con l'ISPESL [6].

### 3.3. CAMPI ELETTROMAGNETICI

In generale, l'art. 181 – *Valutazione dei rischi*, comma 1 del D.Lgs. 81/2008 recita che nell'ambito della valutazione di cui all'articolo 28, la valutazione del rischio di tutti gli agenti fisici deve essere tale da “identificare e adottare le opportune misure di prevenzione e protezione, con particolare riferimento alle norme di buona tecnica e alle buone prassi”.

Il CAPO IV - PROTEZIONE DEI LAVORATORI DAI RISCHI DI ESPOSIZIONE A CAMPI ELETTROMAGNETICI, come modificato dal D.Lgs. 106/2009, agli artt. 206-212 detta norme specifiche sull'esposizione professionale a campi elettromagnetici (CEM).

L'art. 206 - *Campo di applicazione*, specifica che il Capo IV determina i requisiti minimi per la protezione dei lavoratori contro i rischi per la salute e la sicurezza derivanti dall'esposizione ai campi elettromagnetici (da 0 Hz a 300 GHz), come definiti dall'articolo 207, durante il lavoro. Le disposizioni riguardano la protezione dai rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori dovuti agli effetti nocivi a breve termine conosciuti nel corpo umano derivanti dalla circolazione di correnti indotte e dall'assorbimento di energia, e da correnti di contatto.

L'art. 209 – *Identificazione dell'esposizione e valutazione dei rischi*, comma 1 del D.Lgs. 81/2008 specifica: “Nell'ambito della valutazione dei rischi di cui all'articolo 181, il datore di lavoro valuta e, quando necessario, misura o calcola i livelli dei campi elettromagnetici ai quali sono esposti i lavoratori. La valutazione, la misurazione e il calcolo devono essere effettuati in conformità alle norme europee standardizzate del Comitato europeo di normalizzazione elettrotecnica (CENELEC). Finché le citate norme non avranno contemplato tutte le pertinenti situazioni per quanto riguarda la valutazione, misurazione e calcolo dell'esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici, il datore di lavoro adotta le specifiche *buone prassi* individuate o emanate dalla Commissione consultiva permanente per la prevenzione degli infortuni e per l'igiene del lavoro, o, in alternativa, quelle del Comitato

Elettrotecnico italiano (CEI), tenendo conto, se necessario, dei livelli di emissione indicati dai fabbricanti delle attrezzature”.

Come si vede la norma non prevede l'obbligatorietà della misura dei campi elettromagnetici. Le *Indicazioni operative* [6] prodotte dal Coordinamento Tecnico delle Regioni e dall'ISPESL consigliano di adottare da subito il Capo IV come riferimento metodologico per la valutazione dei rischi, pur entrando questi in vigore il 30.4.2012. Alla Sezione 4) le *Indicazioni operative* rimandano a una ricca produzione normativa tecnica per gli aspetti operativi e metrologici sull'argomento, a partire dalla norma CEI EN 50499:2009 [18], che costituisce il recepimento della norma europea armonizzata EN 50499 emanata dal CENELEC a supporto della Direttiva campi elettromagnetici 2004/40/CE. Questa norma fornisce nella Tabella 1 un elenco (non esaustivo) di luoghi di lavoro e di apparecchiature conformi a priori (“white list”), per i quali la valutazione del rischio si può concludere con la “giustificazione” secondo cui la natura e l'entità dei rischi non rendono necessaria una valutazione più dettagliata. Nella Tabella 2 la norma indica invece un elenco (non esaustivo) di apparecchiature suscettibili di ulteriori valutazioni anche strumentali (“black list”).

Sulla base delle risultanze della valutazione del rischio, il datore di lavoro porrà in essere tutte le misure generali di tutela e sicurezza previste dal Capo I indicate nel paragrafo 2.

### 3.4. RADIAZIONI OTTICHE ARTIFICIALI E ILLUMINAZIONE

Una corretta gestione degli obblighi di tutela e sicurezza in materia di radiazioni ottiche e illuminazione negli ambienti di lavoro, deve garantire innanzitutto una corretta illuminazione naturale e artificiale dei luoghi di lavoro finalizzata allo svolgimento dei compiti lavorativi in condizioni di ergonomia, efficienza e sicurezza della visione degli operatori. A tale scopo occorre rispettare le norme previste dal Titolo II “LUOGHI DI LAVORO”, che a sua volta richiama l'osservanza dei requisiti dei luoghi di lavoro riportati in Allegato IV, in particolare il punto 1.10 “Illuminazione naturale ed artificiale dei luoghi di lavoro”. Inoltre, il datore di lavoro deve valutare i rischi per la salute e la sicurezza derivanti dalle radiazioni ottiche artificiali, secondo quanto previsto dal Titolo VIII.

In generale, l'art. 181 – *Valutazione dei rischi*, comma 1 del D.Lgs. 81/2008 recita che nell'ambito della valutazione di cui all'articolo 28, la valutazione del rischio di tutti gli agenti fisici deve essere tale da “identificare e adottare le opportune misure di prevenzione e protezione, con particolare riferimento alle norme di buona tecnica e alle buone prassi”.

In particolare, il CAPO V - PROTEZIONE DEI LAVORATORI DAI RISCHI DI ESPOSIZIONE RADIAZIONI OTTICHE ARTIFICIALI, come modificato dal D.Lgs. 106/2009, entrato in vigore il 26.4.2010, agli artt. 213-218 detta norme specifiche sull'esposizione professionale a radiazioni ottiche artificiali (ROA).

L'art. 213 - *Campo di applicazione*, specifica che il Capo V determina le prescrizioni minime di protezione dei lavoratori contro i rischi per la salute e la

sicurezza che possono derivare all'esposizione alle ROA, con particolare riguardo ai rischi dovuti agli effetti nocivi sugli occhi e sulla cute<sup>5</sup>.

L'art. 216 – *Identificazione dell'esposizione e valutazione dei rischi*, comma 1 del D.Lgs. 81/2008 specifica: “Nell'ambito della valutazione dei rischi di cui all'articolo 181, il datore di lavoro valuta e, quando necessario, misura e/o calcola i livelli delle radiazioni ottiche a cui possono essere esposti i lavoratori. La metodologia seguita nella valutazione, nella misurazione e/o nel calcolo rispetta le norme della Commissione elettrotecnica internazionale (IEC), per quanto riguarda le radiazioni laser, e le raccomandazioni della Commissione internazionale per l'illuminazione (CIE) e del Comitato europeo di normazione (CEN) per quanto riguarda le radiazioni incoerenti. Nelle situazioni di esposizione che esulano dalle suddette norme e raccomandazioni, e fino a quando non saranno disponibili norme e raccomandazioni adeguate dell'Unione Europea, il datore di lavoro adotta le *buone prassi* individuate o emanate dalla Commissione consultiva permanente per la prevenzione degli infortuni e per l'igiene del lavoro o, in subordine, linee guida nazionali o internazionali scientificamente fondate. In tutti i casi di esposizione, la valutazione tiene conto dei dati indicati dai fabbricanti delle attrezzature, se contemplate da pertinenti Direttive comunitarie di prodotto”.

Come si vede, anche per le radiazioni ottiche artificiali (ROA) la norma non prevede l'obbligatorietà della misura. In attesa che la Commissione consultiva permanente e la Conferenza Stato-Regioni inizino la loro attività di verifica e validazione delle proposte di buone prassi e di linee guida, il riferimento restano le *Indicazioni operative* [6] prodotte dal Coordinamento Tecnico delle Regioni e dall'ISPESL, che alla Sezione 5) rimandano a una ricca produzione normativa tecnica per gli aspetti operativi e metrologici sull'argomento delle ROA, sia per quanto riguarda i laser che le sorgenti ottiche non coerenti. In particolare, per quanto riguarda la valutazione delle ROA non coerenti le *Indicazioni operative* rimandano alla serie delle norme UNI EN 14255 [19] per la misura e la valutazione delle radiazioni UV, visibili e infrarosse, alla serie le norme UNI EN 12198 [20] per la classificazione delle radiazioni emesse dal macchinario e alla norma CEI EN 62471:2009 [21] per la valutazione della sicurezza fotobiologica delle lampade e dei sistemi di lampade. Per le ROA laser il riferimento per la misurazione è la norma CEI EN 60825-1:2009 [22].

Per quanto riguarda le radiazioni ottiche artificiali, quando si può “giustificare” il rischio? Sono giustificabili tutte le apparecchiature che emettono ROA non coerenti classificate nella “*Categoria 0*” secondo la norma UNI EN 12198, così come le lampade e i sistemi di lampade, anche a LED, classificate nel gruppo “*Esente*” della norma CEI EN 62471. Stesso discorso per quanto riguarda le ROA laser classificate nelle classi 1 2 secondo la norma CEI EN 60825-1. Per le altre sorgenti occorrerà effettuare una valutazione del rischio più approfondita, se necessario ricorrendo a calcoli o misurazioni. Al punto 5.08 le *Indicazioni operative* [6] forniscono un

---

<sup>5</sup> Si ricorda che, nonostante non siano incluse nel Titolo VIII, le radiazioni ottiche naturali devono essere incluse nella valutazione generale dei rischi di cui all'art. 28, in considerazione dell'inclusione della radiazione solare nell'elenco degli agenti cancerogeni certi per l'uomo da parte dello IARC.

elenco di situazioni lavorative che devono essere certamente valutate in modo approfondito.

Per quanto riguarda invece il tema più generale dell'illuminazione (naturale e artificiale) nei luoghi di lavoro, il riferimento restano le linee guida Regioni-ISPEL [4].

L'articolo 217 – *Disposizioni miranti ad eliminare o a ridurre i rischi*, prevede che, se a seguito della valutazione dei rischi risulta che i valori limite di esposizione di cui all'art. 215 possono essere superati, il datore di lavoro elabora ed applica un programma d'azione che comprende misure tecniche e/o organizzative volte a ridurre l'esposizione al rumore, comprendenti anche i DPI e la segnalazione, limitazione e delimitazione d'accesso delle aree pericolose<sup>6</sup>. A tale scopo i datori di lavoro si possono avvalere delle indicazioni fornite dai punti 5.18 e 5.19 delle *Indicazioni operative* [6].

### 3.5. MICROCLIMA

Una corretta gestione degli obblighi di tutela e sicurezza in materia di microclima negli ambienti di lavoro, oltre a quanto disposto nel Titolo VIII, non può non tenere conto delle norme previste dal Titolo II LUOGHI DI LAVORO, che a sua volta richiama l'osservanza dei requisiti dei luoghi di lavoro riportati in Allegato IV, in particolare il punto 1.9 "Microclima".

In generale, l'art. 181, comma 1 del D.Lgs. 81/2008 specifica che la valutazione del rischio di tutti gli agenti fisici deve essere tale da "identificare e adottare le opportune misure di prevenzione e protezione, con particolare riferimento alle norme di buona tecnica e alle buone prassi". Non disponendo il microclima di un apposito specifico Capo all'interno del Titolo VIII e in attesa che la Commissione consultiva permanente e la Conferenza Stato-Regioni inizino la loro attività di verifica e validazione delle proposte di buone prassi e di linee guida, il riferimento restano le *Linee guida Microclima, aerazione e illuminazione nei luoghi di lavoro* [6] prodotte dal Coordinamento Tecnico delle Regioni e dall'ISPEL, che rimandano a una ricca produzione normativa tecnica per gli aspetti operativi e metrologici sull'argomento: ad esempio la UNI EN ISO 7730:2006 [23] per gli ambienti termici moderati, la UNI EN ISO 7933:2005 [24] per gli ambienti severi caldi, a rischio di ipertermia, la UNI EN ISO 11079:2008 [25] per gli ambienti severi freddi, a rischio ipotermia.

Sulla base delle risultanze della valutazione del rischio, il datore di lavoro potrà in essere tutte le misure generali di tutela e sicurezza previste dal Capo I indicate nel paragrafo 2.

---

<sup>6</sup> La segnaletica utilizzata deve essere conforme all'Allegato XXV del D.Lgs. 81/2008



#### 4. IL PROGETTO DEL PORTALE ITALIANO AGENTI FISICI

Il Ministero della Salute ha approvato un progetto finanziato dal CCM (Centro nazionale per la prevenzione e il controllo della salute) ed affidato all'ISPESL<sup>7</sup>, all'ASL n. 7 di Siena ed all'Azienda USL di Modena per la realizzazione di banche dati sui quattro agenti fisici previsti dai Capi II, III, IV e V del Titolo VIII del DLgs.81/2008 (rumore, vibrazioni, campi elettromagnetici e radiazioni ottiche artificiali) per supportare la valutazione del rischio e gli interventi di prevenzione delle aziende [26].

L'esperienza concreta maturata dall'ISPESL e dall'ASL n. 7 di Siena nella progettazione e realizzazione della banca dati sulle vibrazioni verrà messa a frutto particolarmente ai fini della realizzazione del portale e delle banche dati previsti dal progetto, mentre la partnership della Azienda USL di Modena è particolarmente finalizzata agli aspetti organizzativi e promozionali del progetto.

Per quanto riguarda l'esposizione professionale al rumore, il progetto prevede la realizzazione di un'unica banca dati nazionale accreditata, che possa essere utilizzata in tutti i comparti lavorativi per la definizione dei livelli di esposizione ai fini della valutazione del rischio e l'individuazione degli interventi di prevenzione, superando ed estendendo le banche dati a suo tempo accreditate dalla Commissione Consultiva Permanente limitatamente ai cantieri temporanei e mobili, secondo quanto allora previsto dall'abrogato art. 16 del D.Lgs. 494/96.

Relativamente all'esposizione professionale alle vibrazioni, il progetto si propone di perfezionare ed estendere l'attuale e già richiamata Banca Dati Vibrazioni ISPESL [10], agevolando la piena e corretta attuazione di quanto disposto dall'art. 202 del D.Lgs. 81/2008.

Infine, circa l'esposizione professionale ai campi elettromagnetici e alle radiazioni ottiche artificiali, il progetto si propone di rendere disponibili in banche dati accreditate le informazioni sulle emissioni delle macchine e delle apparecchiature fornite dai costruttori o sui livelli di rischio presenti nelle attività a rischio misurate nei luoghi di lavoro, anche in questo caso per consentire un efficace supporto operativo alla valutazione del rischio prevista dagli artt. 209 e 216 del D.Lgs. 81/2008 e per individuare gli interventi di prevenzione e protezione concretamente attuabili.

Più in dettaglio il progetto di ISPESL e Regioni intende progettare un portale italiano (al momento denominato PAF – Portale Agenti Fisici), all'interno del quale saranno ospitate varie banche dati (valori di certificazione/emissione di attrezzature di lavoro, livelli di rischio misurati sul campo, bibliografia scientifica, normative di legge e tecniche, links utili, FAQ), organizzato in 4 aree di lavoro (rumore, vibrazioni, campi elettromagnetici e radiazioni ottiche artificiali) finalizzate a realizzare i seguenti obiettivi:

- stima dei livelli di esposizione dei lavoratori nell'ambito delle procedure standardizzate di valutazione del rischio previste dall'art. 29, commi 5 e 6, del D.Lgs. 81/2008 anche sulla base di algoritmi che utilizzino i dati di certificazione dei fabbricanti, ove disponibili e da questi forniti;

---

<sup>7</sup> A seguito del DL 78/2010, che ha stabilito la soppressione dell'ISPESL e il conseguente accorpamento all'INAIL, quest'ultimo subentrerà nel progetto quale titolare del contratto

- rivisitazione e ampliamento dell'attuale banca dati vibrazioni presente sul sito dell'ISPESL, mediante sua implementazione anche tramite l'apporto di qualificati contributi esterni sulla base di un apposito protocollo di misura e di inserimento dati e recupero dei dati validi presenti in banche dati estere;
- possibilità di identificare le attrezzature di lavoro a minor rischio presenti nella banca dati, anche come metodo di valorizzazione delle ricerche dei fabbricanti finalizzate alla riduzione del rumore, delle vibrazioni, dei campi elettromagnetici e delle radiazioni ottiche artificiali;
- disponibilità in rete di esempi di bonifica con descrizione di risultati, vantaggi, criticità e costi a fronte di un vero e proprio gap culturale su detta materia ed anche come veicolo promozionale di soluzioni innovative o economiche per la riduzione dei rischi da rumore, vibrazioni, campi elettromagnetici e radiazioni ottiche artificiali;
- possibilità di scelta dei dispositivi di protezione individuale sulla base dei valori di attenuazione forniti ed in funzione dei livelli di rischio presenti nelle singole postazioni di lavoro.

## **5. CONCLUSIONI**

Ora che finalmente il Testo Unico è andato a regime con le modifiche correttive apportate dal D.Lgs. 106/2009, bisognerà attendere un sufficiente tempo di applicazione sul territorio e il contemporaneo dibattito di merito (tecnico, scientifico, giuridico,...) che si svolgerà su questo testo. Questo vale anche per il Titolo VIII, per le novità apportate al Capo II (rumore) e al Capo III (vibrazioni) rispetto alla legislazione previgente e alla novità assoluta dell'entrata in vigore del Capo V (radiazioni ottiche artificiali), e le interazioni che deriveranno a questo testo dal mutato quadro legislativo generale, con particolare riferimento al Titolo I (Principi comuni) del D.Lgs. 81/2008.

Un ruolo importante in questo processo è affidato alla Commissione consultiva permanente, alla Conferenza Stato-Regioni, all'UNI, al CEI e agli enti preposti nell'opera di aggiornamento e validazione delle linee guida e buone prassi in materia di agenti fisici e delle norme tecniche a supporto. Ad esempio, per quanto riguarda il rumore è attesa la modifica della UNI 9432:2008, alla luce dell'emanazione della nuova norma armonizzata europea EN ISO 9612:2009 [27] in materia di esposizione professionale al rumore, e la pubblicazione della nuova norma UNI sulla valutazione dell'esposizione a rumore per lavoratori che utilizzano sorgenti sonore situate in prossimità dell'orecchio, che sarà di ausilio per la formulazione delle linee guida previste dall'art. 198 del D.Lgs. 81/2009.

Un ruolo fondamentale sarà affidato anche alle procedure standardizzate per la valutazione del rischio previste dall'art. 29 del D.Lgs. 81/2008, che potranno essere utilizzate dalle aziende fino a 10 dipendenti, che costituiscono come noto la grande maggioranza del tessuto produttivo italiano, e a certe condizioni da quelle che occupano fino a 50 dipendenti, alla luce del fatto che complessivamente gli agenti fisici costituiscono di gran lunga la prima causa di malattia professionale

indennizzata in Italia. L'auspicio è che queste procedure standardizzate, senz'altro necessarie ai fini della semplificazione e della standardizzazione degli adempimenti previsti dalla legislazione prevenzionistica per le PMI, non abbassino i livelli di salute e di sicurezza in queste realtà produttive.

Per concludere, si ricorda la necessità della definizione normativa della figura del tecnico valutatore, rimasta ancora una volta nel vago, nonostante l'occasione eccezionale rappresentata dal D.Lgs. 81/2008. Infatti, l'articolo 2 – *Definizioni* non ha provveduto a definire questa figura in generale. Neanche la formulazione utilizzata nell'articolo 181, comma 2 “La valutazione dei rischi derivanti da esposizioni ad agenti fisici è programmata ed effettuata, con cadenza almeno quadriennale, da personale qualificato nell'ambito del servizio di prevenzione e protezione in possesso di specifiche conoscenze in materia” ha risolto questo problema per lo specifico settore degli agenti fisici. In un contesto così importante, il generico riferimento a “personale qualificato...in possesso di specifiche conoscenze in materia”, in assenza della individuazione dei percorsi e dei soggetti preposti alla qualificazione del personale competente, lascia i datori di lavoro in balia di un mercato della consulenza ancora oggi molto carente, quanto a numero e qualificazione dei consulenti, in particolare per quanto riguarda i CEM e le ROA.

## 6. BIBLIOGRAFIA

1. Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81 “Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”, G.U.R.I. N. 101 del 30.4.2008, S.O. N. 108/L
2. Decreto Legislativo 3 agosto 2009, n. 106 “Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”, G.U.R.I. N. 180 del 5.8.2009, S.O. N. 142/L
3. “Linee guida per la valutazione del rischio rumore e vibrazioni negli ambienti di lavoro”, redatte dalle Regioni in collaborazione con ISPESL disponibili su internet all'indirizzo: <http://www.ispesl.it/documentazione/fattore.asp> oppure [http://www.ausl.mo.it/dsp/spsal/spsal\\_lg\\_coord\\_interregionale.htm](http://www.ausl.mo.it/dsp/spsal/spsal_lg_coord_interregionale.htm)
4. “Linee guida Microclima, aerazione e illuminazione nei luoghi di lavoro”, redatte dalle Regioni in collaborazione con ISPESL disponibili su internet all'indirizzo: [http://www.ausl.mo.it/dsp/spsal/spsal\\_lg\\_coord\\_interregionale.htm](http://www.ausl.mo.it/dsp/spsal/spsal_lg_coord_interregionale.htm)
5. Manuale di buona pratica Regioni-ISPESL “Metodologie e interventi tecnici per la riduzione del rumore negli ambienti di lavoro”, approvato il 16.12.2004 dalla Conferenza dei Presidenti delle Regioni e disponibile su internet all'indirizzo [http://www.ispesl.it/Linee\\_guida/tecniche/ManBPRumore/indexMBP.htm](http://www.ispesl.it/Linee_guida/tecniche/ManBPRumore/indexMBP.htm) oppure [http://www.ausl.mo.it/dsp/spsal/spsal\\_lg\\_coord\\_interregionale.htm](http://www.ausl.mo.it/dsp/spsal/spsal_lg_coord_interregionale.htm)
6. “D.Lgs. 81/2008 - Titolo VIII, Capo I, II, III, IV e V sulla prevenzione e protezione dai rischi dovuti all'esposizione ad agenti fisici nei luoghi di lavoro. Indicazioni operative”, Revisione 02 del 11.3.2010, redatte dalle Regioni in

- collaborazione con ISPESL e ISS disponibili su internet all'indirizzo: <http://www.ispesl.it/documentazione/fattore.asp>  
oppure [http://www.ausl.mo.it/dsp/spsal/spsal\\_lg\\_coord\\_interregionale.htm](http://www.ausl.mo.it/dsp/spsal/spsal_lg_coord_interregionale.htm)
7. Norma UNI 9432:2008 "*Acustica - Determinazione del livello di esposizione personale al rumore nell'ambiente di lavoro*", Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano giugno 2008
  8. Norma UNI/TR 11347:2010 "*Acustica – Programmi aziendali di riduzione dell'esposizione a rumore nei luoghi di lavoro*", Ente Nazionale di Unificazione, Milano gennaio 2010
  9. Norma UNI EN 458:2005 "*Protettori dell'udito - Raccomandazioni per la selezione, l'uso, la cura e la manutenzione - Documento guida*", Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano 2005
  10. Attualmente l'unica banca dati vibrazioni consentita in Italia è quella realizzata dall'ISPESL in collaborazione con le Regioni disponibile su internet all'indirizzo: <http://www.ispesl.it/vibrationdatabase>
  11. Norma UNI EN ISO 5349-1:2004 "*Vibrazioni meccaniche - Misurazione e valutazione dell'esposizione dell'uomo alle vibrazioni trasmesse alla mano. Parte 1: Requisiti generali*", Ente Nazionale di Unificazione, Milano settembre 2004
  12. Norma UNI ISO 2631-1:2008 "*Vibrazioni meccaniche e urti - Valutazione dell'esposizione dell'uomo alle vibrazioni trasmesse al corpo intero. Parte 1: Requisiti generali*", Ente Nazionale di Unificazione, Milano gennaio 2008
  13. Norma UNI CEN/TR 15350:2009 "*Vibrazioni meccaniche - Linee guida per la valutazione dell'esposizione al sistema mano-braccio partendo dalle informazioni disponibili, comprese quelle fornite dal fabbricante della macchina*", Ente Nazionale di Unificazione, Milano novembre 2009
  14. Decreto Legislativo 27 gennaio 2010, n. 17 "*Attuazione della direttiva 2006/42/CE, relativa alle macchine e che modifica la direttiva 95/16/CE relativa agli ascensori*", G.U.R.I. N. 41 del 19.2.2010, S.O. N. 36/L
  15. Vedi Norma UNI EN ISO 20643:2008 "*Vibrazioni meccaniche - Macchine portatili e condotte a mano - Principi per la valutazione della emissione di vibrazioni*" e la serie di norme UNI EN ISO 28927 (utensili pneumatici) e la serie di norme CEI EN 60745 (utensili elettrici)
  16. Norma UNI/TR 11232:2007 "*Vibrazioni mano-braccio - Linee guida per la riduzione del rischio da vibrazioni. Parte 1: Metodi tecnici progettuali per la progettazione delle macchine*"; *Parte 2: Misure di prevenzione sul posto di lavoro*", Ente Nazionale di Unificazione, Milano aprile 2007
  17. Norma UNI CEN/TR 15172:2008 "*Vibrazioni al corpo intero - Linee guida per la riduzione del rischio da vibrazioni. Parte 1: Metodo tecnico progettuali per la progettazione delle macchine*"; *Parte 2: Misure di prevenzione sul posto di lavoro*", Ente Nazionale di Unificazione, Milano aprile 2008
  18. Norma CEI EN 50499:2009 "*Procedura per la valutazione dell'esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici*"; Comitato Elettrotecnico Italiano, Milano novembre 2009
  19. Serie di Norme UNI EN 14255 "*Misurazione e valutazione dell'esposizione personale a radiazioni ottiche incoerenti. Parte 1: Radiazioni ultraviolette*

- emesse da sorgenti artificiali nel posto di lavoro; Parte 2: Radiazioni visibili ed infrarosse emesse da sorgenti artificiali nei posti di lavoro; Parte 4: Terminologia e grandezze utilizzate per le misurazioni delle esposizioni a radiazioni UV, visibili e IR*", Ente Nazionale di Unificazione, Milano
20. Serie di Norme UNI EN 12198 "*Sicurezza del macchinario - Valutazione e riduzione dei rischi generati dalle radiazioni emesse dal macchinario - Parte 1: Principi generali; Parte 2: Procedura di misurazione dell'emissione di radiazione; Parte 3: Riduzione della radiazione per attenuazione o schermatura*", Ente Nazionale di Unificazione, Milano
  21. Norma CEI EN 62471:2010 "*Sicurezza fotobiologica delle lampade e dei sistemi di lampada*"; Comitato Elettrotecnico Italiano, Milano gennaio 2010
  22. Norma CEI EN 60825-1:2009 "*Sicurezza degli apparecchi laser. Parte 1: Classificazione delle apparecchiature e requisiti*"; Comitato Elettrotecnico Italiano, Milano luglio 2009
  23. Norma UNI EN ISO 7730:2006 "*Ergonomia degli ambienti termici. Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale*", Ente Nazionale di Unificazione, Milano febbraio 2006
  24. Norma UNI EN ISO 7933:2005 "*Ergonomia dell'ambiente termico - Determinazione analitica ed interpretazione dello stress termico da calore mediante il calcolo della sollecitazione termica prevedibile*", Ente Nazionale di Unificazione, Milano febbraio 2005
  25. Norma UNI EN ISO 11079:2008 "*Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione e interpretazione dello stress termico da freddo con l'utilizzo dell'isolamento termico dell'abbigliamento richiesto (IREQ) e degli effetti del raffreddamento locale*", Ente Nazionale di Unificazione, Milano giugno 2008
  26. O. Nicolini, P. Nataletti, I. Pinto, P. Rossi "*Agenti fisici sul lavoro: lo sviluppo di banche dati per la valutazione del rischio*", Ambiente&Sicurezza 27 aprile 2010, N. 8 pp. 32-38, Ed. Il Sole 24 Ore – Pirola, Milano 2010
  27. Standard EN ISO 9612:2009 "*Acoustics - Determination of occupational noise exposure - Engineering method (ISO 9612:2009)*", European Committee for Standardization, Brussels 2009

## **LA FIGURA PROFESSIONALE DEL TECNICO IN ACUSTICA: CRITICITÀ E POSSIBILI SOLUZIONI**

**Alessandro Peretti**

Scuola di Specializzazione in Medicina del Lavoro, Università degli Studi di Padova

### **1 - PREMESSA**

Nel nostro Paese la figura professionale del tecnico in acustica si è andata via via configurando grazie ai primi due decreti riguardanti, da un lato il rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno<sup>1</sup>, e dall'altro il rumore nei luoghi di lavoro<sup>2</sup>, ambedue emanati nel 1991. In precedenza, le attività in questi campi erano modeste: il numero di tecnici più o meno impegnati era inferiore a qualche centinaio; d'altra parte anche le misurazioni erano minimali a causa della strumentazione analogica allora disponibile [1]. Dagli anni '90 ad oggi lo sviluppo delle attività in acustica è stato esponenziale, favorito dall'applicazione di numerose disposizioni legislative di carattere specifico. Si può ritenere che attualmente operino nel nostro Paese approssimativamente 10000 tecnici in acustica.

Non è quindi senza motivo che, all'avvio di questa crescita estremamente rilevante, si sia posto il problema della definizione della figura professionale del tecnico in acustica e che il Gruppo di Acustica Ambientale (GAA) dell'Associazione Italiana di Acustica (AIA) abbia organizzato due seminari su tale argomento nel 1992 [2] e nel 1996 [3].

Purtroppo, negli anni, i problemi sollevati dalla comparsa di questa nuova figura professionale sono rimasti in gran parte insoluti. Le disposizioni legislative emanate a questo riguardo nel 1995 e nel 1998 (cfr. par. 2.1.1 e 2.1.2), se hanno risolto questioni formali, non hanno efficacemente affrontato quelle sostanziali. Oggi, di fronte alla presumibile saturazione del mercato da parte di questa tipologia di esperti, la figura professionale del tecnico in acustica non è ancora adeguatamente definita.

---

<sup>1</sup> DPCM 1 marzo 1991 ("Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno")

<sup>2</sup> DLgs 15 agosto 1991, n. 277 ("Attuazione delle direttive n. 80/1107/CEE, n. 82/605/CEE, n. 83/477/CEE, n. 86/188/CEE e n. 88/642/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizioni ad agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro, a norma dell'art. 7 della Legge 30 luglio 1990, n. 212")

## 2 - CRITICITÀ

### 2.1 - TECNICO IN ACUSTICA AMBIENTALE

#### 2.1.1 - Legge Quadro

La Legge Quadro del 1995<sup>3</sup> denomina “*tecnico competente*” la figura professionale idonea ad effettuare le misurazioni, verificare l’ottemperanza ai valori stabiliti dalle vigenti norme, redigere i piani di risanamento acustico, svolgere le relative attività di controllo” (art. 2, comma 6).

Davanti a questo elenco di attività, certamente ampio ma che come ogni lista tende più a escludere piuttosto che a includere, si deve ritenere che “tutte” le attività che afferiscono agli obiettivi della Legge Quadro, ossia alla “tutela dell’ambiente esterno e dell’ambiente abitativo dall’inquinamento acustico” (art. 1, comma 1), debbano essere svolte da tecnici competenti.

Per quanto riguarda i requisiti, “il tecnico competente deve essere in possesso del diploma di scuola media superiore ad indirizzo tecnico o del diploma universitario ad indirizzo scientifico ovvero del diploma di laurea ad indirizzo scientifico” (art. 2, comma 6).

Per quanto concerne l’autorizzazione a esercitare, “l’attività di tecnico competente può essere svolta previa presentazione di apposita domanda all’assessorato regionale competente in materia ambientale corredata da documentazione comprovante l’aver svolto attività, in modo non occasionale, nel campo dell’acustica ambientale da almeno quattro anni per i diplomati e da almeno due anni per i laureati o per i titolari di diploma universitario” (art. 2, comma 7). L’*iter* autorizzativo è semplificato nel caso dei soggetti che operano presso le strutture pubbliche territoriali (art. 2, commi 8 e 9).

In pratica, negli anni immediatamente successivi alla Legge Quadro, nelle Regioni che avevano messo in atto le relative procedure, sono stati riconosciuti tecnici competenti “tutti” i soggetti richiedenti che avevano esercitato attività nel campo dell’acustica ambientale.

Quali le criticità di questa regolamentazione?

In primo luogo il riconoscimento si basava sulla *quantità* e non sulla *qualità*. Il fatto di aver svolto attività da parte di questi tecnici non necessariamente era sufficiente a garantirne la competenza. Se questa affermazione è valida in generale, è ancora più legittima nel campo dell’acustica, disciplina scientifica che insufficientemente era (e in parte è tuttora) oggetto di studio nel nostro contesto scolastico.

Si poneva inoltre il problema del ruolo svolto in dette attività: queste potevano essere state effettuate in prima persona, oppure in collaborazione, oppure limitandosi ad aspetti del tutto marginali.

Le conseguenze di questo *iter* legislativo erano prevedibili: in quegli anni sono stati riconosciuti tecnici competenti anche soggetti non in possesso delle necessarie competenze.

Inoltre si sono subito manifestate disparità tra le varie Regioni circa i tempi e le modalità di attuazione delle procedure di riconoscimento.

<sup>3</sup> Legge 26 ottobre 1995, n. 447 (“Legge quadro sull’inquinamento acustico”)

A prescindere da tutto ciò, il testo di legge conteneva una latente incongruenza che si sarebbe successivamente manifestata: da un lato affermava che per diventare tecnico competente era necessario aver svolto le relative attività, dall'altro prevedeva che tali attività potessero venir svolte solo dal tecnico competente. Tali disposizioni non potevano quindi reggere a lungo.

### 2.1.2 - DPCM 31/3/1998

Nel 1998 veniva emanato uno specifico decreto relativo al tecnico competente <sup>4</sup> in cui erano considerati aspetti quali:

- la presentazione della domanda alla Regione di residenza e il rilascio dell'attestato di riconoscimento (art. 1);
- l'esame delle domande da parte della Regione per quanto concerne la verifica del titolo di studio e l'accertamento della non occasionalità delle attività svolte (art. 2, commi 1 e 3);
- l'equipollenza dei titoli di studio (art. 2, comma 2);
- le attività riconosciute come valide: "a) misure in ambiente esterno ed abitativo unitamente a valutazioni sulla conformità dei valori riscontrati ai limiti di legge ed eventuali progetti di bonifica; b) proposte di zonizzazione acustica; c) redazione di piani di risanamento" (art. 2, comma 4);
- le attività considerate come integrative, quali ad esempio quelle svolte nei luoghi di lavoro (art. 2, comma 5);
- la validità del riconoscimento presso Regioni diverse da quella di residenza (art. 2, comma 6);
- il caso particolare degli operatori degli enti pubblici (art. 3, commi 1 e 2).

Al di là di queste indicazioni, gli aspetti più importanti del decreto si riferivano però alle seguenti prescrizioni:

- in *regime transitorio* (art. 5), ai fini del computo dei quattro o due anni di attività andavano considerate le prestazioni effettuate esclusivamente dal 30/12/1995 al 26/5/1998 (data di pubblicazione del decreto);
- per consentire il completamento del periodo di quattro o due anni, veniva equiparata all'attività svolta autonomamente nel campo dell'acustica ambientale quella effettuata dall'interessato in collaborazione con chi era già tecnico competente oppure quella praticata alle dipendenze di strutture pubbliche (art. 4, comma 1); in questo caso la documentazione prodotta doveva evidenziare, attraverso la presentazione di atti formali, il lavoro effettivamente svolto nel campo dell'acustica ambientale da parte del richiedente (art. 4, comma 2).

Quest'ultima disposizione, destinata a chi non era riuscito a completare nel periodo 1995-1998 i periodi di attività previsti dalla Legge Quadro, valeva necessariamente anche per i soggetti che si sarebbero affacciati per la prima volta all'acustica ambientale dopo il 1998. Da tale anno, di conseguenza, per essere riconosciuti tecnici competenti è necessario aver svolto attività in collaborazione con tecnici competenti oppure alle dipendenze di strutture pubbliche. L'art. 4 del decreto

---

<sup>4</sup> DPCM 31/3/1998 ("Atto di indirizzo e coordinamento recante criteri generali per l'esercizio dell'attività del tecnico competente in acustica, ai sensi dell'art. 3, comma 1, lettera b e dell'art. 2, commi 6, 7 e 8 della legge 26 ottobre 1995, n. 447 Legge quadro sull'inquinamento acustico")



(tuttora in vigore) ha prefigurato quindi, in pratica, una sorta di *regime definitivo*. Le criticità del decreto, per quanto riguarda quest'ultimo art. 4, appaiono evidenti. Esse possono articolarsi in quattro punti.

- 1) Riprendendo quanto indicato nel paragrafo 2.1.1, il fatto di svolgere attività non garantisce l'acquisizione delle competenze necessarie a svolgere dette attività; d'altra parte il ruolo svolto in queste attività può essere oltremodo vario, sino ad essere del tutto trascurabile; per di più tale ruolo è difficilmente accertabile da parte di strutture di controllo. Inoltre le attività nel campo dell'acustica si riferiscono in genere a casi specifici che difficilmente forniscono il quadro di conoscenze necessario per affrontare problematiche differenti da quelle esaminate.
- 2) Non spetta ad un libero professionista, quale è un tecnico competente, il compito di svolgere opera di formazione, bensì quello di esercitare la propria professione. Per di più l'attività di formazione nei confronti di coloro che un domani potrebbero competere con lo stesso libero professionista nell'acquisizione di incarichi di lavoro non si concilia con le leggi di mercato e gli obiettivi della libera professione.
- 3) Per svolgere la funzione di *tutor* è necessario possedere ampie e approfondite conoscenze scientifiche e sperimentate capacità didattiche. Il tecnico competente presso il quale viene svolto lo *stage* può non avere queste caratteristiche.
- 4) Le forme di "apprendistato" ipotizzate dal decreto, se concrete e non fittizie, pongono tutta una serie di problemi (autorizzazione all'accesso nei luoghi da esaminare, possibili infortuni durante le attività o *in itinere*, aspetti economici, ecc.) che richiedono la formalizzazione di un rapporto tra aspirante tecnico e tecnico competente (rapporto che può costituire un ulteriore carico di problemi per quest'ultimo). Comunque, solo tramite questa formalizzazione potrebbe essere appieno legittimata la citazione dell'aspirante tecnico nella relazione del tecnico competente. A questo proposito, per inciso, non si comprende come in alcune aree del nostro Paese, per validare le attività di apprendistato effettuate, si richieda, in calce alla relazione, la firma dello "stagista" (che non ha alcun titolo per firmare), accanto a quella di chi ha l'obbligo di apporre la propria firma (ossia il libero professionista, il responsabile dello studio professionale o il responsabile della società che ha formalmente ricevuto l'incarico del lavoro).

In conclusione, appare incongruo e inopportuno basare la formazione del tecnico in acustica ("Formazione" è il titolo dell'art. 4) sull'apprendistato presso tecnici competenti.

Per quanto riguarda le attività presso strutture pubbliche, le argomentazioni potrebbero essere diverse; le possibilità di accesso a tali strutture sono però, oggi, di fatto, ridotte al minimo.

### 2.1.3 - Disposizioni regionali

Le disposizioni riguardanti il tecnico competente, emanate dalla Legge Quadro, poi parzialmente modificate dal DPCM 31/3/1998, sono state infine ulteriormente corrette da diversi provvedimenti regionali (Campania, Emilia-Romagna, Lazio, Marche, Toscana, Veneto, ecc.) in cui sostanzialmente si stabilisce che la formazione acquisita tramite corsi universitari o comunque accreditati venga equiparata alle attività di apprendistato effettuate presso tecnici competenti o

strutture pubbliche. A questo riguardo la delibera della Regione Emilia-Romagna del 2002<sup>5</sup> può essere considerata esemplificativa. Il documento parte da due premesse del tutto condivisibili:

- da un lato sottolinea “la reale difficoltà del mercato di offrire con frequenza e con continuità (2 o 4 anni) prestazioni in acustica ambientale”, facendo così intuire, non solo la possibile carenza di lavori in questo settore, ma anche la scarsa disponibilità dei tecnici competenti a svolgere opera di addestramento (in altre parole viene messa in dubbio la praticabilità dell’*iter* individuato dal DPCM 31/3/1998 per diventare tecnico competente);
- dall’altro ribadisce che la norma nazionale “non tiene conto di alcuni aspetti dell’acustica fondamentali per affrontare con competenza problemi nel campo dell’acustica ambientale” (in altre parole si sottolinea che per operare nel campo dell’acustica ambientale è necessario disporre di conoscenze più ampie, proprie dell’acustica in generale).

La delibera della Regione Emilia-Romagna sostiene che “le competenze necessarie all’esercizio dell’attività professionale possono essere acquisite anche attraverso attività formative, quali corsi universitari di perfezionamento per laureati e corsi di formazione post diploma di elevato livello tecnico-scientifico, già organizzati da Università o strutture pubbliche o private accreditate ai sensi dell’art. 205 della LR n. 3/1999<sup>6</sup> (...), nei cui programmi siano previste attività teoriche e pratiche in tutti i campi dell’acustica, sia negli ambienti di vita, sia negli ambienti di lavoro, sia in edilizia”. Per cui “la frequenza ed il superamento con profitto” di detti corsi possono essere equiparati allo svolgimento delle attività presso tecnici competenti o strutture pubbliche.

Il documento della Regione Emilia-Romagna, come d’altra parte le delibere di altre Regioni, hanno quindi risolto, per quanto possibile, alcune delle incongruenze della legislazione nazionale.

Rimangono comunque alcuni problemi, quali:

- il riconoscimento dei corsi vige solo in alcune Regioni e non in altre;
- le modalità di detto riconoscimento differiscono da zona a zona;
- l’equipollenza (ossia il fatto che un corso sia equiparato ad uno o a più anni di apprendistato) varia da area a area;
- gli elenchi dei tecnici competenti sono gestiti, a seconda dei territori, dalle Regioni oppure dalle Amministrazioni Provinciali oppure dalle ARPA.

Queste disparità sono certamente negative e non possono che accrescere l’incertezza che contraddistingue la figura professionale del tecnico competente, priva di fatto di omogeneità a livello nazionale.

A questo riguardo può essere evidenziata una ulteriore anomalia: le regole per il

---

<sup>5</sup> Emilia-Romagna: DGR 8/7/2002, n. 1203 (“Direttiva per il riconoscimento della figura di tecnico competente in acustica”)

<sup>6</sup> Emilia-Romagna: LR 21 aprile 1999, n. 3 (“Riforma del sistema regionale e locale”). Tale Legge Regionale è stata abrogata a favore della più completa normativa in materia rappresentata dalla LR 30 giugno 2003, n. 12 (“Norme per l’uguaglianza delle opportunità di accesso al sapere, per ognuno e per tutto l’arco della vita, attraverso il rafforzamento dell’istruzione e della formazione professionale, anche in integrazione tra loro”). In particolare l’art. 205 relativo alla legge del 1999 è stato sostituito dall’art. 33 relativo alla legge del 2003

riconoscimento sono disuguali, ma nel contempo ogni Regione convalida gli elenchi delle altre Regioni. Può sembrare poco credibile, ma le difformità tra le procedure in vigore nelle diverse aree del nostro Paese hanno spinto più di qualche persona a trasferirsi di residenza per ottenere più facilmente il riconoscimento.

In definitiva si può concludere con amarezza che il “coordinamento delle attività per la definizione del ruolo e la qualificazione” dei tecnici competenti, richiamato in premessa dal DPCM 31/3/1998 e che la Legge Quadro attribuisce allo Stato (art. 3, comma 1, lettera *b*), è stato sostanzialmente disatteso.

## 2.2 - TECNICO IN ACUSTICA NEL CAMPO DELL'EDILIZIA

Precedentemente (cfr. par. 2.1.1) si è sostenuto che “tutte” le attività che afferiscono agli obiettivi della Legge Quadro (“tutela dell’ambiente esterno e dell’ambiente abitativo dall’inquinamento acustico”) debbano essere svolte da tecnici competenti. In riferimento all’ambiente abitativo va considerato che la definizione di detto ambiente è, per la stessa Legge Quadro, particolarmente ampia e, di fatto, riguarda sostanzialmente tutti gli edifici<sup>7</sup>. In relazione a questi ultimi va considerato inoltre che la medesima Legge Quadro fa riferimento ai “requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti” da determinare tramite DPCM (art. 3, comma 1, lettera *e*) e che questi, appunto, saranno oggetto del successivo DPCM 5/12/1997<sup>8</sup>. Sulla base di queste considerazioni si può ritenere che le attività che afferiscono al controllo dei requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti debbano essere svolte da tecnici competenti.

## 2.3 - TECNICO IN ACUSTICA NEI LUOGHI DI LAVORO

Si è più volte sottolineato che la figura professionale del tecnico competente è definita dalla Legge Quadro e che quest’ultima riguarda l’ambiente esterno e l’ambiente abitativo.

Le attività inerenti la prevenzione svolte dal tecnico in acustica nei luoghi di lavoro non rientrano quindi tra quelle definite dalla Legge Quadro, bensì tra quelle richiamate dal Testo Unico del 2008<sup>9</sup>, specificatamente nel Titolo VIII (“Agenti fisici”), Capo I (“Disposizioni generali”) e Capo II (“Protezione dei lavoratori contro i rischi di esposizione al rumore durante il lavoro”). Pertanto, tutte le disposizioni nazionali e regionali sin qui discusse relative al tecnico competente non si riferiscono, né si possono riferire, al tecnico in acustica che opera nei luoghi di lavoro. Quest’ultimo viene indirettamente citato dal Testo Unico laddove viene trattata la “Valutazione dei rischi” (art. 181, comma 2): “la valutazione dei rischi

---

<sup>7</sup> Secondo la Legge Quadro (art. 2, comma 1, lettera *b*) per ambiente abitativo si deve intendere “ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza di persone o di comunità ed utilizzato per le diverse attività umane, fatta eccezione per gli ambienti destinati ad attività produttive per i quali resta ferma la disciplina di cui al DLgs 15 agosto 1991, n. 277, salvo per quanto concerne l’immissione di rumore da sorgenti sonore esterne ai locali in cui si svolgono le attività produttive”

<sup>8</sup> DPCM 5/12/1997 (“Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici”)

<sup>9</sup> DLgs 9/4/2008, n. 81 (“Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro”) modificato dal DLgs 3/8/2009, n. 106 (“Disposizioni integrative e correttive del DLgs 9/4/2008, n. 81, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”)

derivanti da esposizioni ad agenti fisici è programmata ed effettuata (...) da *personale qualificato* nell'ambito del servizio di prevenzione e protezione in possesso di specifiche conoscenze in materia". Il Testo Unico si riferisce in questo caso al fatto che "il datore di lavoro può avvalersi di persone esterne all'azienda in possesso delle conoscenze professionali necessarie, per integrare, ove occorra, l'azione di prevenzione e protezione del servizio" (art. 31, comma 3).

Il Testo Unico richiede da parte del tecnico qualificazione e specifiche conoscenze, ma di tali aspetti non ne definisce le caratteristiche. Nulla cambia quindi rispetto al pregresso DLgs 277/1991 (si veda la precedente nota 2) in riferimento al cui art. 40, comma 3, le Linee Guida sul rumore [4] affermano che esso "non stabilisce quali debbano essere i requisiti professionali del personale incaricato di effettuare le valutazioni e le misurazioni dell'esposizione a rumore" (punto 3.2.1). A causa di questa assenza di indicazioni, qualsivoglia persona, che ritenga di essere qualificato e di avere conoscenze in materia, può svolgere le attività previste per legge: soggetti con scarsa preparazione e esperienza possono quindi effettuare le complesse attività riguardanti la valutazione dei rischi nei luoghi di lavoro.

Questa la realtà, malgrado il Coordinamento Tecnico delle Regioni e delle Province [5] cerchi giustamente di individuare criteri in grado di valutare qualificazione e conoscenze, quali i titoli scolastici, la partecipazione a corsi di formazione, l'iscrizione ad un Albo, il curriculum professionale, il rispetto delle norme tecniche, il buon uso della strumentazione, la qualità della relazione conclusiva (punti 1.05 e 2.02). Facendo riferimento alla legge, la figura del personale qualificato rimane comunque indeterminata. A differenza della figura del medico competente, per il quale il Testo Unico definisce requisiti, compiti, responsabilità e sanzioni, la figura del tecnico consulente non è definita, né sono previsti per essa specifiche funzioni e determinati doveri, né tantomeno ammende. Con la conseguenza che l'assenza di obblighi può indurre il tecnico a operare senza averne completamente le capacità e senza sottoporsi ad un periodico aggiornamento tecnico-scientifico. Inoltre l'assenza di obblighi può ridurre la forza e l'autonomia professionale del tecnico stesso nei confronti del committente; nel caso in cui il datore di lavoro consideri la prevenzione come un onere da assolvere contro voglia, vengono così indirettamente favorite valutazioni che celano i problemi piuttosto che evidenziarli [6].

### 3 - POSSIBILI SOLUZIONI

Si è visto che il numero di tecnici che operano nel campo dell'acustica è balzato nel corso di qualche decina d'anni a livelli rilevanti. Si è visto inoltre che le disposizioni di legge in materia presentano diverse carenze.

La figura professionale del *tecnico in acustica* va dunque definita in misura adeguata. Essa deve riguardare non solo l'acustica ambientale e l'acustica nel campo dell'edilizia, ma anche, a pieno titolo, l'acustica nei luoghi di lavoro. Infatti:

- la disciplina è la stessa anche se si riferisce a contesti differenti;
- gli strumenti di misurazione sono i medesimi;
- gli obiettivi di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo sono contigui a quelli relativi alla tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro;
- ecc..

Inoltre:

- l'acustica nei luoghi di lavoro necessita, ancor più degli altri due settori, della definizione della figura professionale del tecnico che opera in questo campo;
- la richiesta di attività di consulenza nel settore dell'acustica nei luoghi di lavoro (valutazione del rischio, bonifiche, ecc.) è rilevante al pari di quella riguardante l'acustica ambientale e l'acustica nel campo dell'edilizia;
- il tecnico deve avere la possibilità di svolgere attività in ciascuno dei tre settori (come di fatto si verifica nella realtà odierna) a seconda delle esigenze di mercato;
- ecc..

Il tecnico in acustica deve quindi essere unico.

Sostanzialmente sulla base delle stesse osservazioni sviluppate a fine del par. 2.3, le responsabilità che dovrebbero essere poste a carico del tecnico in acustica nei luoghi di lavoro, dovrebbero ricadere anche sul tecnico competente in acustica ambientale e in acustica nel campo dell'edilizia. Non si può quindi non essere d'accordo con la proposta avanzata recentemente da alcuni colleghi: "al fine di qualificare ulteriormente l'attività del tecnico competente, si propone di elevarne il livello di responsabilità nell'ambito penale" [7].

La definizione della figura professionale del tecnico in acustica richiede necessariamente che si parta dalla formazione. Quest'ultima non si può basare su improbabili *stages* presso soggetti che possono essere non sufficientemente idonei a svolgere attività didattica, né può limitarsi allo studio di aspetti prettamente applicativi o all'esame di casi specifici. Così facendo si corre il rischio di dequalificare la figura professionale del tecnico e di svilire l'acustica ossia la stessa disciplina scientifica a cui egli fa riferimento.

Appare del tutto ovvio che il tecnico in acustica si debba formare sui banchi di scuola e che l'accertamento delle conoscenze acquisite si debba basare su un esame da tenersi a termine degli studi.

Un tecnico preparato e competente svolgerebbe con maggiore adeguatezza i compiti previsti dalle disposizioni di legge. Preparazione e competenza costituirebbero inoltre una garanzia per il committente. A fronte di attività eseguite oggi troppo spesso in modo mediocre, questi due aspetti assumono una rilevanza notevole.

In conclusione, invertendo gli indirizzi legislativi nazionali sin qui seguiti, si deve puntare alla massima qualificazione del tecnico in acustica.

### 3.1 - L'INSEGNAMENTO DELL'ACUSTICA NELLA SCUOLA ITALIANA

Nei programmi ministeriali che via via si sono succeduti negli anni delle varie riforme scolastiche, l'acustica viene citata sia nel caso delle Scuole Elementari (nell'ambito di "Educazione al suono e alla musica" e "Scienze"), sia nel caso delle Scuole Medie Inferiori (nell'ambito di "Scienze matematiche, chimiche, fisiche e naturali" e "Educazione musicale"), sia nel caso dei Licei Scientifici (nell'ambito di "Fisica"). Comunque, per quanto attiene la Scuola Primaria e Secondaria, sembra che l'acustica sia spesso lasciata all'iniziativa dei singoli Istituti e che venga trattata con un certo approfondimento solo grazie all'interesse personale dei docenti.

All'Università l'acustica viene generalmente affrontata nelle Facoltà di Ingegneria, Architettura e Fisica nell'ambito di *insegnamenti di carattere generale* (Fisica, Fisica Tecnica, ecc.).

Per quanto riguarda le attività formative specialistiche è necessario fare riferimento agli Atenei in cui operano gruppi di ricerca in acustica, quali quelli di Ancona, Bari, Bologna, Ferrara, Firenze, Milano (Bicocca e Politecnico), Napoli (Federico II e Seconda), Padova, Palermo, Parma, Pavia, Perugia, Pisa, Reggio Calabria, Roma, Torino, Udine, Venezia.

In alcuni di questi Atenei sono stati attivati *corsi di carattere specialistico all'interno dei normali piani di studio* per il conseguimento delle lauree e delle lauree magistrali in Ingegneria e Architettura.

Sempre in alcuni di questi Atenei sono stati organizzati, a seguito della richiesta formativa nel campo dell'acustica da parte di liberi professionisti, enti pubblici e aziende, *corsi post laurea* con attestazione dell'attività svolta da parte delle rispettive Università. Più precisamente:

- corsi di perfezionamento e aggiornamento professionale per diplomati e laureati, ai sensi della Riforma degli ordinamenti didattici <sup>10</sup>, art. 6, comma 2;
- *master* di perfezionamento scientifico per laureati, ai sensi del Decreto sull'autonomia didattica <sup>11</sup>, art. 3, comma 9.

## 3.2 - FORMAZIONE DEL TECNICO IN ACUSTICA

### 3.2.1 - Formazione presso strutture universitarie

Per l'adeguatezza scientifica e didattica delle strutture universitarie, nonché per l'ampiezza e l'approfondimento dei temi trattati (teorici e pratici, di base e applicativi), i corsi di perfezionamento e aggiornamento professionale e i *master* di perfezionamento scientifico sopra citati costituiscono gli strumenti di formazione per eccellenza.

Per quanto riguarda le caratteristiche dei corsi di perfezionamento e aggiornamento professionale per diplomati e laureati, si può fare cenno al corso per tecnici in acustica predisposto dalla Scuola di Acustica dell'Università di Ferrara e preso a riferimento da altri Atenei. Questa Scuola è stata la prima ad essere stata istituita e dall'anno accademico 1995-96 ha organizzato con continuità 15 corsi annuali a cui hanno partecipato oltre 1100 allievi provenienti da ogni regione del nostro Paese. Ciascun corso si sviluppa in 30 giornate per un totale di 210 ore di lezione comprensive di 30 ore di assistenza didattica (esercitazioni numeriche e strumentali, ripetizioni di temi svolti, chiarimenti individuali, ecc.).

Il corso si articola in due moduli di base: fondamenti di acustica (7 giornate, 49 ore), strumentazione e tecniche di misura (7 giornate, 49 ore). Si suddivide inoltre in quattro moduli applicativi: rumore nell'ambiente esterno e negli ambienti abitativi (5 giornate, 35 ore), protezione acustica degli edifici (4 giornate, 28 ore), rumore negli ambienti di lavoro (5 giornate, 35 ore), vibrazioni (2 giornate, 14 ore).

Sono previste due prove scritte di esame: la prima dopo i due moduli di base, la seconda dopo i quattro moduli applicativi. A termine si tiene una prova orale conclusiva. Agli esami possono partecipare gli allievi presenti per almeno l'80 %

---

<sup>10</sup> Legge 19/11/1990, n. 341 ("Riforma degli ordinamenti didattici universitari")

<sup>11</sup> Decreto 22/10/2004, n. 270 ("Modifiche al regolamento recante norme concernenti l'autonomia didattica degli atenei, approvato con Decreto del Ministro dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica 3/11/1999, n. 509")

delle lezioni. A chi supera l'esame finale, l'Università di Ferrara rilascia il relativo attestato e riconosce 21 Crediti Formativi Universitari (CFU).

### 3.2.2 - Formazione presso enti di formazione accreditati

La formazione dei tecnici in acustica potrebbe essere conseguita, non solo tramite i corsi predisposti dalle strutture universitarie, ma anche attraverso i corsi allestiti presso enti di formazione accreditati dalle Regioni (corsi di questo tipo sono organizzati da anni in diverse aree del nostro Paese). Rimane comunque l'esigenza che tali corsi, al pari di quelli universitari, siano di "elevato livello tecnico-scientifico" come sottolineato dalla già citata delibera della Regione Emilia-Romagna (cfr. par. 2.1.3).

A proposito della formazione presso enti accreditati a livello regionale, può essere interessante osservare che la Regione Emilia-Romagna ha recentemente riconosciuto la qualifica professionale di tecnico in acustica ambientale<sup>12</sup>. Questa nuova qualifica è inserita nell'area relativa alla "Difesa e valorizzazione del territorio" a cui afferiscono anche altre qualifiche attinenti le tematiche dei rifiuti urbani, delle risorse idriche e agroforestali, dell'energia, ecc..

Secondo la Regione Emilia-Romagna il tecnico in acustica ambientale deve essere "in grado di effettuare misurazioni e valutazioni del rumore in ambienti di lavoro, abitazioni e spazi esterni, di classificare acusticamente i territori e di redigere piani di risanamento acustico svolgendo le relative attività di controllo". Si può osservare che questa delibera, come d'altra parte quella citata nel par. 2.1.3, fa esplicito riferimento anche al rumore nei luoghi di lavoro, delineando così una unica figura professionale come sostenuto in questo lavoro (cfr. par. 3).

La Regione Emilia-Romagna definisce in misura dettagliata le competenze che il tecnico deve possedere e quindi, di fatto, le tematiche e gli argomenti oggetto di studio e approfondimento nell'ambito del percorso formativo. La qualifica di tecnico in acustica ambientale può essere conseguita tramite corsi di 500 ore (finalizzati alla professionalizzazione di giovani non occupati) e corsi di 300 ore (destinati alla professionalizzazione di giovani-adulti occupati e non occupati). I corsi prevedono una frazione di ore riservate agli *stages* compresa tra il 20 e il 45 % del monte ore complessivo.

Per quanto riguarda il riconoscimento degli enti di formazione si può citare la legge della Regione Emilia-Romagna 30 giugno 2003 n. 12 (precedente nota 6) che, nell'ambito di un sistema integrato tra politiche del lavoro, istruzione e formazione professionale, prevede l'accreditamento delle strutture formative (art. 33).

### 3.2.3 - Considerazioni

In relazione ai corsi di formazione dei tecnici in acustica, organizzati da strutture universitarie e da enti accreditati, possono essere sottolineati cinque aspetti riguardanti, nell'ordine: programma di studio, corpo insegnante, coordinamento, difficoltà didattiche, informazione.

1) Le normative riguardanti l'acustica sono sostanzialmente le medesime in tutto il territorio del nostro Paese. Per rendere omogenea la preparazione degli allievi, i

---

<sup>12</sup> Emilia-Romagna: DGR n. 581/2009 ("Approvazione di nuove qualifiche professionali e relativi standard formativi ai sensi della DGR n. 2166/2005")

corsi di formazione dovrebbero quindi riferirsi allo stesso programma di studio da definirsi a livello nazionale. Detto programma dovrebbe essere puntuale e dettagliato; nell'ambito dei corsi esso dovrebbe essere rigorosamente rispettato anche per quanto concerne la cronologia dei temi trattati.

- 2) A fianco dei professori universitari, le attività didattiche potrebbero essere svolte (come di fatto già avviene) anche da tecnici pubblici e/o liberi professionisti di riconosciuta capacità scientifica e didattica con notevole esperienza riguardo ai temi trattati.
- 3) Va previsto un tavolo nazionale di coordinamento al fine di consentire il confronto tra esperienze diverse e di favorire l'ottimizzazione dei corsi in termini organizzativi e didattici, nonché allo scopo di convergere per quanto possibile verso *standards* uniformi di elevato livello scientifico.
- 4) Come è noto, l'acustica è caratterizzata dalla massima interdisciplinarietà [8]: essa spazia infatti dalla fisica, all'ingegneria, alle scienze della terra e ambientali, alla medicina, ecc.. Nel contempo essa è contraddistinta da una notevole diversificazione in tematiche specifiche: metrologia, acustica architettonica, acustica dei materiali e dei sistemi edilizi, acustica ambientale, rumore e vibrazioni nei luoghi di lavoro, ecc.. Ne deriva che i soggetti interessati all'acustica provengono dai più svariati settori: la differenziazione della formazione di base di queste persone pone evidenti difficoltà didattiche nello svolgimento dei corsi. Di questo problema va preso atto cercando possibili soluzioni, ad esempio prevedendo lezioni pre-corso dedicate alla matematica e alla statistica, nonché assicurando un congruo numero di ore di assistenza didattica (cfr. par. 3.2.1).
- 5) Le informazioni in merito all'organizzazione dei corsi presso le varie sedi dovrebbero essere esaustive e integrate tra loro in modo da essere facilmente raccolte da tutte le persone interessate. A tale scopo potrebbe essere allestita una finestra all'interno di un sito *web* prendendo spunto anche dall'iniziativa avviata dall'*European Acoustics Association* (EAA) e denominata EAA-SCHOLA (cfr. par. 4). A proposito di informazione va osservato che, attualmente, le offerte didattiche sul tema dell'acustica, non solo riferite ai corsi sopra menzionati, ma anche a quelli all'interno dei normali piani di studio universitari, sono note solo in misura scarsa e frammentaria. Ciò può pregiudicare la concretizzazione dell'interesse dei giovani nei confronti dell'acustica. Il sito *web* sopra citato potrebbe quindi raccogliere tutte le informazioni relative alla didattica nel nostro Paese riguardanti questa disciplina.

### 3.3 - TIROCINIO DEL TECNICO IN ACUSTICA

Il tirocinio ha la sua importanza, ma va sviluppato a termine dell'*iter* formativo e non può sostituirsi a esso; inoltre per essere effettivamente proficuo deve svolgersi all'interno dei corsi di formazione e non certo presso i tecnici in acustica già riconosciuti (cfr. par. 2.1.2 e 3). Il corpo insegnante dovrebbe quindi essere costituito dagli stessi docenti impegnati nei corsi.

Durante il tirocinio si dovrebbero affrontare più casi reali riguardanti settori diversi tra loro. Gli insegnanti dovrebbero entrare il più possibile nella specificità dei casi; nel contempo questi casi dovrebbero essere generalizzati in modo che le conoscenze



acquisite dagli allievi possano tornare utili in altre circostanze. Gli allievi dovrebbero partecipare attivamente a tutte le fasi delle indagini, dalla loro impostazione, alle misurazioni, alla elaborazione dei dati, alla redazione della relazione conclusiva.

Ovviamente l'organizzazione di attività di tirocinio pone non poche difficoltà, se non altro per il reperimento di casi di forte valenza didattica da esaminare. Queste difficoltà potrebbero essere superate se gli organizzatori dei corsi e i possibili soggetti committenti di attività nel campo dell'acustica (Comuni, associazioni imprenditoriali, ecc.) affrontassero congiuntamente tali problemi.

### **3.4 - RICONOSCIMENTO DEL TECNICO IN ACUSTICA**

#### **3.4.1 - Verifica delle competenze acquisite**

Le competenze acquisite da ciascun allievo tramite la partecipazione al corso di formazione e al tirocinio potrebbero essere valutate dal corpo insegnante mediante esami scritti e orali. Agli esami dovrebbero essere ammessi solo gli allievi la cui presenza alle lezioni e agli *stages* non risulta inferiore ad un determinato monte ore (ad esempio l'80% del monte ore complessivo, cfr. par. 3.2.1). L'elenco dettagliato dei temi oggetto degli esami e la tipologia degli esami stessi dovrebbero essere definiti univocamente a livello nazionale. L'attestato di partecipazione e di superamento degli esami dovrebbe essere rilasciato dallo stesso ente organizzatore del corso.

Questa via, già messa in atto in alcuni territori regionali (cfr. par. 2.1.3), sembra la più facilmente percorribile, anche se va presa in considerazione la proposta di centralizzare la verifica delle competenze garantendo così alla valutazione finale una maggiore omogeneità [7]. Come avviene per l'abilitazione dell'esperto qualificato in radioprotezione ai sensi del DLgs 230/1995<sup>13</sup>, allegato V, l'esame potrebbe essere tenuto da una Commissione istituita presso una sede ministeriale.

#### **3.4.2 - Iscrizione negli elenchi**

Parimenti, superati gli esami e ottenuto il relativo attestato, l'iscrizione negli elenchi nominativi dei tecnici in acustica potrebbe seguire due strade.

La via più semplice è quella attualmente in vigore, ossia la registrazione dei tecnici in elenchi territoriali. Vanno comunque assolutamente scongiurate le difformità, non solo procedurali ma anche sostanziali, attualmente in essere tra le diverse aree del nostro Paese (come si è visto nel par. 2.1.3, gli elenchi sono gestiti, a seconda dei territori, dalle Regioni, dalle Amministrazioni Provinciali o dalle ARPA). Va ribadito ancora una volta che la figura professionale del tecnico in acustica dovrebbe essere univoca in tutto il territorio nazionale: la normativa riguardante tale figura dovrebbe essere chiara ed esaustiva, dovrebbe determinare in misura puntuale le relative competenze, dovrebbe definire tutti i passaggi del processo di riconoscimento (requisiti per essere ammessi all'esame, contenuti e tipologia dell'esame stesso, modalità di iscrizione nei registri, ecc.) e dovrebbe essere la medesima in tutto il Paese.

---

<sup>13</sup> DLgs 17 marzo 1995, n. 230 ("Attuazione delle direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 92/3/Euratom e 96/29/Euratom in materia di radiazioni ionizzanti")

In alternativa agli elenchi territoriali, potrebbe essere istituito un elenco nazionale, come nel caso degli esperti in radioprotezione ai sensi del DLgs 230/1995, allegato V. Lo stesso allegato può essere preso a modello per quanto riguarda l'istituzione di un elenco<sup>14</sup>. A termine si può osservare che, qualora gli esami fossero a carico delle strutture universitarie o degli enti di formazione accreditati, i registri potrebbero rimanere regionali, mentre nel caso gli esami fossero centralizzati, il registro potrebbe essere nazionale.

### 3.4.3 - Sanatoria e doppio livello di qualificazione

Il fatto che oggi, a oltre 10 anni dalle disposizioni legislative che hanno definito la figura del tecnico in acustica, "tutti" i soggetti interessati alla professione siano "in qualche modo" diventati tecnici in acustica (cfr. par. 1), non deve costituire un freno all'esigenza di mettere mano a un quadro legislativo inadeguato. Per cui, non solo vanno definite tutte le procedure trattate in precedenza, ma va anche necessariamente affrontato il problema di una nuova<sup>15</sup> sanatoria per i tecnici già riconosciuti [7]. Non si ritiene di entrare nel merito di questo aspetto, anche se si possono fin da ora individuare alcuni parametri che potrebbero permettere una graduale scrematura dei tecnici già abilitati, quali ad esempio l'effettivo esercizio della professione e l'aggiornamento tecnico-scientifico (i tecnici che non esercitano o che non si aggiornano, decadono).

Il problema della sanatoria suggerisce anche una ulteriore soluzione: la creazione di due livelli di tecnico in acustica, il primo che potrebbe accogliere i tecnici abilitati ai sensi delle attuali disposizioni legislative e il secondo (maggiormente qualificato) che potrebbe contraddistinguere i tecnici abilitati a seguito delle nuove disposizioni qui auspiccate. A quest'ultimo livello potrebbero accedere anche i tecnici già abilitati che sono diventati tecnici in acustica grazie ai corsi di formazione oppure che si sottopongono *ex novo* a tali corsi. La creazione di un livello superiore di qualificazione incentiverebbe quindi la formazione del tecnico.

### 3.5 - AGGIORNAMENTO DEL TECNICO IN ACUSTICA

L'aggiornamento del tecnico in acustica dovrebbe essere obbligatorio. Esso potrebbe basarsi sulla partecipazione ad attività di informazione (convegni, seminari, ecc.) periodicamente organizzati da associazioni scientifiche (AIA, AIDII, ecc.) o da enti pubblici a carattere territoriale (ARPA, AUSL, ecc.) e nazionale (ISPRA, INAIL, ecc.). A questo riguardo non si può non sottolineare con soddisfazione che molte di queste attività vengono da anni organizzate *congiuntamente* dalle stesse associazioni e dagli stessi enti sopra indicati. A questi ultimi va senz'altro aggiunto l'ISPESL,

---

<sup>14</sup> L'allegato V del DLgs 230/1995 si articola nei seguenti punti: elenchi nominativi, requisiti per l'iscrizione negli elenchi, commissioni per l'iscrizione negli elenchi, compiti e deliberazioni delle commissioni, accertamento della capacità tecnica e professionale, modalità per l'ammissione e lo svolgimento dell'esame di abilitazione, iscrizione negli elenchi, titoli per l'ammissione all'esame di abilitazione, contenuto dell'esame di abilitazione, cancellazioni dagli elenchi

<sup>15</sup> Nel paragrafo 2.1.1 si è visto che negli anni immediatamente successivi alla Legge Quadro sono stati riconosciuti tecnici competenti tutti i soggetti richiedenti che avevano esercitato attività nel campo dell'acustica ambientale.

oggi confluito nell'INAIL, che ha certamente fornito un grande contributo alla crescita dei soggetti impegnati nel campo della tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro. L'aggiornamento dei tecnici potrebbe inoltre fondarsi sull'adesione a corsi tematici organizzati nelle sedi delle strutture universitarie e degli enti accreditati in cui si tengono i corsi di formazione.

La partecipazione agli eventi di aggiornamento potrebbe essere confermata dagli attestati rilasciati dagli enti organizzatori e/o da un sistema simile a quello che conferisce i crediti ECM (Educazione Continua in Medicina) in ambito sanitario.

#### 4 - CONCLUSIONI

Indubbiamente il problema della definizione della figura professionale del tecnico in acustica è complesso. Le osservazioni svolte in questo lavoro non hanno certo la pretesa di essere esaustive; esse hanno solo l'obiettivo di sollevare una discussione che a giudizio dello scrivente non è più differibile. Tale discussione dovrebbe basarsi su informazioni reperite in Europa e nel nostro Paese e riguardare sostanzialmente la tematica della formazione e il problema del riconoscimento.

Per quanto riguarda la formazione, sarebbe utile acquisire dati in merito alle caratteristiche dei corsi previsti nei sistemi scolastici dei diversi Paesi. Al riguardo, la già citata (cfr. par. 3.2.3) iniziativa della *European Acoustics Association*, denominata EAA-SCHOLA, potrebbe costituire un utile strumento: essa offre sul sito *web* della EAA informazioni riguardanti i corsi di acustica attivati nei Paesi europei. A questo proposito va rammentato che l'insegnamento dell'acustica è diffuso in particolare in Francia, Germania e Gran Bretagna; quest'ultimo Paese può essere preso a riferimento per quanto concerne i corsi di formazione e specializzazione organizzati ad esempio presso l'*Institute of Sound and Vibration Research* dell'Università di Southampton [8].

Ovviamente le informazioni da raccogliere nel nostro Paese presso i soggetti organizzatori di corsi di formazione (strutture universitarie e enti accreditati) dovrebbero essere approfondite e riferite a tutto il territorio nazionale. Esse dovrebbero riguardare anche le nuove offerte didattiche, quali i corsi di laurea in Tecniche della Prevenzione nell'ambiente e nei luoghi di lavoro, in Tecniche del Controllo Ambientale, ecc. organizzati in alcuni Atenei.

Per quanto attiene il riconoscimento, sarebbe opportuno considerare come la figura professionale del tecnico in acustica è definita nelle altre nazioni dell'Unione Europea, in modo da giungere, se possibile, a posizioni comuni.

Sul tema della formazione e dell'aggiornamento nonché, in alcuni casi, del riconoscimento della figura professionale, sarebbe utile riferirsi anche alle esperienze maturate dalle associazioni scientifiche, quali ad esempio l'*Institute of Acoustics* (Gran Bretagna), nonché l'*Institute of Noise Control Engineering* e l'*Acoustical Society of America* (Stati Uniti). Importanti informazioni potrebbero essere assunte tramite, non solo la già citata EAA, ma anche attraverso l'*International Commission for Acoustics*. Le sessioni organizzate su tali argomenti nei convegni internazionali potrebbero costituire una fonte preziosa di dati [8].

Per quanto concerne aspetti di carattere nazionale, andrebbero prese in considerazione le soluzioni offerte dagli Istituti di Certificazione accreditati dal

Sistema Nazionale per l'Accreditamento degli Organismi di Certificazione e Ispezione (SINCERT), quali ad esempio l'Istituto di Certificazione delle Figure della Prevenzione (ICFP) e il Centro Italiano di Certificazione per le Prove Non Distruttive (CICPND). L'ICFP certifica la figura professionale dell'igienista industriale e del tecnico igienista industriale, mentre il CICPND certifica il tecnico esperto in acustica, suono e vibrazioni di livello 1, 2 e 3.

Si dovrebbe inoltre fare riferimento al Consiglio Nazionale dell'Economia e del Lavoro (CNEL) che ha elaborato un disegno di legge sulle professioni non regolamentate sulla base di una continua attività di monitoraggio di tali professioni [9]. La discussione dovrebbe coinvolgere, oltre ovviamente alle forze politiche e ai Ministeri competenti, gli Enti pubblici (ISPRA, ARPA, INAIL, AUSL, ecc.), le Associazioni scientifiche e di categoria, gli Ordini e i Collegi professionali.

Si ringraziano *Daniele Bertoni* (Esperto in acustica ambientale, Modena), *Giovanni Brambilla* (CNR, Roma), *Antonino Di Bella* (Università di Padova), *Giuseppe Elia* (Eurofins Modulo Uno, Torino), *Patrizio Fausti* (Università di Ferrara), *Jacopo Fogola* (ARPA Piemonte, Torino), *Maurizio Poli* (ARPA Emilia-Romagna, Reggio Emilia) e *Roberto Pompoli* (Università di Ferrara) per i preziosi suggerimenti

## 5 – BIBLIOGRAFIA

- 1] Peretti A. L'evoluzione degli strumenti di misura del rumore e delle vibrazioni negli ambienti di lavoro. *Giornale degli Igienisti Industriali*, vol. 34, 1, gennaio 2009, 71-83
- 2] Gruppo di Acustica Ambientale, Associazione Italiana di Acustica. Seminario "Lo specialista in acustica. Formazione, competenze e riconoscimento del tecnico preposto alle valutazioni del rumore e delle vibrazioni". Modena, 8 ottobre 1992
- 3] Gruppo di Acustica Ambientale, Associazione Italiana di Acustica. Seminario "Il tecnico in acustica: compiti, professionalità e prospettive di lavoro". Modena, 11 ottobre 1996
- 4] Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province Autonome - ISPESL. Linee guida per la valutazione del rischio rumore negli ambienti di lavoro. Roma, luglio 2005
- 5] Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome. DLgs 81/2008, Titolo VIII, Capo I, II e II sulla prevenzione e protezione dai rischi dovuti all'esposizione ad agenti fisici nei luoghi di lavoro - Prime indicazioni applicative. 18 dicembre 2008
- 6] Peretti A., Merluzzi F., Pasqua di Bisceglie A., Bartolucci G.B. Rumore negli ambienti di lavoro: interazione tra tecnico consulente e medico competente. *Giornale degli Igienisti Industriali*, vol. 34, 2, aprile 2009, 154-174
- 7] Poli M., Callegari A., Bassanino M., Bertoni D., Gabrieli T. Criticità e proposte di modifica della Legge Quadro a quindici anni dall'emanazione. Atti del Seminario GAA-AIA "Riflessioni e proposte per l'evoluzione della legislazione sul rumore ambientale". Siracusa, 26 maggio 2010
- 8] Brambilla G. La formazione del tecnico acustico in Europa. Relazione tenuta nell'ambito del seminario "Il tecnico in acustica: compiti, professionalità e prospettive di lavoro". Modena, 11 ottobre 1996 (non pubblicata)
- 9] CNEL. V Rapporto di monitoraggio sulle professioni non regolamentate. 2005



## **QUALE PERSONALE QUALIFICATO PER VALUTARE IL RISCHIO DA CAMPI ELETTROMAGNETICI E RADIAZIONI OTTICHE?**

**Luisa Biazzi**

Università degli Studi di Pavia, Fisica Medica

### **1 - PREMESSA**

Lo scopo della relazione è fornire indicazioni riguardo al profilo professionale del *“personale qualificato nell’ambito del servizio di prevenzione e protezione in possesso di specifiche conoscenze in materia”* di cui all’art.181 comma 2 del D.Lgs.n.81 del 9 aprile 2008 aggiornato dal D.Lgs.n.106 del 3 agosto 2009 deputato a valutare i rischi dagli agenti fisici campi elettromagnetici e radiazioni ottiche artificiali al fine di individuare le competenze e i percorsi formativi necessari per tali specifiche figure che devono fornire un supporto ai datori di lavoro in materia di sorveglianza fisica dei campi elettromagnetici non ionizzanti (ottici e non).

### **2 - IL QUADRO NORMATIVO**

Il D.Lgs. n.81/2008, aggiornato dal D.Lgs.n.106/2009, che costituisce il cosiddetto testo unico in materia di sicurezza del posto di lavoro e dei lavoratori che ha sostituito dal 16 maggio 2008 il D.Lgs.n.626/1994 e successive modificazioni, al Titolo VIII tratta delle attività comportanti esposizione agli “agenti fisici” quali (art.180) rumore, ultrasuoni, infrasuoni, vibrazioni meccaniche, campi elettromagnetici, radiazioni ottiche di origine artificiale, microclima, atmosfere iperbariche “che possono comportare rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori” e indica i requisiti minimi per la protezione dei lavoratori contro i rischi per la loro salute e la loro sicurezza.

La protezione dei lavoratori dalle esposizioni agli agenti fisici “radiazioni ionizzanti” è disciplinata altrimenti e unicamente dal D.Lgs. n.230/1995 e successive modificazioni e integrazioni che riguardano sia la protezione dei lavoratori che quella della popolazione e dei pazienti sottoposti a indagini sanitarie.

Il Titolo VIII si compone di cinque capi:

-il Capo I (art.180-186) riguarda le disposizioni di carattere generale comuni a tutti gli agenti fisici disciplinati dallo stesso titolo nei capi specifici successivi; in particolare, oltre alle definizioni e al campo di applicazione, contiene disposizioni in

merito alle modalità e alle tecniche di valutazione dei rischi derivanti dall'esposizione agli agenti fisici, all'adozione di misure idonee per la prevenzione e protezione dei lavoratori adattate alle esigenze dei lavoratori appartenenti a gruppi particolarmente sensibili al rischio se presenti sul luogo di lavoro, alla frequenza e all'aggiornamento delle valutazioni, alle disposizioni finalizzate a eliminare o ridurre i rischi tenuto conto del progresso tecnico e della disponibilità di misure per controllare il rischio alla fonte, all'informazione e formazione dei lavoratori esposti ai rischi, alla sorveglianza sanitaria;

-i Capi dal II al V contengono disposizioni riguardo alla protezione dei lavoratori nelle attività che comportano o possono comportare esposizione a rischi fisici contemplati da direttive europee, e precisamente:

-il Capo II (art.187-198) i rischi di esposizione al rumore di cui alla direttiva 2003/10/CE, a suo tempo recepita con D.Lgs.n.195/2006 inserito del Titolo V bis del D.Lgs.n.626/1994;

-il Capo III (art.199-205) con l'allegato XXXV i rischi di esposizione a vibrazioni meccaniche di cui alla direttiva 2002/44/CE, a suo tempo recepita con D.Lgs.n.187/2005;

-il Capo IV (art.206-212) con l'allegato XXXVI i rischi di esposizione a campi elettromagnetici (da 0 Hz a 300 GHz) di cui alla direttiva 2004/40/CE, a suo tempo recepita con D.Lgs.n.257/2007 inserito nel Titolo V ter del D.Lgs.n.626/1994 (trattasi dei campi magnetici statici e campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici variabili nel tempo con frequenza inferiore o pari a 300 GHz);

-il Capo V (art.213-218) con l'allegato XXXVII-parti 1 e 2 i rischi di esposizione a radiazioni ottiche artificiali di cui alla direttiva 2006/25/CE (trattasi delle radiazioni elettromagnetiche nella gamma di lunghezza d'onda compresa tra 100 nm e 1 mm; lo spettro delle radiazioni ottiche si suddivide in radiazioni ultraviolette, radiazioni visibili, radiazioni infrarosse sia coerenti (laser) che non coerenti (sorgenti ottiche diverse dai laser).

-il Capo VI (art.219-220) le sanzioni a carico dei datore di lavoro, dei dirigenti, del medico competente.

La valutazione dei rischi derivanti dall'esposizione agli agenti fisici individuati all'art.180, deve permettere, conformemente all'art.181 comma 1, di "identificare e adottare le opportune misure di prevenzione e protezione con particolare riferimento alle norme di buona tecnica e alle buone prassi: le prime sono le norme tecniche nazionali (UNI, CEI) e internazionali (CEN, ISO), le seconde sono soluzioni organizzative o procedurali coerenti con la normativa vigente e con le norme di buona tecnica, adottate volontariamente e finalizzate a promuovere la salute e la sicurezza nei luoghi di lavoro attraverso la riduzione dei rischi e il miglioramento delle condizioni di lavoro, elaborate e raccolte dalle Regioni, dall'ISPESL, dall'INAIL e dagli organismi paritetici di cui all'art.51, validate dalla Commissione consultiva permanente per la salute e la sicurezza previa istruttoria tecnica dell'ISPESL.

Per le esposizioni derivanti dagli agenti fisici che non hanno una corrispondente direttiva europea (ultrasuoni, infrasuoni, microclima, atmosfere iperbariche) si applicano comunque i criteri per la valutazione dei rischi derivanti dagli agenti fisici

con riferimento particolare alle norme di buona tecnica e di buone prassi ovvero, in carenza di queste, linee guida proposte da organismi scientificamente accreditati.

La valutazione dei rischi da agenti fisici deve essere aggiornata ogniqualvolta si verificano mutamenti che potrebbero renderla obsoleta ovvero quando i risultati della sorveglianza sanitaria rendano necessaria la sua revisione. I dati ottenuti dalla valutazione, misurazione e calcolo dei livelli di esposizione costituiscono parte integrante del documento di valutazione del rischio.

Nella valutazione dei rischi da agenti fisici il datore di lavoro indica le misure di prevenzione e protezione da adottare; tale valutazione fa parte integrante del documento di valutazione dei rischi di cui all'art.28 e, nell'ottica di una semplificazione della gestione della sicurezza aziendale, può includere una giustificazione del datore di lavoro per cui la natura e l'entità dei rischi non richiedono una valutazione più approfondita del rischio in quanto i rischi sono incontrovertibilmente trascurabili.

L'art.181, che concerne le disposizioni relative alla valutazione dei rischi specifici derivanti da esposizioni professionali ad agenti fisici nell'ambito della più ampia valutazione dei rischi di cui all'art.28 del D.Lgs. n.81/2008, costituisce il volano per identificare e adottare le opportune misure di prevenzione e protezione dai rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori.

La valutazione dei rischi rappresenta un obbligo fondamentale e indelegabile del datore di lavoro (art.17) e un onere complesso finalizzato alla tutela delle condizioni di lavoro per assicurare la quale, come recita l'art.2087 del Codice civile (R.D.16.3.1942 n.262), *“L'imprenditore è tenuto ad adottare nell'esercizio dell'impresa le misure che, secondo la particolarità del lavoro, l'esperienza e la tecnica, sono necessarie a tutelare l'integrità fisica e morale dei prestatori di lavoro”*.

Il processo di valutazione, controllo e gestione dei rischi, pur in presenza di norme di buona tecnica e di buona prassi di riferimento e ancor più in loro carenza, comporta necessariamente un intervento soggettivo da parte del valutatore nel dare più o meno importanza ad alcuni aspetti che caratterizzano l'attività lavorativa e i rischi connessi ad essa e quindi nell'adottare le misure e gli interventi di prevenzione e protezione conseguenti. Le cause sono svariate non ultima la familiarità con la tipologia di lavoro anche se potenzialmente rischioso che porta ad una sottostima dei rischi, in particolare se nella storia dell'azienda non si sono verificati incidenti rilevanti oppure l'abitudine a considerare “normali” metodi di lavoro attrezzature, procedure che viceversa non sono corretti e potrebbero essere modificati o migliorati.

Pertanto se dal punto di vista giuridico l'obbligo della valutazione dei rischi e delle azioni conseguenti è in capo al datore di lavoro, dal punto di vista tecnico-organizzativo il datore di lavoro deve coinvolgere nel processo valutativo, come peraltro previsto dal D.Lgs. n.81/2008, alcune figure aziendali chiave della linea aziendale, quali i dirigenti e i preposti, ossia coloro che di fatto esercitano i poteri



direttivi, in quanto in possesso di conoscenze e competenze specifiche inerenti l'attività lavorativa ma anche di obblighi connessi ai poteri esercitati tra cui le posizioni di garanzia (art.299 del D.Lgs. n.81/2008) riguardo alla sicurezza dei lavoratori e gli adempimenti previsti dal D.Lgs. n.81/2008. Ciò permette di ridurre la discrezionalità nel processo valutativo attraverso il contributo di molteplici conoscenze ed esperienze secondo i diversi settori professionali, utili per una visione complessiva e oggettiva della stima dei rischi e per individuare le azioni più opportune per affrontarli e ridurli.

Il coinvolgimento nell'attività di prevenzione e protezione dai rischi professionali per i lavoratori deve riguardare tutta la filiera aziendale: si sottolinea in particolare l'obbligo della collaborazione nella valutazione dei rischi (art.29 comma 1 del decreto) del responsabile e/o degli addetti del servizio di prevenzione e protezione e del medico competente (nei casi di cui all'art.41 del decreto) per fornire l'apporto nei rispettivi campi professionali nonché la consultazione del rappresentante dei lavoratori per la sicurezza e il coinvolgimento dei lavoratori attraverso la formazione sui rischi lavorativi e la comunicazione reciproca di esperienze e conoscenze dei rischi e di eventuali sintomi manifestati.

### 3 - SITUAZIONI ESPOSITIVE PARTICOLARI

Alcune situazioni lavorative particolari possono richiedere specifiche conoscenze culturali ad esempio sui principi fisici posti alla base dei processi lavorativi e competenze tecniche dedicate per valutare i rischi e individuare le strategie di contenimento degli stessi. In questi casi il datore di lavoro deve avvalersi necessariamente di competenze professionali mirate.

In questo senso va interpretato, a parere della scrivente, il secondo comma dell'art.181 (valutazione dei rischi da agenti fisici): *“la valutazione dei rischi derivanti da esposizioni ad agenti fisici è programmata ed effettuata, con cadenza almeno quadriennale, da personale qualificato nell'ambito del servizio di prevenzione e protezione in possesso di specifiche conoscenze in materia”*.

L'art.181 fa parte del Capo I del Titolo VIII del D.Lgs.n.81/2008 e pertanto si riferisce a tutti gli agenti fisici: ciò significa che per la valutazione dei rischi fisici il datore di lavoro si deve avvalere della collaborazione di personale “qualificato” con conoscenze specifiche in materia dei rischi disciplinati dai vari Capi specifici: queste competenze vanno ricercate all'interno del servizio di prevenzione e protezione; qualora non presenti, il datore di lavoro le dovrà individuare all'esterno dell'azienda.

Infatti le conoscenze e i requisiti educativo-formativi e di esperienza devono essere adeguati allo svolgimento di mansioni specialistiche sul tema della tutela dei lavoratori (ma anche della tutela dei pazienti per gli impieghi in campo medico) per una corretta valutazione dei rischi connessi con l'utilizzo di agenti fisici, in particolare le sorgenti di campi elettromagnetici con frequenza comprese da 0 Hz a 300 GHz e le sorgenti ottiche artificiali con lunghezze d'onda comprese da 100 nm e

1 mm (laser e non) impiegate in ambito professionale, in campo industriale, di ricerca, sanitario e in settori civili e ambientali per la tutela dei lavoratori e dei pazienti (per gli impieghi in campo medico).

In proposito il D.Lgs.n.81/2008 aggiornato dal D.Lgs.106/2009 non fornisce suggerimenti in materia se non che il datore di lavoro verifica in prima istanza l'esistenza di tali conoscenze specifiche all'interno del Servizio di prevenzione e protezione aziendale e, in mancanza, si deve rivolgere a figure esterne che gli possano dare adeguate garanzie di qualificazione professionale e conoscenze.

Va detto che il datore di lavoro che violi il comma 2 dell'articolo 181 è punito con l'arresto da tre a sei mesi o con l'ammenda da €2.500 a €6.400 (art.219 comma 1 lettera a del D.Lgs. n.81/2008 aggiornato dal D.Lgs.n.106/2009), quindi anche per l'affidamento dell'incarico a personale che non presenti i requisiti indicati ("colpa in eligendo").

#### **4 - LA QUALIFICAZIONE PROFESSIONALE SPECIFICA**

Come il datore di lavoro può verificare ovvero il valutatore attestare la qualificazione professionale e il possesso di "specifiche conoscenze" in materia?

Il D.Lgs. n.81/2008 non fornisce indicazioni sul percorso formativo in materia né sulla durata e sul contenuto dei corsi né sui soggetti autorizzati alla valutazione e all'attestazione finale.

Ci si chiede pertanto che indicazioni dare ai datori di lavoro in merito ai requisiti riguardo al profilo professionale del "personale qualificato" a valutare i rischi di esposizione nei due ambiti dello spettro elettromagnetico di cui ai Capi IV e V al fine di individuare le competenze e i percorsi formativi necessari per tali specifiche figure che devono fornire un supporto ai datori di lavoro in materia di sorveglianza fisica dai rischi dei campi elettromagnetici non ionizzanti (ottici e non ottici).

##### **4.1 - LE INDICAZIONI DEL COORDINAMENTO TECNICO DELLE REGIONI**

Il Coordinamento tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle province autonome, in collaborazione con l'ISPESL (Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del lavoro) e l'ISS (Istituto Superiore di Sanità) ha approvato in data 11 marzo 2010 un documento dal titolo "Decreto legislativo 81/2008 Titolo VIII Capo I, II, III, IV e V sulla prevenzione e protezione dai rischi dovuti all'esposizione ad agenti fisici nei luoghi di lavoro. Indicazioni operative". Il documento si articola in domande e risposte.

L'argomento in questione viene affrontato in vari punti.

Capo I-Punto 1.05: *"Cosa si intende per "personale qualificato nell'ambito del servizio di prevenzione e protezione in possesso di specifiche conoscenze in materia" circa "le specifiche conoscenze in materia?"*

Il documento ritiene che informazioni utili al fine dell'accertamento possano essere ritenute le seguenti: tipologia di formazione scolastica, eventuali corsi di specializzazione, eventuale iscrizione ad albo (quando previsto), curriculum professionale. Nell'immediato si suggerisce di giudicare "personale qualificato" essenzialmente sulla base del rispetto delle norme di buona prassi (apparecchiature adeguate, modalità tecniche appropriate) e del prodotto finale (Relazione tecnica e/o Documento di valutazione dei rischi).

Capo I-Punto 1.06: *"Il personale qualificato chiamato ad effettuare la valutazione deve essere sempre nell'ambito del SPP (Servizio di Prevenzione e Protezione) o può essere esterno?"*

Il documento afferma che per effettuare la valutazione del rischio il datore di lavoro deve avvalersi di personale qualificato secondo quanto previsto dall'art.181 comma 2 del D.Lgs. n.81/2008. Quando queste competenze non sono presenti nel personale interno (nell'ambito del SPP), il datore di lavoro deve avvalersi di consulenti esterni all'azienda.

Capo IV-Punto 4.03 e Capo V-Punto 5.05: *"Quali caratteristiche deve avere il "personale adeguatamente qualificato" che effettua la valutazione del rischio (Capo IV-campi elettromagnetici, Capo V-radiazioni ottiche artificiali)?"*

Fermi restando i principi generali fissati dal Titolo I del D.Lgs.n.81/2008, i riferimenti legislativi vanno ricercati tanto nell'art.32 "Capacità e requisiti professionali degli addetti e dei responsabili dei servizi di prevenzione e protezione interni ed esterni" quanto nell'art. 181 del D.Lgs.n.81/2008 ove si afferma che il personale qualificato deve avere specifiche conoscenze in materia di rischi da agenti fisici. In questo contesto la dicitura "personale qualificato" definisce correntemente un operatore che abbia sostenuto un corso di qualificazione conclusosi con una valutazione positiva e documentabile dell'apprendimento.

In assenza di qualsiasi riferimento su durata e contenuti del corso, sui soggetti (enti/aziende) autorizzati alla valutazione e all'espressione della certificazione finale, si suggerisce di giudicare il "personale qualificato" essenzialmente sulla base del curriculum (richiedendo un curriculum specifico nel settore e in particolare la partecipazione ad almeno un corso teorico-pratico sulla materia), del rispetto delle norme di buona tecnica e di buona prassi (apparecchiature adeguate, modalità tecniche appropriate) e del prodotto finale del proprio lavoro (una relazione tecnica con tutti gli elementi richiesti dal Capo IV-Punto 4.19 e dal capo V-Punto 5.20). Indicazioni sui requisiti di questa figura professionale che potrebbero orientare la scelta del datore di lavoro sono contenuti nel documento

*"La figura professionale dell'esperto nella valutazione dei rischi da campi elettromagnetici (0 Hz-300 GHz)-ECEM e da radiazioni ottiche non coerenti-ERO e coerenti-Addetto alla Sicurezza Laser in ambito sanitario-ASL e Tecnico per la Sicurezza Laser-TSL negli ambiti industriali, di ricerca e nei settori civili e ambientali"* redatti nel periodo giugno-novembre 2006 a cura della CIIP (Consulta Interassociativa Italiana per la Prevenzione) e disponibile sul sito della Consulta medesima (<http://www.ospedale sicuro.eu/>).

#### **4.2 - LE INDICAZIONI DELLA CIIP**

La Consulta Interassociativa Italiana per la Prevenzione (C.I.I.P.) è un organismo costituito agli inizi del 1990 tra le più rappresentative Associazioni professionali e scientifiche operanti nei settori della medicina del lavoro, dell'igiene industriale, della protezione ambientale, della sicurezza del prodotto e dell'ergonomia.

La Consulta ha due settori di interesse: tecnico-scientifico con propri Gruppi di Lavoro finalizzati all'elaborazione di proposte interdisciplinari su temi specifici e sociale per portare avanti dette proposte nelle sedi decisionali internazionali, comunitarie, nazionali, regionali.

La Consulta è composta dal Comitato dei Delegati delle Associazioni, aderenti su base volontaria, rappresentative di più di 12.000 figure professionali operanti nell'ambito della prevenzione.

Queste Associazioni sono state stimolate ad incontrarsi per affrontare i complessi problemi inerenti la tutela della salute della popolazione e dei lavoratori e la protezione dell'ambiente nonché le soluzioni normative e tecnico-organizzative necessarie per efficaci interventi di prevenzione.

Gli obiettivi comuni degli aderenti alla Consulta sono

- ✓ Promuovere l'elaborazione di corretti principi di prevenzione e favorire la loro diffusione
- ✓ Promuovere l'aggiornamento e l'avanzamento scientifico e tecnico anche tramite iniziative di informazione e formazione atte a favorire il progresso culturale e professionale
- ✓ Valorizzare le figure professionali operanti nel campo della prevenzione
- ✓ Fornire supporto tecnico-scientifico per lo studio e l'emanazione della normativa specifica anche comunitaria
- ✓ Stabilire collegamenti permanenti tra le esperienze associative e concordare posizioni comuni su particolari temi
- ✓ Partecipare ai comitati nelle sedi istituzionali di merito per rendere più incisiva l'azione associativa

Nell'ambito del settore tecnico-scientifico la Consulta ha attivato nel 2006 e portato a compimento nell'anno stesso un progetto al fine di predisporre una proposta concreta inerente i profili professionali dell'esperto nella valutazione dei campi elettromagnetici e dell'esperto nella valutazione delle radiazioni ottiche.

Tali profili si aggiungono a quelli predisposti da C.I.I.P. per le seguenti figure professionali:

- ✓ Tecnico della Prevenzione nei luoghi di lavoro presso il Servizio di Prevenzione e Sicurezza degli Ambienti di Lavoro delle ASL
- ✓ Responsabile del Servizio aziendale di Prevenzione Protezione dai rischi (RSPP)
- ✓ Ergonomo
- ✓ Igienista Industriale
- ✓ Medico del Lavoro (M. Competente e M. Vigilanza lavoro – ASL)
- ✓ Rappresentante dei Lavoratori per la Sicurezza (RLS)

Le Associazioni aderenti alla CIIP al novembre 2006 che hanno approvato i documenti inerenti i profili professionali per il valutatore dei rischi da campi elettromagnetici e da radiazioni ottiche sono le seguenti.

AIAS	Associazione Italiana tra Addetti alla Sicurezza
AICA	Associazione Italiana Consulenti Ambientali
AICARR	Associazione Italiana Condizionamento dell'Aria Riscaldamento e Refrigerazione
AIDII	Associazione Italiana degli Igienisti Industriali
AIE	Associazione Italiana di Epidemiologia
AiFOS	Associazione Italiana Formatori sulla Sicurezza
AI&P	Associazione Italiana per la Prevenzione e Protezione
AIRESPA	Associazione Responsabili dei Servizi di Prevenzione e Protezione in Ambito Sanitario
AIRM	Associazione Italiana di Radioprotezione Medica
AIRP	Associazione Italiana di Protezione contro le Radiazioni
AITeP	Associazione Italiana Tecnici Prevenzione nell'Ambiente e Luoghi di lavoro
AMBLAV	Associazione Ambiente e Lavoro
ANMA	Associazione Nazionale dei Medici d'Azienda e Competenti
ANMeLP	Associazione Italiana Medici del Lavoro Pubblici
ANPEQ	Associazione Nazionale Professionale degli Esperti Qualificati in Radioprotezione
SIE	Associazione Italiana di Ergonomia
Si.Tox	Società Italiana di Tossicologia
SNOP	Società Nazionale degli Operatori della Prevenzione

L'opportunità di definire i requisiti professionali di tali figure ha tratto spunto dalle due direttive europee inerenti la protezione dei lavoratori che sono rispettivamente la diciottesima e diciannovesima direttiva particolare ai sensi dell'art.16 par.1 della Direttiva 89/391/CE sulla sicurezza del lavoro:

- la **Direttiva 2004/40/CE del 29 aprile 2004**, pubblicata sulla G.U. L184 del 24 maggio 2004, sulle prescrizioni minime di sicurezza e salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici "campi elettromagnetici da 0Hz a 300GHz";

- la **Direttiva 2006/25/CE del 5 aprile 2006**, pubblicata sulla G.U.L114 del 27 aprile 2006, sulle prescrizioni minime di sicurezza e salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici "radiazioni ottiche artificiali", ossia radiazioni elettromagnetiche nella gamma di lunghezze d'onda da 100 nm a 1

mm, comprendenti radiazione ottica sia coerente (LASER) che non coerente (Ultravioletto, Visibile, Infrarosso).

Per definire il profilo professionale delle varie figure è stato necessario individuare prioritariamente e in modo preciso le competenze e i percorsi formativi necessari per tali specifici Esperti in relazione al loro ruolo e in vista di un riconoscimento formale in quanto gli Esperti devono fornire supporto ai datori di lavoro in materia di sorveglianza fisica dei campi elettromagnetici e delle radiazioni ottiche.

I profili elaborati riguardano le seguenti figure professionali:

- E.C.E.M. quale Esperto per la valutazione dei rischi da campi elettromagnetici,
- E.R.O. per la valutazione dei rischi da radiazioni ottiche incoerenti,
- A.S.L. per la valutazione dei rischi da radiazioni ottiche coerenti (LASER) impiegate in campo sanitario,
- T.S.L. per la valutazione dei rischi LASER in i settori non sanitari.

Per la definizione delle caratteristiche di ciascuna figura professionale di Esperti nei vari ambiti sono stati indicati:

- il contesto normativo
- i compiti dell'Esperto
- le conoscenze
- i requisiti educativo-formativi e di esperienza
- l'aggiornamento professionale

### **4.3 - IL PROFILO PROFESSIONALE DEGLI ESPERTI**

#### **4.3.1 – L'Esperto dei rischi derivanti dai campi elettromagnetici**

Per quanto riguarda “Profilo professionale dell'Esperto nella valutazione dei rischi derivanti da esposizione a campi elettromagnetici”, comprendenti campi magnetici statici, campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici variabili nel tempo di frequenza inferiore o pari a 300 GHz, la CIIP ha innanzi tutto voluto definire l'Esperto valutatore di campi elettromagnetici (E.C.E.M.) come una figura professionale idonea ad effettuare attività di sorveglianza fisica dei campi elettromagnetici, che include la valutazione intesa come stima, misura o calcolo dei livelli dei campi elettromagnetici a cui sono esposti i lavoratori.

Per tale figura professionale sono stati esplicitati i compiti specifici sulla base di quanto previsto per l'identificazione dell'esposizione e la valutazione dei rischi all'interno della Direttiva 2004/40/CE, integrandone i contenuti al fine di contemplare tutte le possibili problematiche dettate dalla presenza di campi elettromagnetici in ambiente di lavoro, d'intesa col medico competente. I compiti così determinati vanno pertanto dalla valutazione preventiva su nuove sorgenti alla determinazione periodica dei livelli di esposizione, fino alla definizione delle misure tecniche e procedurali per la riduzione dell'esposizione in caso di superamento dei limiti.

#### **4.3.2 - L'Esperto dei rischi derivanti dalle radiazioni ottiche**

Per quanto riguarda il “Profilo professionale dell'Esperto nella valutazione dei rischi derivanti da radiazioni ottiche”, comprendenti tutte le radiazioni elettromagnetiche nella gamma di lunghezze d'onda comprese tra 100 nm e 1mm, incluse quindi la radiazione ottica coerente LASER e non coerente (Ultravioletto ossia con lunghezza d'onda compresa tra 100 e 400 nm, Visibile ossia con lunghezza d'onda tra 380 e 780 nm, Infrarosso ossia con lunghezza d'onda tra 780 e 1mm), la CIIP ha definito le caratteristiche della figura dell'Esperto valutatore della radiazione ottica (E.R.O. Esperto per la radiazione ottica incoerente, A.S.L. addetto per la sicurezza laser in campo sanitario, T.S.L. tecnico per la sicurezza laser negli ambiti industriale, di ricerca e nei settori civili e ambientali) come una figura professionale idonea ad effettuare attività di sorveglianza fisica nell'ambito della radiazione ottica, che include la valutazione intesa come stima, misura o calcolo dei livelli delle radiazioni ottiche a cui sono esposti i lavoratori in modo da identificare e mettere in pratica le misure richieste per ridurre l'esposizione ai limiti applicabili.

Per tale figura professionale sono stati esplicitati i compiti specifici sulla base di quanto previsto per l'identificazione dell'esposizione e la valutazione dei rischi all'interno della Direttiva 2006/25/CE, integrandone i contenuti al fine di contemplare tutte le possibili problematiche dettate dalla presenza di sorgenti di radiazioni ottiche in ambiente di lavoro, d'intesa col medico competente, con determinazione dei compiti specifici che vanno dalla valutazione preventiva su nuove sorgenti alla determinazione dei livelli di esposizione, fino alla definizione delle misure tecniche e procedurali per la riduzione dell'esposizione in caso di superamento dei limiti.

L'ERO, in particolare, possiede le competenze anche nel caso di sorgenti di radiazioni ottiche naturali.

#### **4.3.3 – Aspetti comuni**

Le direttive prevedono che la valutazione, la misurazione e/o il calcolo siano programmati ed effettuati da servizi o persone competenti a intervalli idonei tenendo conto in particolare delle disposizioni relative alle competenze richieste (persone o servizi) e alla consultazione e partecipazione dei lavoratori.

Particolare attenzione è stata posta alla comunicazione con il datore di lavoro (responsabile ultimo della valutazione dei rischi) e alla formazione e informazione dei livelli aziendali coinvolti, d'intesa col medico competente.

Le conoscenze necessarie per lo svolgimento delle attività sopra elencate sono quindi state individuate prestando particolare attenzione ai diversi livelli di approfondimento necessari per una prima valutazione del rischio oppure per una valutazione del rispetto dei valori d'azione stabiliti per i soli campi elettromagnetici (parametri direttamente misurabili) o ancora per una verifica dei valori limite di esposizione o per gli interventi di riduzione del rischio o per la progettazione di una schermatura.

Per lo svolgimento di queste attività e delle altre previste i documenti dettagliano i concetti, le norme, le tecniche di cui l'Esperto deve essere a conoscenza, prevedendo pertanto anche i requisiti per un iter formativo teorico-pratico che bilanci le conoscenze teoriche con l'esperienza acquisita sul campo o tramite una formazione con una componente pratica. Tali corsi di formazione devono essere organizzati da Associazioni o Enti di riconosciuta esperienza nel settore dei campi elettromagnetici ovvero delle radiazioni ottiche.

E' previsto infine un piano di aggiornamento che permetta all'Esperto, così come fin qui configurato, di mantenere le sue conoscenze allineate con le innovazioni tecnologiche, molto rapide in questo campo.

## 5 – OSSERVAZIONI

I documenti sulle figure professionali sono stati discussi e approvati in via definitiva durante l'assemblea della Consulta CIIP il 29 novembre 2006 dopo che sono stati inviati alle associazioni aderenti alla Consulta stessa per raccogliere suggerimenti e proposte prima della definitiva approvazione.

A seguito dell'approvazione dei documenti, l'obiettivo è stato quello di portare avanti le indicazioni relative alle predette figure professionali nelle sedi decisionali, con la consapevolezza dell'importanza di regolamentare il settore con l'individuazione di figure culturalmente e tecnicamente preparate in ambiti specifici che richiedono un bagaglio di conoscenze e competenze approfondite e consolidate.

Alla luce di quanto previsto dal Titolo VIII del D.Lgs.81/2008 i profili professionali indicati dalla CIIP permangono oggi un punto di riferimento importante, seppur adottato volontariamente, utile ai datori di lavoro per individuare e valutare le "specifiche conoscenze" del "personale qualificato" da affiancare per effettuare la valutazione dei rischi in quelle attività in cui i rischi derivanti da esposizioni a campi elettromagnetici ovvero a radiazioni ottiche necessitano di valutazioni approfondite e strategie idonee di interventi e per acquisire il contributo di conoscenze utili all'inquadramento dei rischi e agli interventi di mitigazione più appropriati.

I documenti CIIP costituiscono, come affermato dal Coordinamento tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle province autonome, utili indicazioni sui requisiti di queste figure professionali che possono orientare la scelta del datore di lavoro per operare correttamente e prevenire responsabilità connesse ad errate valutazioni e collaborazioni professionali con competenze inadeguate per le quali sono previste sanzioni anche per "culpa in eligendo," senza nulla togliere alla discrezionalità del datore di lavoro riguardo ai criteri di scelta del "personale qualificato".

Allegato 1 - Profilo professionale dell'Esperto nella valutazione dei rischi derivanti da esposizione a campi elettromagnetici (ECEM) (0Hz – 300GHz)

Allegato 2 - Profilo professionale dell'Esperto nella valutazione dei rischi delle radiazioni ottiche non coerenti-ERO e coerenti-ASL/TSL



## ALLEGATO 1



*Consulta Interassociativa Italiana per la Prevenzione*

***PROFILO PROFESSIONALE DELL'ESPERTO NELLA VALUTAZIONE DEI RISCHI DERIVANTI DA ESPOSIZIONE A CAMPI ELETTROMAGNETICI (ECEM; 0Hz – 300GHz)***

## **1. IL CONTESTO NORMATIVO E LE COMPETENZE DISTINTIVE**

La Direttiva Europea 2004/40/CE del 29/4/2004 prevede tra gli obblighi del datore di lavoro quello di valutare e, se del caso, misurare e/o calcolare i livelli dei campi elettromagnetici ai quali sono esposti i lavoratori (art. 4, comma 1) e, sulla base di queste valutazioni determinare l'eventuale superamento dei limiti (art. 4, comma 2). L'art. 4, comma 4, indica inoltre la necessità, per il datore di lavoro, di avvalersi di servizi o persone competenti, per effettuare le suddette valutazioni, misurazioni e/o calcoli.

In vista anche del recepimento della Direttiva Europea, rivestono particolare importanza i compiti e il percorso formativo che definiscono la figura professionale che deve fornire supporto ai datori di lavoro in materia di sorveglianza fisica dai campi elettromagnetici. E' necessario quindi prevedere figure professionali specifiche adeguate allo svolgimento di mansioni specialistiche sul tema dei campi elettromagnetici. Può quindi essere assunta la seguente definizione sintetica:

*L'Esperto per la valutazione dei campi elettromagnetici (ECEM) è una figura professionale idonea ad effettuare attività di sorveglianza fisica dei campi elettromagnetici, che include la valutazione intesa come stima, misura o calcolo dei livelli dei campi elettromagnetici a cui sono esposti i lavoratori.*

Il documento predisposto prevede due livelli per la figura dell'esperto:

- 1) Livello base: in grado di effettuare una misura dei livelli di esposizione dei lavoratori mediante misure effettuate con strumentazione a larga banda;
- 2) Livello specialistico: oltre a quanto previsto per il livello di base, l'esperto è anche in grado di effettuare rilevazioni sperimentali con catene di misura in banda stretta e valutazioni dosimetriche per la determinazione del rispetto dei limiti.

## **2. COMPITI E RESPONSABILITA' DELL'ESPERTO**

### **2.1 LIVELLO BASE**

1. valutare preventivamente la scelta e l'installazione di nuove sorgenti di campo elettromagnetico per esprimere un parere al datore di lavoro sulla adeguatezza

- (ergonomia, sicurezza, igienicità) e sulla compatibilità del loro utilizzo con il rispetto dei limiti specifici;
2. effettuare la prima verifica delle installazioni di cui al punto precedente valutando con il medico competente (ove previsto) eventuali situazioni di rischio specifico come, ad esempio, l'utilizzo da parte di lavoratori di dispositivi medici impiantabili;
  3. definire i criteri per la caratterizzazione dei livelli ambientali di campo elettromagnetico presenti nei luoghi di lavoro;
  4. definire un piano di tarature periodiche degli strumenti per la misura dei campi elettromagnetici e verificarne le buone condizioni;
  5. procedere periodicamente alla determinazione dei livelli di esposizione ai campi elettromagnetici, tramite misure in banda larga o calcoli, segnalando al datore di lavoro la necessità di procedere ad analisi più accurate con sistemi di misura in banda stretta (a cura dell'Esperto di livello specialistico) nel caso in cui l'esito delle misure in banda larga abbia evidenziato livelli significativamente prossimi ai valori di azione (superiori al 75% del più piccolo dei valori di azione nella banda di frequenza analizzata);
  6. redigere un rapporto dei risultati e segnalando al datore di lavoro situazioni quali:
    - a. superamento dei valori di azione sulla base delle valutazioni effettuate e/o delle verifiche strumentali eseguite dall'esperto a livello specialistico
    - b. possibilità di superamento dei limiti, sulla base delle verifiche effettuate dall'esperto a livello specialistico tramite valutazione delle grandezze dosimetriche;
    - c. superamento livelli di immunità dei dispositivi elettromedicali presenti, sulla base delle verifiche effettuate dall'esperto a livello specialistico;
    - d. problematiche relative ad effetti indiretti (rischio propulsivo oggetti ferromagnetici in campi magnetici statici, innesco di detonatori, ecc.);
    - e. livelli di esposizione critici per situazioni di rischio specifico preventivamente segnalate (es. specifiche disabilità o suscettibilità individuali, d'intesa col medico competente);
  7. identificare le aree di lavoro in cui i lavoratori possono essere esposti a campi elettromagnetici che superino i valori di azione al fine dell'apposizione della segnaletica, e limitarne l'accesso, laddove ciò sia tecnicamente possibile e vi sia il rischio di superamento dei valori limite di esposizione (art.5, comma 3, Direttiva Europea 2004/40/CE);
  8. valutare il grado di efficacia degli interventi di prevenzione adottati o realizzati;
  9. definire strategie di controllo per il mantenimento ed il miglioramento delle condizioni raggiunte;
  10. consigliare il datore di lavoro circa l'interpretazione e l'applicazione delle normative nazionali e comunitarie in materia;
  11. promuovere l'informazione e la formazione di tutti i livelli aziendali coinvolti, collaborando direttamente alla realizzazione di tali iniziative ove richiesto, d'intesa col medico competente.

## **2.2 LIVELLO SPECIALISTICO (oltre a quanto previsto per il livello di base):**

1. verificare il superamento dei valori di azione;

2. nel caso di superamento dei valori di azione, dimostrare che i valori limite non sono superati oppure definire e attuare un programma d'azione che comprenda misure tecniche, organizzative e procedurali intese a prevenire esposizioni superiori ai valori limite;
3. verificare il superamento dei livelli di immunità dei dispositivi elettromedicali presenti;
4. individuare e/o cooperare alla scelta delle misure di protezione collettiva e individuale, ivi compresi i DPI;
5. verificare il superamento dei limiti;
6. nel caso di superamento dei limiti, predisporre un piano che preveda interventi tecnici, organizzativi, procedurali per la riduzione dei livelli di esposizione dei lavoratori con interventi di bonifica sulle sorgenti, sugli ambienti di lavoro ed elementi tecnici utili alla modifica delle norme comportamentali per i lavoratori.

### **3.CONOSCENZE**

Le conoscenze dell'Esperto sono suddivise secondo i due livelli di specializzazione previsti.

#### **3.1 CONOSCENZE DI BASE**

1. Concetti di base di elettromagnetismo: caratteristiche delle onde elettromagnetiche e della loro propagazione, interazione con strutture biologiche, parametri dosimetrici, assorbimento del corpo umano e risonanze.
2. Concetti di base sugli effetti biologici e sanitari dei CEM.
3. Principi di sorveglianza fisica e sanitaria.
4. Normativa nazionale sulla determinazione dei limiti di esposizione ed eventuale normativa regionale.
5. Raccomandazioni e Direttive della Unione Europea.
6. Raccomandazioni e Linee guida emanate da Associazioni Scientifiche Internazionali riconosciute (ICNIRP, ACGIH, FDA, EPA, ANSI, IEEE ecc.).
7. Principi di funzionamento e caratteristiche di emissione di specifiche tipologie di sorgenti.
8. Principi di funzionamento e caratteristiche di risposta dei misuratori in banda larga di campo elettrico e magnetico per i diversi intervalli di frequenze ELF, LF e RF.
9. Tecniche e procedure di misura dei campi elettromagnetici nei diversi intervalli di frequenze a banda larga.
10. Normativa tecnica sulle procedure di misura quali norme CEI e CENELEC.

#### **3.2 CONOSCENZE SPECIALISTICHE (oltre a quelle di base):**

- Concetti di base di teoria delle antenne: impedenza, guadagno, direttività, diagrammi di irradiazione.
- Tipologie di modulazione dei segnali elettromagnetici.

- Principi di funzionamento e caratteristiche di risposta di catene di misura per l'analisi spettrale dei segnali elettromagnetici e la determinazione dei livelli di campo attribuiti alle diverse frequenze (banda stretta).
- Tecniche e procedure di misura dei campi elettromagnetici nei diversi intervalli di frequenze a banda stretta.
- Principi di base e caratteristiche dei modelli di calcolo per la simulazione dell'emissione elettromagnetica delle sorgenti e dell'interazione della radiazione con i soggetti esposti, sia basati su tecniche numeriche (es. FDTD, metodo dei momenti, metodo delle impedenze), sia su tecniche analitiche (es. calcolo di campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche e antenne elementari).
- Normativa tecnica sulla compatibilità elettromagnetica di dispositivi specifici utilizzati in ambiente di lavoro e sui dispositivi medici impiantabili.
- Metodi di schermatura e riduzione delle emissioni.

#### **4. REQUISITI EDUCATIVO-FORMATIVI E DI ESPERIENZA**

##### **4.1 REQUISITI PER IL LIVELLO BASE:**

- a) possesso di diploma di laurea di primo livello nelle discipline di Fisica, Ingegneria Elettronica, Elettrotecnica o delle Telecomunicazioni, Ingegneria per la Sicurezza e la Protezione, Tecnico della Prevenzione nell'ambiente e nei luoghi di lavoro, Scienza della Sicurezza e Prevenzione;
- b) aver seguito specifico corso di formazione teorico-pratico con relativo esame finale, della durata di almeno 25 ore.

##### **4.2 REQUISITI PER IL LIVELLO SPECIALISTICO:**

- c) possesso di diploma di laurea (del vecchio ordinamento universitario) ovvero di diploma di laurea specialistica (del nuovo ordinamento) per le sole discipline di cui al par.4.1, ove specificatamente previste;
- d) aver svolto attività adeguatamente documentabile nel settore della sorveglianza fisica dei campi elettromagnetici per almeno 1 anno in modo tale da dimostrare il possesso delle competenze di cui al punto 3.2.

In alternativa al requisito d) potrà essere considerato equipollente:

- e) aver seguito un corso di formazione professionalizzante teorico-pratico della durata di almeno 40 ore, di cui circa 2/3 di teoria e 1/3 di esercitazioni pratiche e laboratorio.

I corsi di formazione di cui ai punti b) ed e) dovranno riguardare gli argomenti elencati al par. 3) e dovranno essere organizzati nell'ambito di specifici percorsi universitari ovvero da Associazioni scientifiche e/o professionali o Enti pubblici di riconosciuta esperienza nel settore dei campi elettromagnetici con verifica finale dell'apprendimento:

Le competenze possedute dal personale strutturato, munito di diploma di scuola media superiore ad indirizzo tecnico o con qualifica di Tecnico Sanitario di Radiologia Medica ovvero con Diploma universitario in Ingegneria, che già svolge da almeno 5 anni attività adeguatamente documentata inerente la sicurezza con sorgenti di campi elettromagnetici all'interno dei Servizi di Prevenzione e Protezione o di Fisica sanitaria, sono ritenute adeguate allo svolgimento dei compiti di Esperto per il livello di base (par. 2.1), limitatamente alla struttura di appartenenza, fatto salvo l'aggiornamento quinquennale di cui al par.5.

## **5. AGGIORNAMENTO**

Per le figure di Esperto, qui descritte, si ritiene necessario un aggiornamento professionale consistente nella partecipazione a corsi per almeno 10 ore nell'arco di 5 anni.

I corsi di aggiornamento dovranno essere organizzati da Università ovvero da Associazioni scientifiche e/o professionali o Enti pubblici di riconosciuta esperienza nel settore dei campi elettromagnetici con verifica finale dell'apprendimento.

### **Componenti del Gruppo di Lavoro CIIP che hanno elaborato il presente documento:**

- Luisa Biazzì, Fisica medica - Università di Pavia, CIIP Ufficio di Presidenza CIIP con delega da ANPEQ (Associazione Nazionale Professionale degli Esperti Qualificati in radioprotezione) – coordinatore
- Sara Adda, ARPA Piemonte - Centro Regionale Radiazioni, CIIP con delega da AIRP (Associazione Italiana di RadioProtezione)
- Massimo Borra, Dipartimento di Igiene del Lavoro, ISPEL - Monte Porzio Catone (RM)
- Giovanni D'Amore, ARPA Piemonte, Centro Regionale Radiazioni
- Riccardo Di Liberto, Fisica sanitaria, Fond. Policlinico S. Matteo Pavia
- Andrea Guasti, Fisica sanitaria, A.O.U.C, Firenze
- Renato Marchesini, Fisica sanitaria, Istituto Tumori, Milano
- Franco Ottenga, A.O. Università di Pisa, CIIP con delega da AIRM (Associazione Italiana di RadioProtezione Medica)
- Franco Pugliese, U.O. SPP AUSL di Piacenza, CIIP con delega AIREPSA (Associazione Italiana Responsabili Servizi Prevenzione e Protezione in Ambito Sanitario)
- Paolo Rossi, Dipartimento di Igiene del Lavoro, ISPEL - Monte Porzio Catone (RM)
- Renata Sisto, Dipartimento di Igiene del Lavoro, ISPEL - Monte Porzio Catone (RM)
- Alberto Sona, UNI-CEI, Milano
- Alessandra Tomaselli, Dipartimento di Ingegneria, Università di Pavia

## ALLEGATO 2



*Consulta Interassociativa Italiana per la Prevenzione*

## **PROFILI PROFESSIONALI DEGLI ESPERTI PER LA VALUTAZIONE DELLE RADIAZIONI OTTICHE NON COERENTI-ERO E COERENTI-ASL/TSL**

### **1. IL CONTESTO NORMATIVO E LE COMPETENZE DISTINTIVE**

La Direttiva Europea 2006/25/CE del 5 aprile 2006 prevede tra gli obblighi del datore di lavoro quello di valutare e, se del caso, misurare e/o calcolare i livelli delle radiazioni ottiche artificiali ai quali sono esposti i lavoratori (art. 4, comma 1) e, sulla base di queste valutazioni, determinare le azioni necessarie per evitare il superamento dei valori limite di esposizione (art. 3). L'art. 4, comma 2, indica inoltre la necessità, per il datore di lavoro, di avvalersi a intervalli idonei di servizi o persone competenti per effettuare le suddette valutazioni, misurazioni e/o calcoli.

In vista anche del recepimento della Direttiva Europea e delle problematiche inerenti l'esposizione a radiazione ottica naturale, rivestono particolare importanza le competenze e il percorso formativo necessari per le figure professionali che devono fornire supporto ai datori di lavoro in materia di sorveglianza fisica dalle radiazioni ottiche.

Possono quindi essere assunte le seguenti definizioni sintetiche:

*Gli Esperti per la valutazione delle Radiazioni Ottiche incoerenti (E.R.O) e coerenti (Addetto alla Sicurezza Laser-ASL in campo sanitario e Tecnico alla Sicurezza Laser-TSL in campo industriale, di ricerca e nei settori civili e ambientali) sono figure professionali idonee a effettuare attività di sorveglianza fisica e/o valutazione dei rischi diretti e indiretti relativi all'impiego delle sorgenti di radiazione ottica, che include la valutazione intesa come stima, misura o calcolo dei livelli di esposizione per i lavoratori. L'ERO, in particolare, possiede le competenze anche nel caso di sorgenti di radiazioni ottiche naturali.*

Il documento predisposto prevede due livelli per la figura dell'esperto per le radiazioni non coerenti (ERO) e un unico livello per quella relativa alle radiazioni coerenti (ASL/TSL).

### **RADIAZIONI OTTICHE NON COERENTI**

- 3) Livello base: in grado di valutare gli aspetti gestionali e operativi del rischio da esposizione a sorgenti di radiazione ottica e di potere eseguire valutazioni dei

livelli di esposizione dei lavoratori mediante dati forniti dal fabbricante delle attrezzature;

- 4) Livello specialistico: oltre al livello di base, in grado di effettuare anche misure strumentali sui parametri di funzionamento ed emissione delle sorgenti, sulle grandezze fisiche inerenti l'idoneità degli ambienti in cui tali sorgenti sono installate e di valutare le grandezze dosimetriche con adatti calcoli.

## **2. COMPITI E RESPONSABILITA' DELL'ESPERTO**

### **2.1 LIVELLO BASE:**

12. valutare preventivamente la scelta e la corretta installazione di nuove sorgenti di radiazioni ottiche non coerenti, collaborare alla progettazione degli ambienti di lavoro al fine di esprimere un parere al Datore di Lavoro sulla adeguatezza della installazione (ergonomia, sicurezza, igienicità), sulla compatibilità con l'ambiente di utilizzo e sulle misure necessarie per garantire il rispetto dei limiti di esposizione dei lavoratori coinvolti;
13. effettuare la prima verifica delle installazioni di cui al punto precedente valutando con il medico competente eventuali situazioni di rischio specifico come, ad esempio, disturbi della vista o problemi dermatologici;
14. definire i criteri per la caratterizzazione dell'esposizione dei lavoratori nei luoghi di lavoro;
15. procedere alla determinazione dell'esposizione alle radiazioni ottiche non coerenti tramite valutazioni delle grandezze fisiche fornite dal produttore delle apparecchiature, segnalando al datore di lavoro la necessità di procedere ad analisi più accurate con sistemi di misura di tipo spettrometrico, nel caso in cui le valutazioni effettuabili con i soli dati forniti dal produttore non siano sufficienti ad eseguire una valutazione completa dei livelli di esposizione previsti per i lavoratori;
16. redigere un rapporto dei risultati segnalando al datore di lavoro situazioni quali:
  - a. la possibilità di superamento dei limiti di esposizione sulla base delle valutazioni effettuate e/o delle verifiche strumentali eseguite dall'esperto di livello specialistico;
  - b. problematiche relative ad effetti indiretti (acceciamento temporaneo, esplosioni, fuoco) o a interazioni delle radiazioni ottiche con sostanze fotosensibilizzanti presenti nell'ambiente di lavoro;
  - c. livelli di esposizione critici per situazioni di rischio specifico preventivamente segnalate (es. specifiche disabilità o suscettibilità individuali);
17. identificare e delimitare, ove tecnicamente possibile, le aree di lavoro in cui i lavoratori possono essere esposti a radiazioni ottiche non coerenti in cui possono essere superati i livelli di esposizione, al fine anche dell'apposizione della segnaletica (art.5, comma 3, Direttiva 2006/25/CE);
18. valutare il grado di efficacia degli interventi di prevenzione e protezione adottati o realizzati;

19. definire strategie di controllo per il mantenimento e il miglioramento delle condizioni di sicurezza raggiunte;
20. verificare la corretta esecuzione degli interventi di manutenzione periodici indicati dal costruttore e/o dall'utilizzatore;
21. consigliare il datore di lavoro circa l'interpretazione e l'applicazione delle normative nazionali, comunitarie e internazionali in materia;
22. promuovere l'informazione e la formazione di tutti i livelli aziendali coinvolti, collaborando direttamente alla realizzazione di tali iniziative ove richiesto, d'intesa col medico competente.

## **2.2 LIVELLO SPECIALISTICO (oltre a quanto previsto per il livello di base):**

7. verificare strumentalmente i parametri fisici e calcolare i valori delle grandezze dosimetriche relative ai livelli di esposizione previsti per le radiazioni non coerenti;
8. nel caso di ambienti di lavoro in cui sia possibile un superamento dei limiti di esposizione, definire e attuare un programma d'azione che comprenda misure tecniche, organizzative e procedurali intese a prevenire esposizioni superiori ai valori limite;
9. individuare e/o cooperare alla definizione delle misure di protezione collettive e individuali, ivi compresa la scelta dei DPI;
10. nel caso di superamento persistente dei limiti, predisporre un piano che preveda interventi tecnici, organizzativi, procedurali per la riduzione dei livelli di esposizione dei lavoratori con interventi di bonifica sulle sorgenti, sugli ambienti di lavoro ed elementi tecnici utili alla modifica delle norme comportamentali per i lavoratori.

## **3. CONOSCENZE**

Le conoscenze dell'Esperto sono suddivise secondo i due livelli previsti.

### **3.1 CONOSCENZE DI BASE:**

1. Lo spettro elettromagnetico della radiazione ottica.
2. Le appropriate unità di misura (termini radiometrici e fotometrici).
3. I principi di funzionamento delle sorgenti non coerenti nello spettro UV-VIS-IR.
4. Le caratteristiche di emissione delle sorgenti di radiazioni ottiche non coerenti.
5. Le modalità di interazione della radiazione ottica non coerente con il tessuto biologico (ad es. effetti fototermici o fotochimici).
6. Processi di interazione della radiazione ottica non coerente con i materiali (riflettanza e trasmittanza spettrale, dispersione, soglia di danneggiamento).
7. La fisiologia dei tessuti a rischio ed effetti dell'esposizione alla radiazione ottica non coerente.
8. I valori limite di esposizione per l'irradianza, la radianza, l'esposizione radiante.



9. Rischi diretti e indiretti relativi all'impiego di sorgenti di radiazione ottica non coerente.
10. Caratteristiche dei dispositivi di protezione collettivi e individuali.
11. Normativa nazionale sulla determinazione dei limiti di esposizione ed eventuale normativa regionale.
12. Raccomandazioni e Direttive della Unione Europea.
13. Raccomandazioni e Linee guida emanate da Associazioni Scientifiche Internazionali riconosciute.

### **3.2 CONOSCENZE SPECIALISTICHE (oltre a quelle di base):**

14. Principi di funzionamento, caratteristiche di emissione di specifiche tipologie di sorgenti.
15. Principi di funzionamento e caratteristiche di risposta dei fotometri e degli spettroradiometri per la determinazione dei livelli di irradianza, irradianza spettrale, radianza e esposizione radiante ai diversi intervalli di lunghezza d'onda.
16. Tecniche e procedure di misura delle radiazioni ottiche non coerenti nei diversi intervalli di lunghezza d'onda e dosimetria delle radiazioni non coerenti.
17. Normativa tecnica sulle procedure di misura (norme CEI, CENELEC, IEC, UNI, CEN, ISO).
18. Modalità di calcolo dei parametri fisici e delle grandezze dosimetriche relative alle radiazioni ottiche non coerenti in base ai risultati delle misure strumentali ottenute.
19. Metodi di schermatura e riduzione delle emissioni.

## **4. REQUISITI EDUCATIVO-FORMATIVI E DI ESPERIENZA**

### **a. REQUISITI PER IL LIVELLO BASE**

- a. possesso di diploma di laurea di primo livello nelle discipline di Fisica, Ottica e Optometria, Ingegneria Elettronica, Elettrotecnica o delle Telecomunicazioni, Ingegneria per la Sicurezza e la Protezione, Tecnico della Prevenzione nell'ambiente e nei luoghi di lavoro, Scienza della Sicurezza e Prevenzione;
- b. aver seguito uno specifico corso di formazione teorico-pratico con relativo esame finale, della durata di almeno 25 ore.

### **b. REQUISITI PER IL LIVELLO SPECIALISTICO**

- f) possesso di diploma di laurea (del vecchio ordinamento universitario) ovvero di diploma specialistico (del nuovo ordinamento) per le sole discipline di cui al par.4.1, ove specificatamente previste;
- g) aver svolto attività adeguatamente documentabile nel settore della sorveglianza fisica delle radiazioni ottiche non coerenti per almeno 1 anno in modo tale da dimostrare il possesso delle competenze di cui al punto 3.2.

In alternativa al requisito d) potrà essere considerato equipollente:

- c) aver seguito un corso di formazione professionalizzante teorico-pratico della durata di almeno 40 ore di cui circa 2/3 di teoria e 1/3 di esercitazioni pratiche e laboratorio.

I corsi di formazione di cui ai punti b) ed e) dovranno riguardare gli argomenti elencati al par.3) e dovranno essere organizzati nell'ambito di specifici percorsi universitari ovvero da Associazioni scientifiche e/o professionali o Enti pubblici di riconosciuta esperienza nel settore dei campi elettromagnetici con verifica finale dell'apprendimento.

Le competenze possedute da personale strutturato, munito di diploma di scuola media superiore ad indirizzo tecnico o con qualifica di Tecnico Sanitario di Radiologia Medica, che già svolge da almeno 5 anni attività adeguatamente documentata inerente la sicurezza con sorgenti di radiazione ottica incoerente all'interno dei Servizi di Prevenzione e Protezione o di Fisica sanitaria, sono ritenute adeguate allo svolgimento dei compiti di Esperto per il livello di base (par.2.1), limitatamente alla struttura di appartenenza, fatto salvo l'aggiornamento quinquennale di cui al par.5.

## **5. AGGIORNAMENTO**

Per le figure di E.R.O. qui descritte, si ritiene necessario un aggiornamento professionale consistente nella partecipazione a corsi per almeno 10 ore nell'arco di 5 anni.

I corsi di aggiornamento dovranno essere organizzati da Università ovvero da Associazioni scientifiche e/o professionali o Enti pubblici di riconosciuta esperienza nel settore delle radiazioni ottiche incoerenti con verifica finale dell'apprendimento.

## **RADIAZIONI OTTICHE COERENTI**

### **1. GLI ESPERTI SECONDO LA NORMATIVA**

A livello internazionale (norma IEC 60825-1) e nazionale (norma CEI EN 60825-1) viene definita la figura del "Laser Safety Officer"(LSO) come *"persona che possiede le conoscenze necessarie per valutare e controllare i rischi causati dai laser e ha la responsabilità di supervisione sul controllo di questi rischi"*, ma senza dettagliare quali siano i compiti e le responsabilità specifici. Recentemente, il CENELEC ha emanato una guida (CLC/TR 50448) nella quale vengono in modo più dettagliato individuati i livelli di competenza del "Laser Safety Officer" il cui compito è di assicurare che siano predisposti adeguati controlli per minimizzare i rischi derivanti dall'uso di apparecchiature laser e che vengano effettuate regolari monitoraggi, tenendone registrazione dei pericoli e dell'efficacia delle misure di controllo.

Nell'ambito delle applicazioni mediche dei laser, la normativa nazionale CEI 76-6 fascicolo 5928, recependo il Technical Report IEC 60825-TR8, individua non solo

la figura dell'Addetto alla Sicurezza Laser (ASL) ma anche la necessità della sua presenza per apparecchiature laser di Classe 3B e 4.

La normativa internazionale prevede una Guida per l'utilizzatore, che costituisce la parte III della Norma IEC 60825-1, per applicazioni diverse dalle applicazioni mediche. Tale guida è stata formulata a livello nazionale a seconda delle diverse applicazioni di apparati laser. In particolare:

- Guida per le applicazioni di apparati laser alle lavorazioni di materiali, sezione A fascicolo CEI 3849 R;
- Guida per le applicazioni di apparati laser per misure industriali, civili e ambientali; presentazione di immagini e giochi di luce, sezione B fascicolo CEI 3849 R;
- Guida per le applicazioni di apparati laser ai sistemi di telecomunicazioni e di trasmissione dati per mezzo di fibre ottiche, sezione C fascicolo CEI 3849 R;
- Guida per le applicazioni cliniche di apparati laser medicali, sezione D fascicolo CEI 3849 R;
- Guida per l'utilizzazione di apparati laser per laboratori di ricerca, fascicolo CEI 3850 R.

Le Guide nazionali C e D sono state sostituite dalle Norme CEI 76-4 fascicolo 7897 e CEI 76-6 rispettivamente. Sia a livello internazionale che a livello nazionale le Guide per l'utilizzatore prevedono che il datore di lavoro, per installazioni laser di classe 3B e 4, debba servirsi della consulenza specialistica di un Tecnico Sicurezza Laser, con competenze specifiche relative a problemi di sicurezza, per la verifica della vigente Normativa e per l'adozione delle necessarie misure di prevenzione [cfr.: IEC 60825-1 § 10.1, CEI 3849 R § A 10.1, CEI 3849 R § B 10.1, CEI 3850 R § E 10.1].

Essendo in carico al Datore di Lavoro o al Responsabile Legale la piena responsabilità della sicurezza laser, questi dovrebbe assicurare che la persona nominata come ASL o TSL abbia le capacità e le conoscenze, nonché le eventuali risorse, per espletare i compiti previsti.

La normativa italiana prevede quindi due addetti alla sicurezza: l'ASL per le applicazioni mediche e il TSL per le rimanenti applicazioni (nell'industria, nei laboratori, ecc.). Pur essendo simili, in linea di principio, i compiti da assicurare ai fini della sicurezza, tuttavia la valutazione dei rischi, le procedure ed i controlli da applicare devono essere mirati all'impiego dell'apparecchiatura laser e potrebbero presupporre competenze e conoscenze differenti per i due addetti alla sicurezza.

## **2. COMPITI E RESPONSABILITÀ DELL'ESPERTO**

### **2.1. COMPITI E RESPONSABILITÀ DELL'ASL**

Nota: la norma IEC 60825-1 definisce l'LSO ma non elenca i compiti. I successivi compiti e responsabilità sono estratti dalla norma CEI 76-6.

L'ASL deve:

1. supportare e consigliare il Datore di Lavoro o il Responsabile Legale per quanto

- riguarda l'uso sicuro dell'apparecchiatura laser e le misure di protezione;
2. cooperare direttamente con gli utilizzatori dell'apparecchiatura;
  3. valutare i rischi nella zona di trattamento laser e determinare la zona nominale di rischio oculare, incluso quella "estesa" nel caso sia possibile l'uso di strumenti ottici;
  4. scegliere i dispositivi di protezione individuale;
  5. partecipare all'aggiornamento (ndr, informazione e formazione) del personale che lavora con il laser sui rischi e le misure di sicurezza;
  6. partecipare al controllo e, se del caso, all'accettazione dell'apparecchio laser in base alle regolamentazioni nazionali; verificare che sia predisposta ed esposta presso l'installazione una Procedura Standard operativa in lingua italiana;
  7. verificare che la manutenzione e l'impiego dell'apparecchio siano effettuati da persone addestrate e qualificate a tal fine;
  8. verificare che le misure di protezione attive e passive siano efficienti.
  9. segnalare a chi di competenza imperfezioni o guasti dell'apparecchio laser;
  10. analizzare infortuni e incidenti che riguardano il laser e intraprendere azioni atte a evitare che l'incidente o l'infortunio possa verificarsi di nuovo, d'intesa col medico competente;
  11. effettuare prove di assicurazione di qualità.

## 2.2 COMPITI E RESPONSABILITÀ DEL TSL

Nota: la norma IEC 60825-1 definisce l'LSO ma non elenca i compiti. I successivi compiti e responsabilità sono estratti dalle Guide per l'utilizzatore in vigore a livello nazionale, fermo restando che per quanto riguarda i laboratori di ricerca:

- il Direttore (Responsabile) del Laboratorio è responsabile dell'acquisizione e messa in atto delle protezioni necessarie
- gli operatori qualificati direttamente coinvolti sono responsabili dell'utilizzo del sistema laser in osservanza alle misure di sicurezza relative.

Il TSL deve:

1. supportare e consigliare il Datore di Lavoro o il Responsabile Legale per quanto riguarda l'uso sicuro dell'apparecchiatura laser e le misure di protezione;
2. cooperare direttamente con gli utilizzatori dell'apparecchiatura;
3. valutare i rischi nella zona di installazione laser e determinare la zona nominale di rischio oculare, incluso quella "estesa" nel caso sia possibile l'uso di strumenti ottici;
4. scegliere i dispositivi di protezione individuale;
5. partecipare all'aggiornamento (ndr, informazione e formazione) del personale che lavora con il laser sui rischi e le misure di sicurezza;
6. partecipare al controllo e, se del caso, all'accettazione dell'apparecchio laser in base alle regolamentazioni nazionali;
7. verificare che sia predisposta ed esposta presso l'installazione una Procedura Standard operativa in lingua italiana;
8. verificare che la manutenzione e l'impiego dell'apparecchio siano effettuate da persone addestrate e qualificate a tal fine;
9. verificare che le misure di protezione attive e passive siano efficienti;

10. segnalare a chi di competenza imperfezioni o guasti dell'apparecchio e verificare il corretto funzionamento del laser ai fini della sicurezza;
11. collaborare con il Servizio di Prevenzione e Protezione e col medico competente ad analizzare eventuali infortuni e incidenti che riguardano il laser di cui è stato nominato TSL e intraprendere azioni atte ad evitare che l'incidente o l'infortunio possa verificarsi di nuovo;
12. verificare e, se del caso, predisporre le misure di sicurezza per sistemi laser utilizzati all'esterno.

### 3. CONOSCENZE

Essendo i rischi per gli operatori derivanti dall'impiego di apparecchiature laser essenzialmente indipendenti dallo scopo finale dell'utilizzo, sia esso industriale, di ricerca o medico, le conoscenze di base sono comuni per entrambi gli addetti alla sicurezza.

#### 3.1. CONOSCENZE DI BASE PER ASL E TSL

E' necessario che ASL e TSL conoscano:

1. Lo spettro elettromagnetico della radiazione ottica.
2. Le appropriate unità di misura (termini radiometrici e fotometrici).
3. I principi di funzionamento delle sorgenti laser.
4. Le caratteristiche di emissione della radiazione laser.
5. Le modalità di interazione della radiazione ottica con il tessuto biologico (effetti fototermici, fotoacustici, fotoablativi, fotochimici).
6. La fisiologia dei tessuti a rischio e gli effetti dell'esposizione alla radiazione laser.
7. I limiti di Esposizione Massima Permissa e i Limiti di Emissione Accessibile (EMP e LEA).
8. La classificazione delle apparecchiature laser.
9. Rischi diretti e indiretti.
10. Caratteristiche dei dispositivi di protezione collettivi e individuali.
11. Le normative nazionali e internazionali sulla sicurezza
12. laser e le linee guida inerenti
13. I concetti di differenziazione per le classi di laser e le loro caratteristiche.
14. Come valutare le zone di rischio laser.
15. Come valutare i dispositivi di protezione.
16. Le procedure di allineamento dei sistemi laser impiegati.
17. Le applicazioni laser utilizzate nella zona affidata al suo controllo.

Le conoscenze dai punti 1 a 10 si ritiene che debbano essere un bagaglio culturale anche per gli utilizzatori non medici delle apparecchiature laser.

#### 3.2. CONOSCENZE SPECIALISTICHE PER L'ASL (oltre a quelle di base)

Ai fini della sicurezza all'impiego di apparecchi laser per uso diagnostico e/o terapeutico, l'ASL deve conoscere:

1. Le principali applicazioni diagnostiche e terapeutiche.
2. Le caratteristiche di emissione delle principali apparecchiature laser per impiego diagnostico e terapeutico.
3. I pericoli provocati dalla riflessione o dall'assorbimento del fascio laser rispetto dallo strumentario o sostanze presenti in sala operatoria.
4. Le precauzioni per assicurare che l'esposizione della pelle e degli occhi del personale e, se del caso, del paziente sia inferiore ai livelli massimi permessi.
5. I pericoli per il paziente associati alle procedure di trattamento e i metodi per la riduzione del rischio.
6. I rischi che possono derivare dal funzionamento dei laser, quali rischi elettrici, chimici, di incendio, d'uso di agenti criogenici e di materiali cancerogeni, da contaminazione atmosferica per fumi e frammenti di tessuto, da radiazione collaterale.
7. Come gestire casi sospetti di esposizione accidentale.
8. I principi di assicurazione di qualità.
9. Le modalità di misura e di controllo dei parametri di emissione e dei sistemi di sicurezza delle sorgenti laser.
10. Le procedure e i mezzi di controllo dei rischi.
11. Le normative nazionali, internazionali e le linee guida corrispondenti.

### **3.3. CONOSCENZE SPECIALISTICHE PER IL TSL (oltre a quelle di base)**

Ai fini della sicurezza all'impiego di apparecchi laser per uso industriale, di ricerca e nei settori civili e ambientali, il TSL deve conoscere:

1. Le principali applicazioni industriali, della ricerca e nei settori civili e ambientali.
2. I principi di assicurazione qualità.
3. Le misure di sicurezza appropriate a seconda della classe di rischio del sistema laser.
4. I rischi che possono derivare dal funzionamento dei laser, quali i rischi elettrici, chimici, di incendio, d'uso di agenti criogenici e di materiali cancerogeni, da contaminazione atmosferica, da radiazione collaterale.
5. Le procedure e mezzi di controllo dei rischi.
6. Le modalità di misura e di controllo dei parametri di emissione e dei sistemi di sicurezza delle sorgenti laser.

## **4. REQUISITI EDUCATIVO-FORMATIVI E DI ESPERIENZA**

Requisiti per l'ASL/TSL:

- a) possesso di diploma di laurea almeno di primo livello nelle discipline di Fisica, Ottica e Optometria, Ingegneria Elettronica, Elettrotecnica o delle Telecomunicazioni, Ingegneria per la Sicurezza e la Protezione, Tecnico della Prevenzione nell'ambiente e nei luoghi di lavoro, Scienza della Sicurezza e Prevenzione;
- b) aver seguito uno specifico corso di formazione teorico-pratico con relativo esame finale, della durata di almeno 40 ore di cui circa 2/3 di teoria e 1/3 di esercitazioni pratiche e laboratorio (ad esempio 5 giorni per il corso di base-

- par.3.1 e 1 giorno per ogni corso settoriale-par.3.2 e par.3.3);
- c) aver svolto attività adeguatamente documentabile nel settore della sorveglianza fisica delle radiazioni ottiche coerenti per almeno 1 anno in modo tale da dimostrare il possesso delle competenze di cui al punto 3.2 e/o par.3.3.

Il corso di formazione di cui al punto b) dovrà riguardare gli argomenti elencati al par. 3) e dovrà essere organizzato nell'ambito di specifici percorsi universitari ovvero da Associazioni scientifiche e/o professionali o Enti pubblici di riconosciuta esperienza nel settore dei LASER con verifica finale dell'apprendimento.

Le competenze possedute da coloro che già svolgono da almeno 5 anni attività comprovata di ASL/TSL sono ritenute adeguate allo svolgimento dei rispettivi compiti di ASL/TSL, fatto salvo l'aggiornamento quinquennale di cui al par.5.

## 5. AGGIORNAMENTO

Per le figure di ASL/TSL, qui descritte, si ritiene necessario un aggiornamento professionale consistente nella partecipazione a corsi per almeno 10 ore nell'arco di 5 anni.

I corsi di aggiornamento dovranno essere organizzati da Università ovvero da Associazioni scientifiche e/o professionali o Enti pubblici di riconosciuta esperienza nel settore laser con verifica finale dell'apprendimento.

## 6. UTILIZZATORI MEDICI

La normativa nazionale CEI 76-6 prevede, al punto 3.1 e successiva nota, che "in piccoli ambulatori" il ruolo di ASL possa essere assunto dall'utilizzatore professionista, purché abbia le competenze necessarie. In effetti, è responsabilità del professionista che utilizza il laser essere a conoscenza delle prescrizioni per un uso sicuro e assumersi le responsabilità amministrative dell'ASL. Ciò significa che questi dovrebbe essere responsabile, tra l'altro, della Zona Laser Controllata, della segnaletica, del corretto utilizzo degli occhiali di protezione e delle altre misure di sicurezza sia per il paziente sia per il personale, della manutenzione e delle altre operazioni necessarie per un funzionamento sicuro dell'apparecchio laser che sta utilizzando.

E' nostro parere che i medici utilizzatori debbano seguire un corso di formazione con attestato finale della durata di almeno 25 ore che contempli i seguenti argomenti:

1. Lo spettro elettromagnetico della radiazione ottica.
2. Le appropriate unità di misura (termini radiometrici e fotometrici).
3. I principi di funzionamento delle sorgenti laser.
4. Le caratteristiche di emissione della radiazione laser.
5. Le modalità di interazione della radiazione ottica con il tessuto biologico (effetti fototermici, fotoacustici, fotoablativi, fotochimici).
6. Gli effetti dell'esposizione alla radiazione laser.
7. I limiti di Esposizione Massima Permessa e i Limiti di Emissione Accessibile (EMP e LEA).
8. La classificazione delle apparecchiature laser.

9. Caratteristiche dei dispositivi di protezione collettivi e individuali.
10. Le normative generali nazionali e internazionali sulla sicurezza laser.
11. I concetti di differenziazione per le classi di laser.
12. Come valutare le zone di rischio laser.
13. Come valutare i dispositivi di protezione.
14. Le principali applicazioni diagnostiche e terapeutiche.
15. Le caratteristiche di emissione delle principali apparecchiature laser per impiego diagnostico e terapeutico.
16. I pericoli provocati dalla riflessione o dall'assorbimento del fascio laser rispetto dallo strumentario o sostanze presenti in sala operatoria.
17. Le precauzioni per assicurare che l'esposizione della pelle e degli occhi del personale e, se del caso, del paziente sia inferiore ai livelli massimi permessi.
18. I pericoli per il paziente associati alle procedure di trattamento e i metodi per la riduzione del rischio.
19. I rischi che possono derivare dal funzionamento dei laser, quali rischi elettrici, chimici, di incendio, d'uso di agenti criogenici e di materiali cancerogeni, da contaminazione atmosferica per fumi e frammenti di tessuto, da radiazione collaterale.
20. Come gestire casi sospetti di esposizione accidentale.
21. Per quanto riguarda gli aspetti inerenti il piano di ispezione previsto all'Allegato E, al punto E1, della Norma CEI 76.6, il medico utilizzatore nei piccoli ambulatori può delegare all'effettuazione delle prove una persona qualificata ad eseguirle.

**Componenti del Gruppo di Lavoro CIIP che hanno elaborato il presente documento:**

- Luisa Biazzì, Fisica medica - Università di Pavia, CIIP Ufficio di Presidenza CIIP con delega da ANPEQ (Associazione Nazionale Professionale degli Esperti Qualificati in radioprotezione) – coordinatore
- Sara Adda, ARPA Piemonte - Centro Regionale Radiazioni, CIIP con delega da AIRP (Associazione Italiana di RadioProtezione)
- Massimo Borra, Dip. di Igiene del Lavoro, ISPESL – Monte Porzio Catone (RM)
- Giovanni D'Amore, ARPA Piemonte, Centro Regionale Radiazioni
- Riccardo Di Liberto, Fisica sanitaria, Fond. Policlinico S. Matteo Pavia
- Andrea Guasti, Fisica sanitaria, A.O.U.C, Firenze
- Renato Marchesini, Fisica sanitaria, Istituto Tumori, Milano
- Franco Ottenga, A.O. Università di Pisa, CIIP con delega da AIRM (Associazione Italiana di RadioProtezione Medica)
- Franco Pugliese, U.O. SPP AUSL di Piacenza, CIIP con delega AIRESPSA (Ass. Italiana Responsabili Servizi Prevenzione e Protezione in Ambito Sanitario)
- Paolo Rossi, Dip. di Igiene del Lavoro, ISPESL – Monte Porzio Catone (RM)
- Renata Sisto, Dip. di Igiene del Lavoro, ISPESL – Monte Porzio Catone (RM)
- Alberto Sona, UNI-CEI, Milano
- Alessandra Tomaselli, Dipartimento di Ingegneria, Università di Pavia





## **LE PROBLEMATICHE DELLA SORVEGLIANZA SANITARIA NEI RISCHI FISICI: RUMORE, VIBRAZIONI, CAMPI ELETTROMAGNETICI, RADIAZIONI OTTICHE ARTIFICIALI**

**Adriano Ossicini, Antonella Miccio**  
INAIL - Sovrintendenza Medica Generale

### **1 - RIASSUNTO**

Il D.Lgs. 81/2008 dedica agli Agenti fisici il Titolo VIII ed in esso quattro capitoli per i diversi agenti (rumore, vibrazioni, campi elettromagnetici, radiazioni ottiche artificiali). In particolare alla sorveglianza sanitaria è dedicato l'art. 185 delle disposizioni generali di tale titolo, che recita che la stessa è eseguita "*...secondo i principi generali di cui all'art. 41*" e successivamente, in ogni capitolo specifico, sono presenti le indicazioni con cui la sorveglianza deve essere svolta, che riprendono in parte la normativa previgente .

Ci si riferisce all'art. 196 "Rumore", all'art. 204 "Vibrazioni", all'art. 211 "Campi elettromagnetici" e art. 218 "Radiazioni ottiche artificiali".

Gli autori sottolineano che il D.Lgs. 81/2008, relativamente alla sorveglianza sanitaria, ha quindi solo parzialmente determinato il cambiamento auspicato in quanto permangono alcuni limiti che impediscono al decreto di rappresentare, anche se applicato correttamente, un strumento di prevenzione realmente efficace.

Il Titolo VIII del D.Lgs. 81/2008 il è dedicato agli Agenti fisici; esso si suddivide in cinque capi, il capo 1 è relativo alle disposizioni generali ed i successivi quattro capi ai diversi agenti (Rumore, vibrazioni, campi elettromagnetici, radiazioni ottiche artificiali) riprendendo in gran parte la normativa previgente di cui al D.Lgs. 626/94 modificatasi nel tempo.

Il titolo "Agenti fisici" in realtà era stato già inserito come Titolo V bis nel D.Lgs. 626/94 con il D.Lgs. 195/2006 relativo alla "*..protezione dei lavoratori contro i rischi per la salute e la sicurezza derivanti dall'esposizione al rumore...*" che sostituiva il Capo IV del D.Lgs. 277/1991 e successivamente con l'aggiunta del Titolo V-ter dedicato ai rischi da "campi elettromagnetici" di cui al D.Lgs. 257/2007.

Nel titolo VIII del Decreto 81/2008 sono stati inoltre ripresi l'articolo 7 del D.Lgs. 187/05 e i due schemi di decreti approvati dal C.d.M del febbraio 2008 relativi agli stessi campi elettromagnetici come correttivo del citato D.Lgs. 257/2007 e alle radiazioni ottiche artificiali.

Una semplice, anche se non attenta lettura dimostra, ancora una volta, che quello che viene chiamato comunemente “Nuovo Testo Unico sulla Sicurezza” testo unico non è poichè richiama in molte e diverse parti “altra legislazione” di riferimento e, quantunque l’art. 1 comma 1, segnali come finalità che “...*le disposizioni contenute nel presente decreto legislativo costituiscono attuazione dell’articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, per il riassetto e la riforma delle norme vigenti in materia di salute e sicurezza delle lavoratrici e dei lavoratori nei luoghi di lavoro, mediante il riordino e il coordinamento delle medesime in un unico testo normativo...*” non ci pare che tale finalità sia stata perseguita fino in fondo come è facilmente rilevabile dalla lettura del testo.

Riteniamo opportuno partire però da una delle novità del D.Lgs. 81/2008 laddove per la prima volta viene espresso normativamente il concetto di “*Sorveglianza sanitaria*”.

Orbene all’art. 2 (Definizioni) del decreto troviamo alla lettera m) quanto segue:

«*Sorveglianza sanitaria*»: *insieme degli atti medici, finalizzati alla tutela dello stato di salute e sicurezza dei lavoratori, in relazione all’ambiente di lavoro, ai fattori di rischio professionali e alle modalità di svolgimento dell’attività lavorativa.*

E’ quanto meno singolare che nello stesso testo all’art. 222 1° comma lett. f), riguardo agli agenti chimici si sia sentita la necessità di un’altra definizione di sorveglianza sanitaria come “...*la valutazione dello stato di salute del singolo lavoratore in funzione dell’esposizione ad agenti chimici sul luogo di lavoro*”

La definizione di cui all’art. 2 sebbene sia un decisivo passo avanti rispetto al D.Lgs. 626/1994, che non la prevedeva, ci appare carente nel punto in cui non contempla che la stessa deve essere effettuata anche “*in relazione alle condizioni di salute degli stessi*”. Viene quindi a mancare il caposaldo su cui dovrebbe essere attuata la sorveglianza stessa e cioè le condizioni del singolo lavoratore.

Due articoli vengono incontro a tale situazione: l’art.6 comma 8 lett. l che, benchè riguardi l’attività della commissione consultiva permanente, recita che la commissione ha il compito di “*promuovere la considerazione della differenza di genere in relazione alla valutazione dei rischi e alla predisposizione delle misure di prevenzione*” e l’art. 28, dedicato alla valutazione dei rischi allorchè segnala che la valutazione stessa deve tenere conto delle “*lavoratrici in stato di gravidanza, secondo quanto previsto dal decreto legislativo 26 marzo 2001, n. 151, nonché quelli connessi alle differenze di genere, all’età, alla provenienza da altri Paesi.*” Ma come detto non riguardano la sorveglianza sanitaria in maniera specifica.

Un riferimento più specifico alle condizioni individuali riferito alla sorveglianza sanitaria è all’art. 41 lett. c, comma 2 che evidenzia che il lavoratore può essere sottoposto a visita a richiesta “...*qualora sia ritenuta dal medico competente correlata ai rischi professionali o alle sue condizioni di salute, suscettibili di peggioramento a causa dell’attività lavorativa svolta...*” ma, pur se importante detta visita, così come “programmata” ha certamente un valore di gran lunga inferiore e qui intravediamo un ulteriore punto di caduta della normativa già segnalato e cioè la non stretta aderenza tra “valutazione del rischio” e la “sorveglianza sanitaria”.

Abbiamo già segnalato il problema della non aderenza tra la sorveglianza sanitaria e la valutazione del rischio o meglio di quest'ultima alla prima in altro articolo pubblicato sul sito [www.medicompetente.it](http://www.medicompetente.it) (Articolo del mese di aprile 2008 dal titolo “*Valutazione del rischio e sorveglianza sanitaria nel nuovo testo unico sulla sicurezza: un'occasione persa*”) e questo nonostante una Commissione Parlamentare del Senato (Deliberazione del 20 marzo 2008) si fosse espressa in tal senso con l'affermare che : “*...occorre che la sorveglianza sanitaria sia fortemente ancorata alla valutazione dei rischi , che il medico partecipi a tutte le fasi di questo percorso. La valutazione dei rischi né risulterà arricchita dalla specifica competenza professionale del medico, cui spetta il giudizio ultimo sulla compatibilità tra condizioni di lavoro e salute dei lavoratori, e allo stesso tempo la sorveglianza sanitaria sarà utile non solo verso il singolo lavoratore ma contribuirà a mettere in luce rischi o danni precoci apportando contributi per ridurli o prevenirli.*”

## 2 - LA SORVEGLIANZA SANITARIA

Ma che cosa è veramente la sorveglianza sanitaria?

La Sorveglianza sanitaria è un mezzo di prevenzione secondaria di esclusiva pertinenza del medico competente sin dagli inizi dalla metà del secolo scorso da attuarsi quando, una volta eseguite ed adottate tutte le misure di prevenzione primaria, permane comunque un rischio, anche se residuo, ma di entità non trascurabile e che deve essere tenuto sotto controllo.

Come è noto, e non potrebbe essere altrimenti, le finalità di detta attività sono di tipo eminentemente preventivo e destinate a verificare, sia prima dell'avvio dell'attività lavorativa, sia nel tempo, l'adeguatezza del rapporto tra condizioni di salute e attività specifiche svolte durante l'attività lavorativa; appare altresì chiaro che in primis ci si riferisce all'individuo e, in seconda istanza, alla collettività.

La finalità principale delle visite mediche preventive e periodiche, previste dalla normativa, è quello di verificare lo stato di salute del lavoratore in rapporto alla mansione specificatamente svolta (o da svolgere) ai fini preventivi individuali.

La sorveglianza sanitaria pertanto è solo una parte dell'attività di prevenzione nei luoghi di lavoro e per quanto importante, è una forma di prevenzione secondaria (individuazione delle controindicazioni al lavoro e diagnosi precoce) e deve, quindi, essere integrata dalla attività di formazione/informazione e preceduta dalle attività di prevenzione primaria.

All'interno delle finalità generali, si possono enucleare altri e specifici obiettivi sia individuali che collettivi:

### Finalità individuali

- a. identificare eventuali condizioni “negative” di salute in uno stadio precoce, al fine di prevenirne, qualora possibile, l'ulteriore decorso, evitando danni maggiori all'individuo e all'azienda;
- b. identificare soggetti portatori di condizioni di ipersuscettibilità per i quali vanno previste misure protettive più cautelative di quelle adottate per il resto dei lavoratori;

### Finalità collettive

- a. contribuire, attraverso opportuni controlli retrogradi, all'accuratezza della valutazione del rischio collettivo ed individuale;
- b. identificare i lavoratori che, in conseguenza di variabili individuali o abilità acquisite e/o allenamento psico-fisico, sono in grado di sopportare condizioni lavorative maggiormente impegnative rispetto al resto della popolazione;
- c. verificare nel tempo l'adeguatezza delle misure di prevenzione adottate;
- d. raccogliere dati clinici per operare confronti tra gruppi di lavoratori nel tempo e in contesti lavorativi differenti.

Ciò detto, tornando alla "sorveglianza sanitaria" nei rischi da noi presi in esame - Titoli VIII, Capo I Rischi fisici - si rileva da subito che nella parte generale, che non ha riscontro nel precedente 626/1994, si afferma, letteralmente (art.185) che essa viene svolta (comma 1): *"... secondo i principi generali di cui all'articolo 41, ed è effettuata dal medico competente nelle modalità e nei casi previsti ai rispettivi capi del presente titolo sulla base dei risultati della valutazione del rischio che gli sono trasmessi dal datore di lavoro per il tramite del servizio di prevenzione e protezione"*.

Ed in base al 2° comma dello stesso articolo :*"... nel caso in cui la sorveglianza sanitaria riveli in un lavoratore un'alterazione apprezzabile dello stato di salute correlata ai rischi lavorativi il medico competente ne informa il lavoratore e, nel rispetto del segreto professionale, il datore di lavoro, che provvede a:*

- a) sottoporre a revisione la valutazione dei rischi;
- b) sottoporre a revisione le misure predisposte per eliminare o ridurre i rischi;
- c) tenere conto del parere del medico competente nell'attuazione delle misure necessarie per eliminare o ridurre il rischio".

Questo secondo comma ricalca in realtà sostanzialmente quanto già previsto nella normativa precedente relativa ai singoli rischi ma è comunque importante perché è un ulteriore conferma del valore "dinamico" del documento di valutazione dei rischi che deve essere di volta in volta adattato non solo alla situazione "esterna modificata" ma anche alla situazione interna che deve essere modificata a fronte di particolari situazione che si verificano.

La normativa in vigore ci sembra però meno significativa ed anzi un passo indietro rispetto alla precedente laddove quest' ultima per il rumore si affermava che il datore di lavoro *"..adotta le misure affinché sia riesaminato lo stato di salute di tutti gli altri lavoratori che hanno subito una esposizione analoga"* e per le vibrazioni che il datore di lavoro *"..prende le misure affinché sia effettuata una visita medica straordinaria per tutti gli altri lavoratori che hanno subito un'esposizione simile.."*. Tali passi non sono ora più presenti nella parte generale relativa alla sorveglianza sanitaria del D.Lgs 81/08 ne' lo ritroviamo nella parte specifica dei due rischi citati. Solo relativamente alle vibrazioni il comma 2 dell'art. 204 sembrerebbe indirizzare in tal senso allorché recita: *"I lavoratori esposti a vibrazioni sono altresì sottoposti alla sorveglianza sanitaria quando, secondo il medico competente, si verificano una o più delle seguenti condizioni: l'esposizione dei lavoratori alle vibrazioni e' tale da rendere possibile l'individuazione di un nesso tra l'esposizione in questione e una malattia identificabile o ad effetti nocivi per la salute ed e' probabile che la malattia*

*o gli effetti sopraggiungano nelle particolari condizioni di lavoro del lavoratore ed esistono tecniche sperimentate che consentono di individuare la malattia o gli effetti nocivi per la salute".*

Il primo comma dell' art 185 è quindi il punto di partenza della sorveglianza sanitaria e specifica che, per qualunque rischio, è l'art. 41 che indica la strada maestra; le successive declinazioni, del suo svolgimento, contenute in tutti gli altri titoli e capi, sono degli adattamenti/aggiustamenti al rischio considerato, per migliorare ulteriormente tale attività; sarebbe cioè un errore grossolano svolgere l'attività prescindendo o meglio sottovalutando il dettame dell'articolo in questione. Crediamo opportuno riportare integralmente l'articolo 41, senza bisogno di commentarlo e tratteremo di seguito i quattro Capi che ci interessano dei rischi fisici (Titolo VIII) e cioè, rumore, vibrazioni, campi elettromagnetici e radiazioni ottiche artificiali

**Art. 41**

1. La sorveglianza sanitaria è effettuata dal medico competente:

a) nei casi previsti dalla normativa vigente, dalle direttive europee nonché dalle indicazioni fornite dalla Commissione consultiva di cui all'articolo 6;

b) qualora il lavoratore ne faccia richiesta e la stessa sia ritenuta dal medico competente correlata ai rischi lavorativi.

2. La sorveglianza sanitaria comprende:

a) visita medica preventiva intesa a constatare l'assenza di controindicazioni al lavoro cui il lavoratore è destinato al fine di valutare la sua idoneità alla mansione specifica;

b) visita medica periodica per controllare lo stato di salute dei lavoratori ed esprimere il giudizio di idoneità alla mansione specifica. La periodicità di tali accertamenti, qualora non prevista dalla relativa normativa, viene stabilita, di norma, in una volta l'anno. Tale periodicità può assumere cadenza diversa, stabilita dal medico competente in funzione della valutazione del rischio. L'organo di vigilanza, con provvedimento motivato, può disporre contenuti e periodicità della sorveglianza sanitaria differenti rispetto a quelli indicati dal medico competente;

c) visita medica su richiesta del lavoratore, qualora sia ritenuta dal medico competente correlata ai rischi professionali o alle sue condizioni di salute, suscettibili di peggioramento a causa dell'attività lavorativa svolta, al fine di esprimere il giudizio di idoneità alla mansione specifica;

d) visita medica in occasione del cambio della mansione onde verificare l'idoneità alla mansione specifica;

e) visita medica alla cessazione del rapporto di lavoro nei casi previsti dalla normativa vigente.

3. Le visite mediche di cui al comma 2 non possono essere effettuate:

a) in fase preassuntiva;

b) per accertare stati di gravidanza;

c) negli altri casi vietati dalla normativa vigente.

4. Le visite mediche di cui al comma 2, a cura e spese del datore di lavoro, comprendono gli esami clinici e biologici e indagini diagnostiche mirati al rischio ritenuti necessari dal medico competente. Nei casi ed alle condizioni previste dall'ordinamento, le visite di cui al comma 2, lettere a), b) e d) sono altresì finalizzate alla verifica di assenza di condizioni di alcol dipendenza e di assunzione di sostanze psicotrope e stupefacenti.
5. Gli esiti della visita medica devono essere allegati alla cartella sanitaria e di rischio di cui all'articolo 25, comma 1, lettera c), secondo i requisiti minimi contenuti nell'Allegato 3A e predisposta su formato cartaceo o informatizzato, secondo quanto previsto dall'articolo 53.
6. Il medico competente, sulla base delle risultanze delle visite mediche di cui al comma 2, esprime uno dei seguenti giudizi relativi alla mansione specifica:
  - a) idoneità;
  - b) idoneità parziale, temporanea o permanente, con prescrizioni o limitazioni;
  - c) inidoneità temporanea;
  - d) inidoneità permanente.
7. Nel caso di espressione del giudizio di inidoneità temporanea vanno precisati i limiti temporali di validità.
8. Dei giudizi di cui al comma 6, il medico competente informa per iscritto il datore di lavoro e il lavoratore.
9. Avverso i giudizi del medico competente è ammesso ricorso, entro trenta giorni dalla data di comunicazione del giudizio medesimo, all'organo di vigilanza territorialmente competente che dispone, dopo eventuali ulteriori accertamenti, la conferma, la modifica o la revoca del giudizio stesso.

### 3 - RISCHI FISICI E SORVEGLIANZA SANITARIA

Come detto mentre l'art. 185 parla in generale della sorveglianza sanitaria da rischi fisici, in ciascun capo vengono poi dedicati specifici articoli: l'art. 196 per "Rumore", l'art. 204 "Vibrazioni", l'art. 211 "Campi elettromagnetici" e l'art. 218 "Radiazioni ottiche artificiali" riprendendo con qualche modifica quanto già in precedenza normato.

La norma di riferimento per il nuovo art. 196 è l'art. 49 decies del 626/94 come modificato dal D.Lgs. n.195/2006, per l'art. 204 è l'articolo 7 del D.Lgs. 187/05, per l'art. 211 è art. 49 noviesdecies del 626/94 come modificato dal D.Lgs. 257/2007 e per l'art. 218 quanto previsto dalla Legge 13/2007 e Decreto 257/07, attuazione di direttiva europea approva dal C.d.M il 27 febbraio 2008.

Il legislatore ha cercato quindi di riportare in un unicum non meno di cinque normative che si sono succedute nel tempo addirittura qualcuna in itinere come i due schemi di decreto che, entreranno in vigore dal 27 aprile 2010 se il loro iter legislativo avrà esito positivo.

Dall'analisi comparativa dei due testi di legge possiamo evidenziare quanto segue: se da una parte si rileva una loro sostanziale sovrapposizione, dall'altra vi sono alcune espressioni lessicali, che se non refusi o modifiche involontarie, paiono dare un senso diverso alla norma più recente.

Per esempio all'art.196 al 2° comma si afferma che *“La sorveglianza sanitaria di cui al comma 1 è estesa ai lavoratori esposti a livelli superiori ai valori inferiori di azione, su loro richiesta e qualora il medico competente ne confermi l'opportunità”*, mentre nel testo precedente, art.49 decies 2° comma si ritrovava *“La sorveglianza sanitaria di cui al comma 1 è estesa ai lavoratori esposti a livelli superiori ai valori inferiori di azione, su loro richiesta o qualora il medico competente ne confermi l'opportunità”*; in precedenza le due situazioni erano alternative essendo stata usata la particella “o” ora, invece costituiscono, con la particella “e”, entrambe condizioni necessarie per lo svolgimento.

L'art. 204 secondo comma recita *“I lavoratori esposti a vibrazioni sono altresì sottoposti alla sorveglianza sanitaria quando, secondo il medico competente, si verificano una o più delle seguenti condizioni: l'esposizione dei lavoratori alle vibrazioni e' tale da rendere possibile l'individuazione di un nesso tra l'esposizione in questione e una malattia identificabile o ad effetti nocivi per la salute ed e' probabile che la malattia o gli effetti sopraggiungano nelle particolari condizioni di lavoro del lavoratore ed esistono tecniche sperimentate che consentono di individuare la malattia o gli effetti nocivi per la salute.”* Nel precedente dettame legislativo era invece riportato *“I lavoratori esposti a vibrazioni sono altresì sottoposti alla sorveglianza sanitaria quando, secondo il medico competente, si verificano congiuntamente le seguenti condizioni: l'esposizione dei lavoratori alle vibrazioni e' tale da rendere possibile l'individuazione di un nesso tra l'esposizione in questione e una malattia identificabile o ad effetti nocivi per la salute ed e' probabile che la malattia o gli effetti sopraggiungano nelle particolari condizioni di lavoro del lavoratore ed esistono tecniche sperimentate che consentono di individuare la malattia o gli effetti nocivi per la salute”*.

Mentre nel prima situazione la sostituzione della “o” con “e” sembra restringere il campo di azione, in quest'ultima passando da condizioni *“congiuntamente presenti”* a *“...uno o più delle seguenti condizioni”* il campo di intervento sembra allargarsi. Non sembrano rilevarsi significative differenze tra l'art. 211 ed il precedente 49 noviesdecies con la notazione, che come in precedenza la sorveglianza deve essere effettuata di norma una volta l'anno o con periodicità inferiore. Questo a differenza degli altri rischi presi in esame che prevedono si una cadenza *“di norma una volta l'anno”*, ma dove essa può essere sia inferiore che superiore.

Un primo esame delle modalità della sorveglianza sanitaria nei rischi fisici evidenzia che non grandi passi avanti sono stati fatti anzi, in certe situazioni, si ingenera confusione.

Pur rilevando diverse modifiche rispetto alla precedente normativa, nel complesso, il nuovo testo può essere considerata, in alcune sue parti, una *“occasione mancata”*.

Non possiamo che concludere con le parole riprese da un documento SIMLII a commento in tempo reale della normativa emanata e cioè che *“L'intento di raccogliere e riorganizzare la complessa normativa in materia, armonizzando le disposizioni vigenti in un provvedimento unitario, è stato senz'altro apprezzabile, ma il percorso seguito per giungere a tale scopo ha condotto ad un risultato che per più aspetti delude le aspettative della nostra Disciplina”*



**4 - BIBLIOGRAFIA**

1. A.Ossicini, A. Miccio “Valutazione del rischio e sorveglianza sanitaria nel nuovo testo unico sulla sicurezza: un'occasione persa” Articolo, Mese Aprile 2000 su [www.medicocompetente.it](http://www.medicocompetente.it)
2. Gruppo di lavoro SIMLII: C. Romano (coord.), A. Baracco, G. Frigeri, L. Isolani, A. Ossicini, E. Ramistella, L. Soleo, “Il ruolo del Medico Competente e la Sorveglianza Sanitaria nel D.Lgs. 81/2008: il punto di vista della SIMLII” Convegno, Perugia 19.6.2008.
3. “La nuova normativa di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro D.Lgs. 81/2008” a cura di R. Pais EPC libri, 2008.
4. M. Lepore, “La normativa essenziale di sicurezza e salute sul luogo di lavoro” 2004.
5. “Atti Commissione di inchiesta del Senato sulle morti bianche e sul fenomeno infortunistico” Marzo 2008.

**Normativa principale di riferimento**

D.Lgs.626/1994, D.Lgs.187/05, D.Lgs.195/06, L.13/2007 D.Lgs.257/07,  
D.Lgs.81/09

## **FORMAZIONE E INFORMAZIONE: IL PUNTO SU OBBLIGHI E SCELTE POSSIBILI**

**Carlo Veronesi**

Az. USL Reggio Emilia

### **1. INTRODUZIONE**

Il D.Lgs. 81/2008, come il precedente D.Lgs. 626/1994, inserisce nelle misure generali di tutela (art. 15) la informazione, la formazione, l'addestramento e la partecipazione di tutti i soggetti coinvolti, sottolineando così l'importanza che esse hanno nel processo di miglioramento delle condizioni di sicurezza e salute negli ambienti di lavoro e di sensibilizzazione e coinvolgimento di tutte le figure inserite nel sistema di prevenzione.

Per di più in questo decreto l'obbligo della formazione è stato esteso a tutte le figure aziendali compresi i dirigenti e i preposti che non figuravano nel D.Lgs. 626/1994.

Inoltre è stato esteso e meglio specificato l'obbligo di "aggiornamento" che rende la formazione non come adempimento formale episodico ma come percorso che accompagna i lavoratori e gli altri soggetti durante la loro vita lavorativa in una cosiddetta "formazione continua".

E' stato anche, per la prima volta, affrontato il problema della qualità della formazione e la Commissione consultiva permanente è stata incaricata di elaborare "criteri di qualificazione della figura del formatore per la salute e sicurezza sul lavoro, anche tenendo conto delle peculiarità dei settori di riferimento".

Infine è stato istituito il "libretto formativo del cittadino" (D.Lgs. 276/2003) sul quale dovrà essere registrato tutto il percorso formativo di ogni soggetto della prevenzione. Tale libretto consentirà agli organi di vigilanza di verificare l'adempimento degli obblighi formativi da parte del datore di lavoro e al datore di lavoro di verificare la formazione avuta da ogni lavoratore.

La formazione è vista dunque come processo educativo attraverso il quale trasferire ai lavoratori e a tutti gli altri soggetti del sistema di prevenzione e protezione aziendale conoscenze e procedure utili alla acquisizione di competenze per lo svolgimento in sicurezza dei rispettivi compiti in azienda e alla identificazione, alla riduzione e alla gestione dei rischi.

L'importanza che assume la formazione in questo nuovo decreto è sottolineata in modo inequivocabile dall'averla inserita nell'elenco delle gravi violazioni dell'Allegato I collegato all'art. 14 del D.Lgs 81/08 che regola i provvedimenti di sospensione dell'attività imprenditoriale e testimonia una volta di più come essa debba essere considerata fondamentale per promuovere la salute e

sicurezza nei luoghi di lavoro.

**Nel testo seguente verranno anche indicati i contenuti principali delle “Proposte di Accordo in Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato le Regioni e le Province Autonome per la Formazione dei Lavoratori di cui all’articolo 37, comma 2 e per lo svolgimento diretto da parte del datore di lavoro dei compiti di prevenzione e protezione dai rischi di cui all’articolo 34, commi 2 e 3 del D.Lgs. n. 81/08” avanzate dal “Tavolo Tecnico Intercoordinamenti per la formazione alla salute e alla sicurezza nei luoghi di lavoro” specificandone di volta in volta la fonte. Tali proposte non sono ancora state approvate in Conferenza e pertanto potranno subire modifiche e integrazioni.**

## 2. LA FORMAZIONE DEI LAVORATORI

Il principale soggetto cui è rivolta l’informazione e la formazione è il lavoratore. Sin dalla prima stesura del D.Lgs. 81/2008, questo soggetto ha assunto un ruolo “attivo” all’interno del Sistema di Prevenzione aziendale: infatti egli dovrebbe giungere a possedere tutti gli strumenti necessari per compiere, per quanto di sua competenza, tutte le azioni a tutela della sicurezza propria ed altrui.

Naturalmente tali strumenti per essere efficaci devono essere forniti in modo da essere ben comprensibili e quindi tenendo conto delle conoscenze linguistiche del lavoratore anche previa verifica della comprensione della lingua utilizzata e, nel caso, la presenza di un mediatore interculturale o di un traduttore, che assicurino la comprensione dei contenuti del corso di formazione

I corsi di formazione dovranno possedere ben definite caratteristiche di qualità, quali ad es. un responsabile del progetto formativo, un numero massimo di partecipanti, un registro di presenze, l’obbligo di frequenza, una metodologia di insegnamento che privilegi le metodologie “attive”, che comportino la centralità del discente nel percorso di apprendimento.

Il percorso formativo si articola in due momenti distinti: una Formazione Generale con i concetti di rischio, danno, prevenzione, protezione, organizzazione della prevenzione aziendale, diritti e doveri dei vari soggetti aziendali, organi di vigilanza, controllo, assistenza e una Formazione Specifica sui rischi riferiti alle mansioni e ai possibili danni e alle conseguenti misure e procedure di prevenzione e protezione caratteristici del settore o comparto di appartenenza dell’azienda.

La formazione e l’informazione dei lavoratori è così definita:

- Prevenzione incendi (Titolo I, Sezione VI, art. 46 - D.M. 10 marzo 1998 [8]);
- Uso delle attrezzature di lavoro e dei dispositivi di protezione individuale (Titolo III, artt. 71, 73 e 77). In sede di Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano saranno individuate le attrezzature di lavoro per le quali è richiesta una specifica abilitazione degli operatori nonché le modalità per il riconoscimento di tale abilitazione, i soggetti formatori, la durata, gli indirizzi ed i requisiti minimi di validità della formazione;
- Cantieri temporanei o mobili (Titolo IV, Capo I, art. 97, comma 3ter; Capo II, art. 116, comma 2 e 3);
- Segnaletica di salute e sicurezza sul lavoro (Titolo V, art. 164);

- Movimentazione manuale dei carichi (Titolo VI, art. 169);
- Attrezzature munite di videoterminali (Titolo VII, art. 177);
- Agenti fisici (Titolo VIII, Capo I, art. 184);
- Agenti fisici - Protezione dei lavoratori contro i rischi di esposizione al rumore durante il lavoro (Titolo VIII, Capo II, art. 191, 192, 195);
- Sostanze pericolose - Protezione da agenti chimici (Titolo IX, Capo I, art. 227);
- Sostanze pericolose - Protezione da agenti cancerogeni e mutageni (Titolo IX, Capo II, art. 239);
- Sostanze pericolose - Protezione da rischi connessi all'esposizione all'amianto (Titolo IX, Capo III, artt. 257, 258): i lavoratori addetti alla rimozione, smaltimento dell'amianto e alla bonifica delle aree interessate devono frequentare i corsi di formazione professionale di cui all'articolo 10, comma 2, lettera h), della Legge 27 marzo 1992, n. 257;
- Esposizione ad agenti biologici (Titolo X, art. 278);
- Atmosfere esplosive (Titolo XI, art. 294 bis).

La Proposta del “*Tavolo Tecnico Intercoordinamenti per la formazione alla salute e alla sicurezza nei luoghi di lavoro*” individua sia per la Formazione Generale che per quella Specifica i contenuti e la durata minima. In particolare per la Formazione Specifica, la durata è in funzione dell'appartenenza dell'azienda ad un settore inserito in una delle tre macrocategorie di rischio (basso, medio, alto) individuate in base alla classificazione ATECO. La trattazione dei rischi sopra indicati va declinata secondo la loro effettiva presenza nel settore di appartenenza dell'azienda e della specificità del rischio.

La durata minima complessiva della formazione per i lavoratori va da 8 a 16 ore e non è prevista, al termine del corso, alcuna verifica di apprendimento.

I contenuti e la durata sono subordinati all'esito della valutazione dei rischi effettuata dal datore di lavoro, possono essere ampliati in base alla natura e all'entità dei rischi effettivamente presenti in azienda, aumentando di conseguenza il numero di ore di formazione necessario.

L'addestramento, inteso come “*complesso delle attività dirette a fare apprendere ai lavoratori l'uso corretto di attrezzature, macchine, impianti, sostanze, dispositivi, anche di protezione individuale, e le procedure di lavoro*” viene molto valorizzato e considerato come momento fondamentale e aggiuntivo rispetto alla formazione del lavoratore e per tale motivo non quantificabile in termini di durata in quanto dipendente dalle sue mansioni e dal numero di macchine e impianti cui viene assegnato. Una specificazione molto importante riguarda la necessità che l'addestramento venga effettuato da una persona esperta sul luogo di lavoro.

In attesa della elaborazione da parte della Commissione consultiva permanente per la salute e sicurezza sul lavoro dei criteri di qualificazione della figura del formatore per la salute e sicurezza sul lavoro, i corsi devono essere tenuti, internamente o esternamente all'azienda, da docenti interni o esterni all'azienda che possono dimostrare di possedere adeguata formazione universitaria o esperienza biennale di insegnamento o professionale, con riferimento alle tematiche specifiche trattate in ciascuno dei moduli relativi ai percorsi formativi individuati nel presente accordo.

Sono previsti crediti formativi tesi ad evitare inutili ripetizioni di parti di percorsi formativi già effettuati privilegiando invece l'aggiornamento continuo.

E' previsto un aggiornamento quinquennale, con durata complessiva minima di 8 ore, uguale per tutti e tre i livelli di rischio sopra individuati.

### **3. LA FORMAZIONE DEI COMPONENTI DELL'IMPRESA FAMILIARE, DEI LAVORATORI AUTONOMI, COLTIVATORI DIRETTI DEL FONDO, DEI SOCI DELLE SOCIETÀ SEMPLICI OPERANTI NEL SETTORE AGRICOLO, DEGLI ARTIGIANI E DEI PICCOLI COMMERCianti**

Una rilevante novità riguarda la possibilità che questi soggetti si avvalgano della formazione definita in sede di Conferenza Stato-Regioni per il lavoratori dipendenti. Tale formazione, che pure è da considerarsi facoltativa da parte del singolo lavoratore, è in qualche modo incentivata dalla previsione dell'art. 27 riguardante i sistemi di qualificazione in materia di tutela della salute e sicurezza sul lavoro per le imprese ed i lavoratori autonomi di specifici comparti, in cui la formazione diventa uno dei parametri qualificanti. Il possesso di detti requisiti, infatti, costituisce elemento preferenziale vincolante per la partecipazione alle gare relative agli appalti e subappalti pubblici e per l'accesso ad agevolazioni, finanziamenti e contributi a carico della finanza pubblica, sempre se correlati ai medesimi appalti o subappalti.

### **4. LA FORMAZIONE DEGLI ADDETTI ALLA PREVENZIONE INCENDI, LOTTA ANTINCENDIO E GESTIONE DELL'EMERGENZA E DEGLI ADDETTI AL PRIMO SOCCORSO**

La prevenzione incendi è una funzione di preminente interesse pubblico, di esclusiva competenza statale, che persegue obiettivi di sicurezza della vita umana, di incolumità delle persone e di tutela dei beni e dell'ambiente.

I Ministeri dell'Interno, del Lavoro, della Salute e delle Politiche sociali, adotteranno uno o più decreti nei quali saranno definiti, tra l'altro, i requisiti del personale addetto al servizio di prevenzione e protezione antincendio, la formazione specifica e l'aggiornamento.

In attesa dell'emanazione dei decreti sopra citati, la formazione dovrà essere effettuata secondo quanto stabilito dal D.M. 10.3.1998 e del relativo Allegato IX, nel quale sono specificati i contenuti minimi e la durata dei corsi di formazione per addetti alla prevenzione incendi, lotta antincendio e gestione delle emergenze, in funzione del livello di rischio incendio presente nell'attività considerata:

- corso A: per addetti antincendio in attività a rischio di incendio basso (durata 4 ore di cui 2 ore esercitazione pratica);
- corso B: per addetti antincendio in attività a rischio di incendio medio (durata 8 ore, di cui 3 ore di esercitazione pratica);
- corso C: per addetti antincendio in attività a rischio di incendio elevato (durata 16 ore, di cui 4 ore esercitazione pratica).

La formazione prevista richiede sempre una parte di esercitazioni che consentano agli addetti di acquisire quelle competenze necessarie per svolgere il ruolo, attraverso prove pratiche nell'uso dei mezzi di estinzione.

## **5. LA FORMAZIONE DEI LAVORATORI ADDETTI AI SISTEMI DI ACCESSO E POSIZIONAMENTO MEDIANTE FUNI E DEI PREPOSTI CON FUNZIONI DI SORVEGLIANZA DEI LAVORI**

In base all'art. 116 del D.Lgs. 81/2008 il datore di lavoro ha l'obbligo di fornire ai propri lavoratori, addetti ai sistemi di accesso e posizionamento mediante funi, una formazione teorico-pratica riguardante:

- l'apprendimento delle tecniche operative e dell'uso dei dispositivi necessari;
- l'addestramento specifico sia su strutture naturali, sia su manufatti;
- l'utilizzo dei dispositivi di protezione individuale, loro caratteristiche tecniche, manutenzione, durata e conservazione;
- gli elementi di primo soccorso;
- i rischi oggettivi e le misure di prevenzione e protezione;
- le procedure di salvataggio.

I requisiti di tale formazione sono contenuti nell'Allegato XXI che riporta l'Accordo Stato-Regioni-Province Autonome, del 26 gennaio 2006 relativo alla formazione dei lavoratori e preposti addetti al montaggio, smontaggio, trasformazione di ponteggi ed alla formazione dei lavoratori addetti ai sistemi di accesso e posizionamento mediante funi. In tale Accordo sono stabiliti i criteri per l'individuazione dei soggetti formatori, la durata, gli indirizzi e i requisiti minimi per la validità dei corsi indirizzati ai lavoratori addetti ai sistemi di accesso e posizionamento mediante funi e dei preposti con compiti di sorveglianza dei lavori.

## **6. LA FORMAZIONE DEI LAVORATORI ADDETTI AL MONTAGGIO, SMONTAGGIO E TRASFORMAZIONE DI PONTEGGI**

Anche i lavoratori che svolgono attività di montaggio, smontaggio e trasformazione di ponteggi, in base all'art. 136 del D.Lgs. 81/2008, devono frequentare apposito corso di formazione a carattere teorico-pratico.

Anche per questi lavoratori l'Allegato XXI individua la tipologia dei soggetti formatori, la durata, gli indirizzi e i requisiti minimi per la validità dei corsi. Nello stesso allegato si prevede una analoga formazione specialistica rivolta ai preposti addetti alla sorveglianza sulle lavorazioni inerenti il montaggio, lo smontaggio e la trasformazione dei ponteggi.

## **7. LA FORMAZIONE DEI RAPPRESENTANTI DEI LAVORATORI PER LA SICUREZZA (RLS)**

Il D.Lgs. 81/2008 ha introdotto delle novità relativamente alla figura dell'RLS. Innanzitutto ha esteso la rappresentanza dei lavoratori a tutte le aziende, anche a quelle in cui non sia stato eletto o designato un RLS, attraverso il Rappresentante dei Lavoratori per la Sicurezza Territoriale (RLST)..

E' stata inoltre introdotta la figura del Rappresentante dei Lavoratori per la Sicurezza "di sito produttivo" per contesti produttivi con complesse problematiche legate alla interferenza delle lavorazioni e da un consistente numero di aziende, cantieri, impianti.

Ai Rappresentanti dei Lavoratori per la Sicurezza deve essere garantita una formazione particolare in materia di salute e sicurezza concernente i rischi specifici esistenti negli ambiti in cui esercita la propria rappresentanza, tale da assicurargli adeguate competenze sulle principali tecniche di controllo e prevenzione dei rischi stessi.

Le modalità, la durata e i contenuti specifici della formazione, per il Rappresentante dei Lavoratori per la Sicurezza, saranno definiti in sede di contrattazione collettiva nazionale, nel rispetto dei seguenti contenuti minimi:

- principi giuridici comunitari e nazionali;
- legislazione in materia di salute e sicurezza sul lavoro;
- principali soggetti coinvolti e i relativi obblighi;
- definizione e individuazione dei fattori di rischio;
- valutazione dei rischi;
- misure tecniche, organizzative e procedurali di prevenzione e protezione;
- aspetti normativi dell'attività di rappresentanza dei lavoratori;
- nozioni di tecnica della comunicazione.

In ogni caso la durata minima dei corsi, che dovranno prevedere una verifica di apprendimento, è stabilita in 32 ore iniziali di cui 12 ore sui rischi specifici presenti in azienda e le conseguenti misure di prevenzione e protezione adottate.

E' stato inoltre introdotto l'obbligo di aggiornamento periodico che sarà definito dalla contrattazione collettiva nazionale, ma la cui durata non può essere inferiore a 4 ore annue (per aziende che occupano dai 15 ai 50 lavoratori) e a 8 ore annue (per aziende che occupano più di 50 lavoratori).

E' evidente come non sia stato previsto un aggiornamento periodico per i RLS di aziende che occupano meno di 15 lavoratori. Tale mancanza viene in parte compensata dal principio generale secondo il quale "la formazione dei lavoratori e dei loro rappresentanti deve essere periodicamente ripetuta in relazione all'evoluzione dei rischi o all'insorgenza di nuovi rischi", tuttavia si auspica che nell'ambito della contrattazione collettiva nazionale che regolerà la materia si provveda a colmare questa lacuna.

Anche all'RLST deve essere fornita una formazione particolare in materia di salute e sicurezza concernente i rischi specifici esistenti negli ambiti in cui esercita la propria rappresentanza. Il percorso formativo deve comprendere almeno 64 ore da

effettuarsi entro 3 mesi dalla data di elezione o designazione e 8 ore di aggiornamento annuale, mentre le modalità, la durata e i contenuti specifici della formazione saranno stabiliti in sede di contrattazione collettiva nazionale.

Il D.Lgs. 81/2008 prevede che la formazione debba avvenire in collaborazione con gli organismi paritetici, costituiti da associazioni datoriali e dei lavoratori, ove presenti nel settore e nel territorio in cui svolge l'attività del datore di lavoro, durante l'orario di lavoro e non può comportare oneri economici a carico dei lavoratori.

La proposta del *“Tavolo Tecnico Intercoordinamenti per la formazione alla salute e alla sicurezza nei luoghi di lavoro”* prevede che i corsi di formazione per i lavoratori e per i loro rappresentanti siano realizzati in collaborazione con gli organismi paritetici, ove esistenti sia nel territorio che nel settore nel quale opera l'azienda. Ove la richiesta di collaborazione riceva riscontro da parte dell'organismo paritetico, delle relative indicazioni occorrerà tener conto nella pianificazione e realizzazione delle attività di formazione, anche ove tale realizzazione non sia affidata agli organismi paritetici. Ove tale richiesta non riceva riscontro dall'organismo paritetico entro quindici giorni dal suo invio, il datore di lavoro potrà procedere autonomamente alla pianificazione e realizzazione delle attività di formazione.

Tale soluzione deriva dalla necessità di non dilatare i tempi per la realizzazione dei corsi di formazione per i lavoratori.

## **8. LA FORMAZIONE DEI RESPONSABILI E DEGLI ADDETTI AL SERVIZIO DI PREVENZIONE E PROTEZIONE**

Il D.Lgs. 81/2008 non contiene novità al riguardo sia per quanto riguarda i requisiti professionali dei Responsabili e degli Addetti del SPP, sia per quanto riguarda gli specifici corsi di formazione in materia di prevenzione e protezione dei rischi, anche di natura ergonomica e da stress lavoro-correlato, di organizzazione e gestione delle attività tecnico amministrative e di tecniche di comunicazione in azienda e di relazioni sindacali.

Rimane pertanto valido quanto previsto dall'accordo sancito il 26 gennaio 2006 in sede di Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province Autonome di Trento e di Bolzano.

Numerosi sono i soggetti che possono organizzare tali corsi: le Regioni e le Province Autonome di Trento e di Bolzano, le Università, l'Istituto Superiore per la Prevenzione la Sicurezza del Lavoro (ISPESL), l'Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro (INAIL) o l'Istituto di Previdenza per il Settore Marittimo (IPSEMA) per la parte di competenza, il Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, l'Amministrazione della Difesa, la Scuola Superiore della Pubblica Amministrazione e le altre Scuole superiori delle singole amministrazioni, le Associazioni sindacali dei datori di lavoro o dei lavoratori o gli organismi paritetici, nonché i soggetti di cui al punto 4 dell' Accordo. Ulteriori soggetti formatori possono essere individuati in sede di Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province Autonome di Trento e di Bolzano.



## 9. IL MEDICO COMPETENTE

Quasi nulla è cambiato relativamente ai titoli o requisiti necessari allo svolgimento delle funzioni di Medico Competente mentre, per quanto riguarda la formazione, i medici in possesso dei titoli previsti, salvo alcune situazioni di esonero, devono frequentare appositi percorsi formativi universitari da definire con apposito decreto del Ministero dell'Università e della ricerca di concerto con il Ministero del lavoro, della salute e delle politiche sociali.

L'aggiornamento del Medico Competente prevede inoltre la partecipazione obbligatoria al programma di educazione continua in medicina secondo la normativa prevista con il conseguimento di crediti non inferiori al 70% nella disciplina "medicina del lavoro e sicurezza degli ambienti di lavoro", da acquisire a partire dal programma triennale successivo all'entrata in vigore del D.Lgs. 81/08.

La complessa previsione di formazione e aggiornamento del Medico Competente risponde alla necessità di acquisire, da parte di questa centrale figura del sistema di prevenzione aziendale, nuove competenze collegate alle innovazioni tecnologiche e organizzative, alla introduzione di sempre nuove sostanze e preparati chimici e all'insorgenza di nuove patologie affinché possa svolgere concretamente il suo ruolo collaborando con il datore di lavoro alla valutazione dei rischi e a tutti i compiti ad esso demandati.

## 10. LA FORMAZIONE DEI DIRIGENTI E DEI PREPOSTI

Il D.Lgs. 81/2008 ha introdotto anche la formazione e l'aggiornamento periodico dei Dirigenti e dei Preposti, assente nella precedente legislazione, precisando che essa debba contenere i seguenti argomenti:

- i principali soggetti coinvolti e i relativi obblighi;
- la definizione e l'individuazione dei fattori di rischio;
- la valutazione dei rischi;
- l'individuazione delle misure tecniche, organizzative e procedurali di prevenzione e protezione.

La formazione può essere effettuata anche presso gli organismi paritetici o le scuole edili, ove esistenti, o presso le associazioni sindacali dei datori di lavoro e dei lavoratori.

Si è voluto quindi stabilire la necessità della formazione in materia di salute e sicurezza anche per queste figure centrali nella organizzazione aziendale, affinché potessero esercitare correttamente il loro ruolo.

Il Dirigente è la "persona che, in ragione delle competenze professionali e di poteri gerarchici e funzionali adeguati alla natura dell'incarico conferitogli, attua le direttive del datore di lavoro organizzando l'attività lavorativa e vigilando su di essa", mentre il Preposto è la "persona che, in ragione delle competenze professionali e nei limiti di poteri gerarchici e funzionali adeguati alla natura dell'incarico conferitogli, sovrintende all'attività lavorativa e garantisce l'attuazione delle direttive ricevute, controllandone la corretta esecuzione da parte dei lavoratori

ed esercitando un funzionale potere di iniziativa”.

La proposta del “*Tavolo Tecnico Intercoordinamenti per la formazione alla salute e alla sicurezza nei luoghi di lavoro*” prevede che la formazione per i Dirigenti comprenda quella per i lavoratori e sia strutturata in quattro moduli aventi i seguenti contenuti minimi:

1. Giuridico - normativo
2. Gestione ed organizzazione della sicurezza
3. Individuazione e valutazione dei rischi
4. Comunicazione, formazione e consultazione dei lavoratori

La durata minima complessiva della formazione per i dirigenti è di 16 ore con verifica obbligatoria di apprendimento al termine del corso da effettuarsi con colloquio o test finalizzata a verificare le conoscenze relative alla normativa vigente e le competenze tecnico-professionali.

Per i Dirigenti, è previsto un aggiornamento quinquennale, con durata complessiva minima di 12 ore da effettuare anche per mezzo di diversi moduli nell’arco dei 5 anni, con contenuti inerenti i propri compiti in materia di salute e sicurezza del lavoro.

La proposta del “*Tavolo Tecnico Intercoordinamenti per la formazione alla salute e alla sicurezza nei luoghi di lavoro*” prevede che la formazione per i Preposti sia costituita preliminarmente dalla formazione prevista per i lavoratori e sia integrata da una *formazione particolare aggiuntiva*, in relazione ai compiti da lui esercitati in materia di salute e sicurezza sul lavoro avente i seguenti contenuti:

1. Principali soggetti del sistema di prevenzione aziendale: compiti, obblighi, responsabilità;
2. Relazioni tra i vari soggetti interni ed esterni del sistema di prevenzione;
3. Definizione e individuazione dei fattori di rischio;
4. Incidenti e infortuni mancati
5. Tecniche di comunicazione e sensibilizzazione dei lavoratori, in particolare neoassunti, somministrati, stranieri;
6. Valutazione dei rischi dell’azienda, con particolare riferimento al contesto in cui il preposto opera;
7. Individuazione misure tecniche, organizzative e procedurali di prevenzione e protezione;
8. Modalità di esercizio della funzione di controllo dell’osservanza da parte dei lavoratori delle disposizioni di legge e aziendali in materia di salute e sicurezza sul lavoro, e di uso dei mezzi di protezione collettivi e individuali messi a loro disposizione.

La durata minima complessiva della *formazione particolare aggiuntiva* per i Preposti è di 8 ore con verifica obbligatoria di apprendimento al termine del corso da effettuarsi con colloquio o test . finalizzata a verificare le conoscenze relative alla normativa vigente e le competenze tecnico-professionali.

Per i Preposti, è previsto un aggiornamento quinquennale, con durata complessiva minima di 8 ore nei 5 anni, con contenuti inerenti i propri compiti in materia di salute e sicurezza del lavoro.

Anche per i Dirigenti ed i Preposti, in attesa della elaborazione da parte della Commissione consultiva permanente per la salute e sicurezza sul lavoro dei criteri di qualificazione della figura del formatore per la salute e sicurezza sul lavoro, i corsi devono essere tenuti, internamente o esternamente all'azienda, da docenti interni o esterni all'azienda che possono dimostrare di possedere adeguata formazione universitaria o esperienza biennale di insegnamento o professionale, con riferimento alle tematiche specifiche trattate in ciascuno dei moduli relativi ai percorsi formativi individuati nel presente accordo.

Sono previsti crediti formativi tesi ad evitare inutili ripetizioni di parti di percorsi formativi già effettuati privilegiando invece l'aggiornamento continuo.

## **11. LA FORMAZIONE DEL DATORE DI LAVORO CHE SVOLGE DIRETTAMENTE I COMPITI DEL SERVIZIO DI PREVENZIONE E PROTEZIONE DAI RISCHI**

Novità importanti riguardano anche la formazione del Datore di Lavoro che intende svolgere direttamente i compiti del SPP. In tal caso egli deve frequentare corsi di formazione, di durata minima di 16 ore e massima di 48 ore, adeguati alla natura dei rischi presenti sul luogo di lavoro e relativi alle attività lavorative, nel rispetto dei contenuti e delle articolazioni definiti mediante accordo in sede di Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province autonome di Trento e Bolzano.

Fino all'applicazione di tale Accordo conserva validità la formazione effettuata ai sensi del D.M. 16 gennaio 1997.

Tutti i Datori di Lavoro che svolgono direttamente i compiti di RSPP devono inoltre frequentare gli appositi corsi di aggiornamento, secondo quanto previsto dall'Accordo sopra detto, sia che abbiano frequentato i corsi di cui all'art. 3 del D.M. 16 gennaio 1997, sia che siano stati esonerati dalla frequenza dei corsi, ai sensi dell'art. 95 del D.Lgs. 626/1994.

La proposta del "*Tavolo Tecnico Intercoordinamenti per la formazione alla salute e alla sicurezza nei luoghi di lavoro*" prevede che i corsi di formazione per i Datori di Lavoro che intendono svolgere direttamente i compiti del SPP abbiano durata funzione di tre differenti livelli di rischio (basso, medio, alto) individuati in base al settore di appartenenza secondo la classificazione ATECO e siano articolati secondo i seguenti moduli:

normativo (giuridico), gestionale (gestione ed organizzazione della sicurezza), tecnico (individuazione e valutazione dei rischi), relazionale (formazione e consultazione dei lavoratori).

E' anche prevista la verifica obbligatoria di apprendimento al termine del corso da effettuarsi con colloquio o test finalizzata a verificare le conoscenze relative alla normativa vigente e le competenze tecnico-professionali.

Viene specificato che i corsi di cui sopra non ricomprendono la formazione necessaria per svolgere i compiti relativi all'attuazione delle misure di primo

soccorso, prevenzione incendi e, comunque, di gestione dell'emergenza per svolgere i quali è necessario frequentare i relativi corsi di formazione previsti.

Sono previsti crediti formativi per situazioni particolari che esonerano dall'effettuazione dei corsi di formazione.

Si prevede un aggiornamento con una periodicità quinquennale, con una durata modulata in relazione ai tre livelli di rischio sopra individuati (con un minimo di 12 e un massimo di 20 ore nell'arco dei 5 anni). Per gli esonerati ai sensi dell'articolo 95 del D. Lgs. 626/1994, il primo termine dell'aggiornamento è individuato in 24 mesi dalla data di pubblicazione del presente Accordo.

I soggetti formatori per tali corsi di formazione e di aggiornamento sono:

- a) le Regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano, anche mediante le proprie strutture tecniche operanti nel settore della prevenzione (Aziende Sanitarie Locali, etc.) e della formazione professionale; le Regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano possono, altresì, autorizzare, o ricorrere a ulteriori soggetti operanti nel settore della formazione professionale accreditati in conformità al modello di accreditamento definito in ogni Regione e Provincia Autonoma ai sensi dell' intesa sancita in data 20 marzo 2008 e pubblicata su GURI del 23 gennaio 2009. In tal caso detti soggetti devono, comunque, dimostrare di possedere esperienza biennale professionale maturata in ambito prevenzione e sicurezza nei luoghi di lavoro o maturata nella formazione alla salute e sicurezza nei luoghi di lavoro;
- b) l'Università;
- c) l'ISPESL;
- d) l'INAIL;
- e) l'IPSEMA, per la parte di relativa competenza;
- f) il Corpo nazionale dei vigili del fuoco o i corpi provinciali dei vigili del fuoco per le Province Autonome di Trento e Bolzano;
- g) la Scuola superiore della pubblica amministrazione;
- h) altre Scuole superiori delle singole amministrazioni;
- i) le associazioni sindacali dei datori di lavoro e dei lavoratori e gli organismi paritetici che possono effettuare le attività formative e di aggiornamento o direttamente, o avvalendosi unicamente di strutture formative di loro diretta emanazione.

In attesa della elaborazione da parte della Commissione consultiva permanente per la salute e sicurezza sul lavoro dei criteri di qualificazione della figura del formatore per la salute e sicurezza sul lavoro, i corsi devono essere tenuti da docenti che possono dimostrare di possedere adeguata formazione universitaria, esperienza biennale di insegnamento o professionale, con riferimento alle tematiche specifiche trattate in ciascun modulo relativo al percorso formativo indicato al punto 5.

## **12. LA FORMAZIONE DEL COORDINATORE PER LA PROGETTAZIONE E DEL COORDINATORE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

I Coordinatori per la progettazione e l'esecuzione dei lavori devono frequentare uno specifico corso in materia di sicurezza, i cui contenuti e modalità di organizzazione sono esplicitati nel dettaglio nell'Allegato XIV del D.Lgs. 81/2008, costituito da:

- una parte teorica composta da un modulo giuridico della durata di 28 ore, da un modulo tecnico di 52 ore e da un modulo metodologico/organizzativo di 16 ore;
- una parte pratica consistente in un modulo di 24 ore.

Tali corsi possono essere tenuti da Regioni, mediante le strutture tecniche operanti nel settore della prevenzione e della formazione professionale o, in alternativa, dall'ISPESL, dall'INAIL, dall'Istituto Italiano di Medicina Sociale (IIMS), dagli Ordini o Collegi professionali, dalle Università, dalle Associazioni sindacali dei datori di lavoro e dei lavoratori o dagli organismi paritetici istituiti nel settore dell'edilizia.

E' previsto l'obbligo di frequenza e sono date indicazioni sulle modalità di verifica finale di apprendimento.

Sono previste esenzioni per chi sia in possesso di specifici titoli di studio o ben definite esperienze di lavoro sul campo.

L'aggiornamento ha cadenza quinquennale con una durata complessiva di 40 ore, da effettuare anche per mezzo di diversi moduli nell'arco del quinquennio.

## **13. LA FORMAZIONE A DISTANZA (FAD) SULLA SICUREZZA E SALUTE SUL LAVORO**

Il *“Tavolo Tecnico Intercoordinamenti per la formazione alla salute e alla sicurezza nei luoghi di lavoro”* ha formulato anche una proposta relativa alla Formazione a Distanza (FAD) che sempre più viene proposta alle Aziende per ottemperare agli obblighi formativi rivolti ai vari soggetti. Molto spesso tali proposte non soddisfano requisiti minimi di qualità dei prodotti e degli strumenti offerti, né possono essere considerate automaticamente alternative ad una formazione classica in aula. Pertanto si è voluto dare un contributo alla definizione di quali condizioni devono essere presenti e quali caratteristiche debbano avere gli strumenti della FAD affinché possa essere considerata una modalità accettabile per ottemperare al dettato normativo.

### **Premessa**

La formazione alla sicurezza deve essere preferibilmente effettuata in aula, perché questo modello garantisce il più elevato livello di interattività e, usato in maniera appropriata, la più ricca esperienza didattica.

La FAD può essere ammessa solo in presenza dei seguenti prerequisiti:

- possibilità di accesso alle tecnologie impiegate

- familiarità con l'uso del personal computer
- buona conoscenza della lingua usata nello strumento

**Definizione**

Con il termine FAD si intendono due fattispecie:

- Autoformazione a distanza integrata da un sistema di supporto (esperto/tutor)
- E-learning: modello che integra tutte le fasi del processo formativo all'interno di un sistema informatico (piattaforma e-learning). Rappresenta una estensione della formazione in aula da cui si distingue solo per l'utilizzo della tecnologia. La tecnologia garantisce il supporto del tutor-docente e il monitoraggio.

**Requisiti richiesti per la FAD**

Si potrà ricorrere alla modalità FAD in presenza e nel rispetto delle seguenti condizioni:

**a) Sede**

Può svolgersi presso la sede del soggetto formatore, presso l'azienda o presso il domicilio del partecipante, purchè le ore dedicate alla formazione vengano considerate orario di lavoro effettivo.

**b) Programma e materiale didattico formalizzato**

Il progetto realizzato dovrà prevedere un documento di presentazione con le seguenti informazioni:

- Titolo del corso
- Ente o Soggetto che lo ha prodotto
- destinatari del prodotto e prerequisiti devono possedere per poter seguire il percorso formativo
- obiettivi formativi
- struttura, durata e argomenti trattati delle Unità Didattiche (devono essere presi in esame i rischi specifici del comparto produttivo di appartenenza)
- regole di utilizzo del prodotto
- eventuali modalità di valutazione dell'apprendimento
- autori del materiale didattico

**c) Tutor**

- deve essere garantito un esperto (tutor o docente) a disposizione per risposte ai quesiti

**d) Valutazione**

Devono essere previste prove di autovalutazione, distribuite lungo tutto il percorso. La verifica di apprendimento finale e le prove di autovalutazione in itinere, devono essere formalizzate e restare agli atti dell'azione formativa. Quando prevista dalla legge, la valutazione finale di apprendimento va effettuata in presenza.

**e) Durata**

Deve essere indicata la durata del tempo di studio previsto.

Deve essere possibile memorizzare i tempi di fruizione (ore di collegamento) ovvero dare prova che l'intero percorso sia stato realizzato.

La durata della formazione in FAD deve essere validata dal tutor o certificata dal sistema FAD.

L'e-learning è opportuno solo per corsi di durata superiore alle 24 ore.

#### **f) *Materiali***

Il linguaggio deve essere chiaro e adeguato ai destinatari

I materiali didattici devono essere facilmente installabili su supporto informatico

Deve essere garantita la possibilità di ripetere parti già visionate e di effettuare stampe del materiale visionato.

L'accesso ai contenuti successivi deve avvenire secondo un percorso obbligato (che non consenta di evitare una parte del percorso).

#### **Utilizzo della Formazione a Distanza (FAD)**

Alle condizioni e con le caratteristiche sopra riportate, l'utilizzo della FAD è consentito per:

##### Lavoratori

- Modulo di Formazione Generale
- Corsi di Aggiornamento

##### Dirigenti

- Modulo "1.Giuridico normativo" e Modulo "2. Gestione e organizzazione della sicurezza"
- Corsi di Aggiornamento

##### Preposti

- Corsi di Aggiornamento

##### Datore di Lavoro che svolge direttamente i compiti del Servizio di Prevenzione e Protezione dai rischi

- Corsi di Aggiornamento

Progetti formativi sperimentali che prevedano l'utilizzo della FAD anche per la Formazione Generale e Specifica dei Lavoratori, dei Preposti e dei Dirigenti, qualora Regioni e Province Autonome nei loro atti di recepimento del presente accordo prevedano l'impiego di tale metodologia.

## **D.Lgs.81/2008: RESPONSABILITÀ INDIVIDUALI E AZIENDALI NEL NUOVO QUADRO LEGISLATIVO**

**Alberto Cocchi**

Università degli Studi di Bologna - Facoltà di Ingegneria  
Studio Legale Cocchi & Associati

### **1 - PREMESSA**

Come noto, l'istituto della responsabilità penale/amministrativa<sup>1</sup> delle persone giuridiche di cui al D.Lgs.231/01 era stato (finalmente) esteso alla materia antinfortunistica dalla Legge 123/07. Ora il Testo Unico apporta, all'art.300, alcune modifiche *quoad poenam* a tale disciplina e ne precisa, all'art.30, taluni importanti aspetti *operativi*, relativamente alle caratteristiche che devono possedere i modelli di organizzazione e gestione adottati ai fini della loro efficacia scriminante nella specifica materia. Inoltre il Testo Unico introduce alcune novità in relazione alla definizione degli obblighi generali dai quali derivano le responsabilità (penali) individuali dei vari soggetti tipicamente coinvolti nell'opera di prevenzione in ambito aziendale. Modifiche che, pur non avendo la medesima portata *innovativa* della disciplina in materia di responsabilità penale/amministrativa delle persone giuridiche, nel senso che a differenza di questa non creano *nuove* forme di responsabilità, e pur non intervenendo su un piano pienamente coincidente, paiono sostanzialmente riconducibili, sotto il profilo sistematico, alla medesima prospettiva.

### **2 - DIFFERENZA FRA RESPONSABILITÀ DEGLI ENTI E RESPONSABILITÀ INDIVIDUALI PER AMBITO DI OPERATIVITÀ**

Quando parliamo di responsabilità (penali) individuali, in questo settore come in altri della normativa *speciale*, dobbiamo sempre tenere presente la distinzione fondamentale fra le responsabilità per eventi lesivi e le responsabilità derivanti dalla violazione delle norme di prevenzione (anche) a prescindere dal verificarsi di eventi

---

<sup>1</sup> La L.231/01 definisce questo tipo di responsabilità come "*responsabilità degli enti per gli illeciti amministrativi dipendenti da reato*". Tale qualificazione è stata adottata in ossequio (formale) al principio della responsabilità personale di cui all'art. 27, comma 1, della Costituzione, che comporterebbe l'impossibilità di attribuire responsabilità penali a soggetti diversi da persone fisiche, secondo il brocardo "*societas delinquere non potest*". In realtà è a tutti gli effetti un intervento sanzionatorio che consegue alla commissione di reati. Peraltro è curioso notare che il brocardo testé ricordato non ha origini romane e che il diritto romano prevedeva invece già forme di responsabilità penale per gli enti.



lesivi. Ad esempio, relativamente alla disciplina in tema di tutela dal rumore, rientrano nella prima categoria le ipoacusie tecnopatologiche, ma anche le lesioni personali o i decessi che derivino, come concausa, dalla interazione fra il rumore presente nell'ambiente di lavoro e i rischi (gli altri rischi) connessi, fra l'altro, all'uso di macchine o attrezzature di lavoro o di mezzi per la movimentazione di carichi<sup>2</sup>. Appartengono alla seconda categoria le fattispecie contravvenzionali stabilite, per gli obblighi generali, dalla Sezione I, Capo IV, Titolo I del D.Lgs.81/08 e, per la disciplina relativa al rumore, dal Capo VI, Titolo VIII del D.Lgs.81/08. La violazione delle norme di prevenzione rileva inoltre ai fini della integrazione della responsabilità per eventi lesivi che ne siano derivati, rispetto ai quali comporta colpa specifica<sup>3</sup>. Per quanto invece concerne la responsabilità penale/amministrativa delle imprese che operino in forma di persona giuridica, va ricordato che questa può intervenire solo al verificarsi di eventi lesivi<sup>4</sup>, ovviamente tanto che consistano in eventi a carattere patologico, quanto che consistano in eventi a carattere infortunistico. In questo senso pertanto l'area delle responsabilità imputabili ai singoli attori della (mancata) prevenzione in ambito aziendale è senz'altro più ampia di quella imputabile (anche) alla persona giuridica. La mera violazione delle norme di prevenzione senza che si verificano eventi lesivi non è però in realtà del tutto priva di effetti per l'impresa in quanto tale, ancorché operi come persona giuridica: ricordiamo infatti che l'art.14 del D.Lgs.81/08 prevede, in caso di reiterate violazioni della normativa antinfortunistica, la possibilità di sospensione amministrativa dell'attività imprenditoriale. Istituito questo anch'esso già introdotto dalla Legge 123/07 e che, pur non avendo natura sanzionatoria<sup>5</sup> e concernendo solo

---

<sup>2</sup> L'art.190 del D.Lgs.81/08 ricorda che nell'ambito della valutazione dei rischi, il datore di lavoro deve valutare l'esposizione dei lavoratori al rumore "prendendo in considerazione anche tutti gli effetti indiretti sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori risultanti da interazioni fra rumore e segnali di avvertimento o altri suoni che vanno osservati al fine di ridurre il rischio di infortuni". Ovviamente rispetto a queste interazioni ed ai rischi che ne possono derivare non valgono i limiti di esposizione personale stabiliti all'art.189 e si tratta di una valutazione che deve essere effettuata in concreto. Inoltre l'espressione "segnali di avvertimento o altri suoni" utilizzata dal Legislatore va a mio avviso intesa, quantomeno rispetto al verificarsi di eventi lesivi, in senso ampio stando ad indicare una condizione nella quale, a causa del rumore e/o dell'uso di dispositivi di protezione auricolare, il lavoratore non sia in grado di percepire (o non abbia sufficiente concentrazione per percepire) una qualunque condizione di pericolo. D'altra parte, l'udito sotto questo profilo è importante tanto quanto e forse più della vista... Sarebbe a questo proposito molto interessante, per uno studio sistematico del fenomeno che vada al di là della semplice intuizione e del riscontro occasionale, poter raccogliere i dati inerenti alle condizioni di rumorosità degli ambienti di lavoro ove si siano verificati infortuni gravi con l'uso di macchine o attrezzature di lavoro, ovvero per investimento da parte di mezzi per il trasporto o, ancora, per schiacciamento per caduta di materiali, ecc., nonché poter conoscere quante volte simili infortuni abbiano avuto come vittima un lavoratore che indossava protettori auricolari.

<sup>3</sup> Ossia una colpevolezza rispetto all'evento lesivo che potremmo definire *in re ipsa*, che non richiede di essere provata, ferma però chiaramente restando sul piano materiale la necessità, ai fini della piena integrazione della responsabilità, che l'evento sia causalmente riconducibile alla specifica violazione contestata.

<sup>4</sup> Ed in particolare lesioni personali e omicidio colposi: il Legislatore pare aver ommesso di considerare le ipotesi di dolo eventuale, ossia allorché l'evento lesivo non è voluto, ma si accetta il rischio che possa verificarsi pur di tenere la condotta voluta...ad esempio rinviando ad altro momento un intervento manutentivo su una macchina o un impianto malgrado sia necessario e dalla cui omissione derivi poi un infortunio: sia chiaro che le motivazioni di tale rinvio (ad es.: esigenze produttive, carenza di disponibilità finanziaria, ecc.), sono quantomeno irrilevanti se non aggravano persino la responsabilità.

<sup>5</sup> L'istituto in questione, pur comportando anche l'assoggettamento a sanzione, va infatti iscritto nel novero di quegli strumenti aventi precipua finalità *cautelare*, ossia volti ad interrompere una condizione

talune specifiche violazioni<sup>6</sup>, presenta comunque per l'impresa in quanto tale potenzialità negative (*ergo*: astrattamente giustamente pregiudizievoli) ben più pesanti e radicali rispetto alla irrogazione di una comune sanzione alla persona fisica<sup>7</sup>. Ad ogni modo, la disciplina della responsabilità penale/amministrativa delle persone giuridiche di cui al D.Lgs.231/01 e la diversa (diciamo subito: più puntuale ed esplicita) definizione delle responsabilità penali individuali introdotta dal D.Lgs.81/08, denotano un approccio comune che, considerato in termini sistematici, potrebbe consentire una sempre migliore comprensione proprio dei rapporti intercorrenti fra le singole responsabilità individuali dei vari soggetti coinvolti nella prevenzione aziendale sia rispetto alle ipotesi di evento lesivo che, se non soprattutto, rispetto alla violazione delle norme di prevenzione. A tal fine, quindi perché si colga bene quale sia il limite di quanto dirò, è però importante fare una breve precisazione. Quando si tratta di responsabilità per evento lesivo, tanto che la si imputi alla persona fisica, quanto che la si imputi (anche) alla persona giuridica, non è minimamente pensabile di poter dedurre *ex ante* dalla norma, quasi si trattasse di una equazione fatta *a tavolino*, se, chi e quando sarà responsabile prescindendo dal caso concreto, quindi dall'analisi della condotta (attiva o omissiva) e della sua efficacia causale rispetto all'evento, nonché dall'analisi dell'elemento soggettivo (*colpevolezza*) del soggetto che quella condotta ha tenuto. Questo è vero in generale e lo è a maggior ragione in ambito antinfortunistico, ove troviamo una molteplicità di norme cautelari ed una molteplicità di soggetti destinatari di (più o meno estese) posizioni di garanzia le cui condotte (attive o omissive) possono aver concorso nella produzione dell'evento, ovvero possono aver assunto piena ed esclusiva efficacia causale. Anche nell'ambito delle violazioni alle norme di prevenzione va inoltre notato che, pur non esistendo un *evento* al quale rapportare la condotta, che quindi rileva di per sé così come descritta dalla norma, con lo sviluppo tendenzialmente *prestazionale* della normativa in funzione del principio di valutazione del rischio, che apre anche a talune valutazioni di tipo qualitativo, non sempre è possibile prescindere dalla analisi del caso concreto e delle relative specifiche circostanze al fine di definire se sussista o meno la responsabilità dei vari soggetti astrattamente obbligati. Ad esempio: mentre l'obbligo di esigere che i lavoratori indossino i D.P.I. interviene per il datore di lavoro al superamento dei valori superiori di azione di cui all'art.189 del D.Lgs.81/08 e questo è senz'altro il parametro predefinito ed obiettivo cui fare riferimento, per quanto concerne la valutazione dei rischi che possono derivare da interferenze fra rumore ed altri fattori è evidente che per

---

di pericolo per i lavoratori, concreto o presunto in ragione della reiterazione delle violazioni, fra i quali rientra anche il *potere di disposizione* ex art. 302 bis del D.Lgs.81/08 e, per le (rarissime) previsioni non coperte da sanzione penale preventiva, ex DPR 520/55. Invece la procedura di estinzione delle violazioni per mezzo dell'ottemperanza alle prescrizioni dell'Organo di vigilanza di cui al D.Lgs.758/94, pur essendo espressione di una netta preferenza accordata dal Legislatore alle esigenze di concreta *messa in sicurezza* anche a discapito di una più marcata efficacia deterrente della sanzione, si innesta pur sempre all'interno del procedimento penale, seppur prima dell'esercizio dell'azione penale, come possibile esito *alternativo* del medesimo.

<sup>6</sup> Fra le quali però anche talune di carattere generale, quale l'omessa valutazione dei rischi...

<sup>7</sup> Desta semmai notevoli perplessità a questo proposito, proprio alla luce della gravità delle conseguenze che possono derivare dall'uso di tale strumento, la scelta di escludere l'applicabilità al provvedimento in questione della L.241/90, in tal modo rendendo irrilevante ai fini di tutela giurisdizionale la motivazione di quello che è pur sempre un provvedimento (amministrativo, non di P.G.) avente natura discrezionale: *gli organi di vigilanza...possono adottare...*

affermare se tale valutazione sia stata o meno (correttamente) operata non si potrà certamente prescindere da una analisi *qualitativa* delle circostanze specifiche del caso concreto e della loro correlazione.

### 3 - CARATTERISTICHE ESSENZIALI DELLA RESPONSABILITÀ DEGLI ENTI

Venendo alla responsabilità delle persone giuridiche, dati i limiti del presente intervento, non entrerà chiaramente nel dettaglio della disciplina ex D.Lgs.231/01. Basterà qui ricordare che questa prevede che l'ente, quindi anche l'impresa costituita sotto forma di persona giuridica, venga chiamato a rispondere, con (pesanti) sanzioni pecuniarie ed interdittive, ogni qual volta in capo a persone che nell'ente rivestono, anche di fatto, funzioni di rappresentanza, amministrazione o direzione, ovvero in capo a persone sottoposte alla loro direzione o vigilanza, venga riconosciuta la responsabilità penale per eventi lesivi occorsi ai lavoratori e tali soggetti abbiano agito nell'interesse o comunque a vantaggio dell'ente<sup>8</sup>. La finalità immediata dell'istituto è di tutta evidenza: si tratta infatti di recuperare per mezzo di questo strumento sanzionatorio una adeguata ed efficace deterrenza a fronte di un contesto socio economico e produttivo nel quale (ormai da lungo tempo) l'imprenditore individuale, come persona fisica tipica destinataria della sanzione penale, non rappresenta certo più il *prototipo* della realtà imprenditoriale, ma semmai l'eccezione. Ciò, ovviamente, rispetto alle grandi e medie imprese, ma anche rispetto alle piccole e persino piccolissime realtà produttive<sup>9</sup>. Vorrei però rimarcare che, ferma restando l'esigenza di *recuperare* uno strumento sanzionatorio nei confronti delle persone giuridiche a prescindere dalle loro *dimensioni*, quanto dirò in seguito sui rapporti fra responsabilità degli enti e responsabilità individuali non vale per le piccole e piccolissime realtà produttive, per le quali il quadro delle responsabilità individuali resta sostanzialmente immutato.

Per andare esente da responsabilità, qui sta l'aspetto a mio avviso interessante ai nostri fini, l'ente deve dimostrare<sup>10</sup> di avere adottato ed efficacemente attuato modelli di organizzazione e gestione idonei a garantire l'adempimento degli obblighi espressi all'art.30, comma 1 del D.Lgs.81/08<sup>11</sup>. In sede di prima

<sup>8</sup> In quali casi si dovrà ritenere che tali soggetti abbiano agito nell'interesse o comunque a vantaggio dell'ente è una questione che dovrà necessariamente essere risolta dalla Giurisprudenza. Se infatti tale circostanza è verificabile abbastanza agevolmente in rapporto ai reati finanziari, ossia al primo ambito nel quale ha trovato applicazione questa disciplina, per i reati in materia antinfortunistica ciò è meno evidente. L'interesse o comunque il vantaggio per l'ente potrebbe infatti consistere nel risparmio derivante dal mancato adeguamento di ambienti di lavoro, macchine o impianti, ma anche nell'aver consentito all'ente di proseguire la produzione in condizioni che non la avrebbero consentita...certo è che, trattandosi di una condizione espressa, non pare possa derivare automaticamente dalla affermazione della responsabilità di uno dei soggetti in questione per qualsiasi condotta lesiva sia loro imputabile.

<sup>9</sup> Fenomeno questo sempre più in aumento anche in conseguenza della introduzione nel nostro sistema societario delle società a responsabilità limitata unipersonali.

<sup>10</sup> Sta all'ente l'onere della prova.

<sup>11</sup> L'art.6 del D.Lgs.231/01 prevede fra l'altro, per i reati commessi dai soggetti in posizioni apicali, che il modello di organizzazione e gestione, per poter avere efficacia scriminante, sia stato eluso "fraudolentemente" da tali soggetti. L'art.30 del D.Lgs.81/08 pone invece requisiti differenti e non fa parola di tale circostanza. Pare evidente che un maggior coordinamento fra le disposizioni del

applicazione, si presumono conformi ai requisiti richiesti dal medesimo art.30 e quindi astrattamente idonei ai fini *scriminanti* i modelli di organizzazione aziendale definiti conformemente alle Linee guida UNI-INAIL (SGSL) o al British Standard OHSAS 18001:2007. Ciò che pare utile notare in questa sede è che quanto viene in sostanza richiesto dal Legislatore alla persona giuridica è che in azienda vi sia una gestione *sistematica* della sicurezza sul lavoro per mezzo anche, in funzione delle dimensioni e dell'articolazione dell'impresa, di una apposita organizzazione. In mancanza di ciò l'ente è responsabile, ma, qui sta il punto che vorrei far notare, specularmente, in presenza di ciò l'ente può andare esente da responsabilità: quella della persona giuridica non è dunque (ovviamente?) una responsabilità oggettiva.

#### **4 - LA RILEVANZA DELL'ORGANIZZAZIONE AZIENDALE NELLA DEFINIZIONE DELLE RESPONSABILITÀ INDIVIDUALI PER EVENTI LESIVI ALLA LUCE DEL NUOVO QUADRO NORMATIVO**

##### **4.1 – RESPONSABILITÀ DATORIALI**

Sotto il profilo delle responsabilità individuali derivanti dal verificarsi di eventi lesivi, per quanto concerne il datore di lavoro, in linea di principio, laddove non si tratti di imprese di modeste dimensioni che comportano *necessariamente* un suo controllo operativo diretto, in base a talune interpretazioni giurisprudenziali più recenti varrebbe il medesimo concetto, incumbendo su di esso (ed essendo idoneo a mandarlo esente da responsabilità l'adempimento di) un preciso dovere di *organizzazione*<sup>12</sup>. Tuttavia, in mancanza di una previsione normativa espressa, per le realtà produttive che presentino altrettanto *necessariamente* una articolazione (a fini produttivi) su livelli dirigenziali e di preposizione e non di rado persino su più livelli di preposizione, è sorto talvolta il dubbio, trattandosi di responsabilità omissiva<sup>13</sup>, che per il datore di lavoro si finisse per pervenire ad affermazioni di responsabilità scarsamente definite sotto il profilo della colpevolezza, anche per mezzo del ricorso ad una ampia accezione del concetto di *culpa in eligendo*. A tale proposito, vale la pena di evidenziare che, fermo restando il *debito di sicurezza* che doverosamente incombe su chi, come imprenditore individuale o legale rappresentante di un ente, assume la posizione di datore di lavoro, quando la responsabilità, soprattutto quella penale per eventi lesivi, finisce per essere percepita come un qualcosa di *ineluttabile*

---

D.Lgs.231/01 e l'art.30 del D.Lgs.81/08 sia necessario. Tuttavia, anche in mancanza di ciò e pur risultando scarsamente pertinente con la specifica materia antinfortunistica l'immagine di una elusione *fraudolenta* della relativa disciplina da parte degli organi apicali, non v'è dubbio che non possa esservi alcun automatismo fra il riconoscimento della responsabilità individuale per l'evento lesivo che sia derivato dalla violazione degli obblighi di cui al primo comma dell'art.30 del D.Lgs.81/08 e la affermazione dell'inefficace attuazione da parte dell'ente del modello di organizzazione e gestione. Diversamente la scriminante in questione non troverebbe mai applicazione...

<sup>12</sup> Esempio a questo proposito Cass. pen., sez. IV, 12 luglio 2005, n. 25235: "*Non può essere ritenuto penalmente responsabile il datore di lavoro il quale abbia predisposto una adeguata organizzazione d'impresa tale da garantire la vigilanza (pur non da lui formalmente delegata ad altri) sul rispetto delle norme antinfortunistiche, e purché, avendo approntato tutte le misure antinfortunistiche richieste, vi sia stata da parte sua una mancata ed incolpevole conoscenza della inosservanza, da parte dei lavoratori, delle corrette procedure di lavorazione e di utilizzazione degli attrezzi (sic) di sicurezza*".

<sup>13</sup> Quindi una responsabilità che, sotto il profilo causale, deriva dal *non aver impedito* l'evento lesivo.

questo non è mai un bene per nessuno, deprimendo l'effetto generalpreventivo tipico della pena<sup>14</sup> e producendo pericolosissimi (per i lavoratori *in primis*) tentativi di *fuga dalle responsabilità* per mezzo di deleghe più o meno *posticce*<sup>15</sup>. Ossia l'esatto contrario di una consapevole gestione della sicurezza aziendale. Ciò che invece *dovrebbe* essere chiaro è che le responsabilità datoriali non devono e non possono essere eluse, ma devono e possono essere *gestite* come qualsiasi altro *rischio puro* che si accompagna *necessariamente* alla attività di impresa.

Un primo passo verso il riconoscimento espresso dell'*onere* di organizzazione che incombe sul vertice aziendale, inteso come obbligo ma anche come possibile *limite* alla sua responsabilità, lo si è avuto, a mio avviso, con l'introduzione della definizione di datore di lavoro di cui all'art.2 del D.Lgs.626/94, che, a precise condizioni, ha riconosciuto espressamente la possibilità di una *separazione personale* fra il datore di lavoro formalmente titolare del rapporto di lavoro ed il datore di lavoro ai fini antinfortunistici<sup>16</sup>, soggetti questi oggi non più *necessariamente* coincidenti, riconoscendo quindi a livello normativo la possibilità di una delega interorganica piena<sup>17</sup> dei poteri e delle responsabilità datoriali proprio in ragione dell'organizzazione (ed ovviamente prima ancora delle dimensioni e dell'articolazione) dell'impresa<sup>18</sup>.

## 4.2 – RESPONSABILITÀ DI DIRIGENTI E PREPOSTI

Per quanto concerne le *figure intermedie*, nel D.Lgs.626/94 e nella normativa speciale all'epoca ancora vigente non trovavamo per contro una definizione di dirigente e di preposto e, salvo talune specifiche previsioni sparse, non trovavamo obblighi generali posti a loro carico, o meglio li trovavamo ma riportati in un'unica elencazione all'art.4 del D.Lgs.626/94 che riguardava anche, prima di tutto e soprattutto il datore di lavoro. L'art.1, comma 4 bis del D.Lgs.626/94 *spiegava* infatti che gli obblighi previsti per il datore di lavoro incombevano *anche* sui dirigenti e preposti *nell'ambito delle rispettive attribuzioni e competenze*, senza però esplicitare quali fossero, sotto il profilo antinfortunistico, tali attribuzioni e competenze. Tant'è che, per il preposto, ancora nel 2004 la Corte di Cassazione<sup>19</sup> ribadiva che gli competeva "soltanto il dovere di vigilare a che i lavoratori

<sup>14</sup> Perché la minaccia della pena possa avere effetto deterrente, il destinatario del precetto deve pur sempre sapere che esiste il modo di evitarla e che questo non dipende dal non verificarsi di un evento, ma dalla sua specifica condotta rispetto all'evento...

<sup>15</sup> Nel senso che in questi casi in realtà il *delegato* non ha il più delle volte reali poteri di gestione (*in primis* potere di spesa e potere disciplinare) o ne ha di molto limitati, al punto che talvolta è persino un soggetto esterno all'impresa. In tal modo però il risultato che si ottiene è che il delegato non è in grado di svolgere (a pieno) l'opera di prevenzione delegatagli ed il delegante non si cura più di adempiere agli obblighi che ritiene, erroneamente, di aver delegato...

<sup>16</sup> Che però deve avere poteri di gestione pieni, non limitati ai soli aspetti antinfortunistici, sull'azienda o sul singolo stabilimento o settore di competenza.

<sup>17</sup> Da non confondere con la delega di cui all'art.16 del D.Lgs.81/08 di cui diremo in seguito e che non incontra i limiti di cui all'art. 17 del D.Lgs.81/08.

<sup>18</sup> Cass. pen., sez. IV, 22 aprile 2008, n. 16465 "*La validità della delega degli obblighi di cui è destinatario il datore di lavoro in materia di prevenzione degli infortuni sul lavoro, quando la stessa non è espressa, ma si pretende implicita nella ripartizione di funzioni imposta dalla complessità dell'organizzazione aziendale, dipende dalle dimensioni dell'impresa in sé considerata*".

<sup>19</sup> Cass. pen., sez. IV, 26 maggio 2004, n. 24055

osservino le misure e usino i dispositivi di sicurezza e gli altri mezzi di protezione”, che non è poco, ma non è nemmeno minimamente paragonabile, come vedremo, agli obblighi oggi definiti dall’art.19 del D.Lgs.81/08. Va notato che in relazione alle responsabilità individuali per eventi lesivi tale carenza normativa non aveva in realtà un impatto *eccessivo* sulla imputabilità di tali eventi *anche* in capo ai soggetti che rivestivano ruoli intermedi quali, appunto, dirigenti e preposti, in quanto, come accennato, l’accertamento di questo tipo di responsabilità è tipicamente e *necessariamente* svolto, sia sotto il profilo causale che sotto il profilo della colpevolezza, analizzando in concreto sia le condotte dei singoli soggetti in rapporto all’evento verificatosi, sia la posizione rivestita, anche di fatto, da tali soggetti all’interno della specifica organizzazione aziendale. Tuttavia, trattandosi il più delle volte anche in questo caso di responsabilità omissive, la carente definizione normativa delle posizioni di garanzia incumbenti su dirigenti e preposti, come dimostra proprio la sentenza testé citata, non era affatto irrilevante. Inoltre, come abbiamo notato, tale carenza definitoria comportava che la eventuale responsabilità di dirigenti e preposti, proprio perché priva di una connotazione *positiva e autonoma*, si andasse semmai ad *aggiungere* a quella del datore di lavoro e quasi mai ad escluderla. Ad ogni modo, per i dirigenti il D.Lgs.81/08, come il D.Lgs.626/94, ad esclusione della valutazione del rischio mantiene formalmente obblighi generali comuni a quelli incumbenti sul datore di lavoro e questo è coerente col fatto che la presenza in azienda di figure dirigenziali è tipicamente *eventuale*, dipendendo dalle dimensioni e dall’articolazione dell’impresa. Tuttavia, ove le condizioni obiettive ne giustificano la presenza, oggi troviamo una definizione di dirigente che ben chiarisce quali siano (*rectius*: quali possano essere, in funzione dei poteri attribuitigli) i rapporti fra la sua responsabilità e quella del datore di lavoro. L’art.2, comma 1, lett. *d*) spiega infatti che il dirigente è la “*persona che, ..., attua le direttive del datore di lavoro organizzando l’attività lavorativa e vigilando su di essa*”. Da ciò ricaviamo pertanto che, pur nella comune elencazione degli obblighi operata dall’art.18 del D.Lgs.81/08, questi gravano (*rectius*: possono gravare) in maniera ben differente ed autonoma su datore di lavoro e dirigenti, al punto che il datore di lavoro può, sussistendo una adeguata (e non mi stancherò di ripeterlo: *giustificata*<sup>20</sup>) organizzazione, *limitarsi* ad impartire direttive e...ad effettuare la valutazione dei rischi. L’obbligo di effettuare la valutazione dei rischi, a prescindere dalle dimensioni dell’impresa e dall’organizzazione assunta, non *dovrebbe* infatti poter essere trasferito, anche *organicamente*, ad altri al disotto del livello datoriale ai sensi dell’art. 17 del D.Lgs.81/08. Tuttavia, fermo restando che proprio a tal fine il datore di lavoro può e deve *utilizzare* il Servizio di Prevenzione e Protezione<sup>21</sup>, è evidente che se non si vuole che per mezzo di questo obbligo *indelegabile* si finisca per riprodurre forme di responsabilità oggettiva in capo al datore di lavoro occorre riconoscere che la valutazione dei rischi è *solo* il (fondamentale e delicatissimo)

<sup>20</sup> Cass. pen., sez. IV, 29 marzo 2007, n. 12794

<sup>21</sup> Non a caso il Servizio dovrebbe essere adeguato alle “*caratteristiche dell’azienda*”. Ancora più esplicita nel senso che tali *caratteristiche* riguardano le dimensioni materiali dell’azienda e la dislocazione fisica dei rischi nello stabilimento è la versione inglese della Direttiva 89/391, che quasi lascia intravedere una sovrapposizione fra l’articolazione del Servizio e quella che nel nostro paese è l’articolazione *classica* di dirigenti e preposti...ma qui, dati i limiti dell’intervento, si aprirebbe un discorso che ci porterebbe un po’ troppo lontano...

passaggio finale di un processo che parte dalla individuazione in concreto delle fonti di rischio (non suscettibili di controllo immediato) e che questa (altrettanto fondamentale e delicatissima) attività preliminare può, e in contesti produttivi particolarmente articolati a mio avviso *deve*, essere riservata dall'organizzazione aziendale ai dirigenti per competenza tecnica e/o funzionale. In un sistema normativo che, come accennato, è transitato (*rectius*: sempre più va transitando) da una disciplina puntuale prescrittiva, per sua natura *statica* e *standardizzata*, ad una disciplina tendenzialmente prestazionale quale appunto è quella che si basa sul principio di valutazione dei rischi, è inevitabile che, una volta operata la valutazione dei rischi *tipici* dell'attività, debba poi intervenire un controllo sulla fase *dinamica* dell'attività tanto rispetto alle fonti di rischio già note, quanto ed a maggior ragione rispetto alla insorgenza di nuove fonti di rischio che emergano *in itinere* e che sicuramente, per ragioni di prossimità e, nuovamente, di competenza tecnica e/o funzionale, ben più realisticamente può (e deve) essere preteso dai dirigenti. Basti ad esempio pensare, sempre sotto il profilo della tutela dal rumore, alla necessità di aggiornare o di effettuare *ex novo* la valutazione del rischio in quanto è stata introdotta o sostituita una macchina e/o sono cambiati i lavoratori addetti alle singole macchine o sono stati modificati i loro tempi di esposizione alle medesime. Se non si tratta di *innovazioni* che comportano una vera e propria *ristrutturazione* del processo produttivo e se non ne viene informato dal dirigente, nelle aziende più strutturate il datore di lavoro molto probabilmente non lo saprà nemmeno: dal punto di vista materiale ometterà sì di effettuare/aggiornare la valutazione del rischio e quindi di adottare le misure consequenziali, ma sotto il profilo soggettivo, necessario ad integrare la responsabilità, tale omissione potrebbe (sottolineo: *potrebbe*) essere del tutto incolpevole allorché sussista una adeguata organizzazione e siano state impartite ai dirigenti adeguate *direttive* in proposito, anche per mezzo di apposite procedure di organizzazione. Organizzazione e direttive (e procedure) la cui *inadeguatezza* non dovrebbe però poter essere considerata *in re ipsa* per il solo fatto che non siano state rispettate dal dirigente, salvo, appunto, ricadere in ambiti di responsabilità tendenzialmente oggettiva. Ovviamente ferma restando la possibilità che sussista per il datore di lavoro *culpa in eligendo*, ma ove davvero sussista, ossia ove la scelta di dirigenti non abbia tenuto conto delle rispettive competenze tecniche (o non gliele abbia fornite con adeguata formazione) *anche* sotto il profilo antinfortunistico.

D'altra parte, il citato art.30 del D.Lgs.81/08 sembra persino spingersi oltre, ponendosi in contrasto con il divieto di cui all'art. 17 del D.Lgs.81/08 in quanto, nel definire le caratteristiche che devono connotare il modello di organizzazione e gestione idoneo a mandare esente la persona giuridica dalla responsabilità di cui al D.Lgs.231/01 espressamente prevede che “*il modello organizzativo deve in ogni caso prevedere, per quanto richiesto dalla natura e dimensioni dell'organizzazione e dal tipo di attività svolta, un'articolazione di funzioni che assicuri le competenze tecniche e i poteri necessari per la verifica, valutazione, gestione e controllo del rischio*”. Tale (apparente?) contraddizione deve pertanto a mio avviso essere risolta nel senso che il datore di lavoro può e deve, ove l'articolazione dell'impresa lo giustifichi, trasferire sui dirigenti l'onere di individuare le fonti di rischio pertinenti con la loro specifica area di competenza tecnica e funzionale, chiaramente controllando che ne siano in grado e che vi provvedano. Controllo questo ultimo che

però non può ovviamente essere inteso come un *quotidiano e costante affiancamento* del datore di lavoro al dirigente, divenendo altrimenti totalmente priva di senso la nomina di un dirigente.

Sempre nel Testo Unico, come accennato, troviamo poi una precisa elencazione di obblighi posti direttamente in capo al preposto<sup>22</sup> e, prima ancora, una definizione di preposto<sup>23</sup> all'art.2, comma 1, lettera e) che ben chiarisce la portata di tali obblighi. Se la presenza di dirigenti è, come detto, *eventuale* in funzione delle dimensioni ed articolazione dell'impresa, la presenza di (almeno) uno o più preposti è, tranne che nelle piccolissime realtà, praticamente *connaturata* al fatto stesso di svolgere una attività produttiva. Fermo restando che possono esistere vari livelli di preposizione, la particolare prossimità del preposto al lavoro *materialmente* svolto dai lavoratori ed i poteri di direzione e controllo di cui dispone sui lavoratori ne fanno un *soggetto chiave* per l'attività di prevenzione, in particolare per quel controllo operativo che può svolgere proprio sulle condizioni *dinamiche* del lavoro, dalle quali spesso derivano gli eventi lesivi più gravi, in particolare fra gli infortuni. Si pensi, a questo proposito, ad infortuni che siano riconducibili alle citate interazioni fra rumore e altre condizioni di rischio ma che non rappresentino la *normalità* delle condizioni lavorative dell'azienda, dipendendo da circostanze del tutto occasionali: anche in questo caso, come dato di fatto, il datore di lavoro potrà aver omesso di valutare, quantomeno in dettaglio, lo specifico rischio ed il dirigente potrà anche aver omesso di segnalarglielo, ma non è detto che di tali omissioni siano per ciò solo *colpevoli*.

Ben venga dunque una *valorizzazione* della figura del preposto anche per mezzo della esplicitazione degli obblighi posti a suo carico. Obblighi che, appunto, ferma restando la competenza (esclusiva?) del datore di lavoro rispetto alla valutazione dei rischi e, unitamente ai dirigenti, rispetto alla predisposizione delle misure di sicurezza, lasciano ritenere competenza espressamente al preposto (ed a maggior ragione al dirigente) anche la segnalazione di quelle *fonti di rischio* che (non siano suscettibili di controllo immediato e che) non siano preventivamente *conoscibili* in

<sup>22</sup> ...i preposti, secondo le loro attribuzioni e competenze, devono:

- a) sovrintendere e vigilare sulla osservanza da parte dei singoli lavoratori dei loro obblighi di legge, nonché delle disposizioni aziendali in materia di salute e sicurezza sul lavoro e di uso dei mezzi di protezione collettivi e dei dispositivi di protezione individuale messi a loro disposizione e, in caso di persistenza della inosservanza, informare i loro superiori diretti;
- b) verificare affinché soltanto i lavoratori che hanno ricevuto adeguate istruzioni accedano alle zone che li espongono ad un rischio grave e specifico;
- c) richiedere l'osservanza delle misure per il controllo delle situazioni di rischio in caso di emergenza e dare istruzioni affinché i lavoratori, in caso di pericolo grave, immediato e inevitabile, abbandonino il posto di lavoro o la zona pericolosa;
- d) informare il più presto possibile i lavoratori esposti al rischio di un pericolo grave e immediato circa il rischio stesso e le disposizioni prese o da prendere in materia di protezione;
- e) astenersi, salvo eccezioni debitamente motivate, dal richiedere ai lavoratori di riprendere la loro attività in una situazione di lavoro in cui persiste un pericolo grave ed immediato;
- f) segnalare tempestivamente al datore di lavoro o al dirigente sia le deficienze dei mezzi e delle attrezzature di lavoro e dei dispositivi di protezione individuale, sia ogni altra condizione di pericolo che si verifichi durante il lavoro, delle quali venga a conoscenza sulla base della formazione ricevuta;
- g) frequentare appositi corsi di formazione ...

<sup>23</sup> «preposto»: persona che, in ragione delle competenze professionali e nei limiti di poteri gerarchici e funzionali adeguati alla natura dell'incarico conferitogli, sovrintende alla attività lavorativa e garantisce l'attuazione delle direttive ricevute, controllandone la corretta esecuzione da parte dei lavoratori ed esercitando un funzionale potere di iniziativa;



base alla ordinaria attività dell'impresa, emergendo invece nel corso della stessa: “*i preposti devono...segnalare tempestivamente al datore di lavoro o al dirigente sia le deficienze dei mezzi e delle attrezzature di lavoro e dei dispositivi di protezione individuale, sia ogni altra condizione di pericolo<sup>24</sup> che si verifichi durante il lavoro, delle quali venga a conoscenza*”. Il tutto, precisa il Legislatore a scanso di equivoci e tentazioni, ovviamente nei limiti della formazione ricevuta dal preposto e, aggiungo io, di eventuali procedure che il datore di lavoro e/o i dirigenti, in adempimento dei loro obblighi di *organizzazione*, abbiano predisposto per *assistere* il preposto nella sua specifica attività di controllo.

### 4.3 – DIFFERENZA FRA DELEGA INTERORGANICA E DELEGA SPECIALE

Ecco pertanto che quella delega *interorganica* cui abbiamo accennato in relazione alla definizione di datore di lavoro può operare, *pro quota* e attraverso una corretta organizzazione aziendale, anche *al disotto* del livello datoriale, per mezzo dei dirigenti ed, entro certi limiti, dei preposti, determinando così una distribuzione di ambiti di poteri/responsabilità in tutto e per tutto autonomi e potenzialmente esclusivi di tali soggetti<sup>25</sup>. Diversamente, se cioè l'evento lesivo derivante, ad esempio, dalla violazione degli obblighi posti in capo ai preposti comportasse sempre (sottolineo: *sempre*) anche una qualche forma di responsabilità dei dirigenti e/o del datore di lavoro (per *culpa in vigilando* o per *culpa in eligendo*), quindi il sistematico coinvolgimento di tutte le persone fisiche presenti nella *catena delle responsabilità*, la stessa persona giuridica non potrebbe mai andare esente da responsabilità non potendo (mai) vedersi riconoscere di avere adottato ed efficacemente attuato modelli di organizzazione e gestione idonei a garantire l'adempimento degli obblighi espressi all'art.30, comma 1 del D.Lgs.81/08... Il ché, oltre ad essere contrario alla lettera (e prima ancora allo spirito) della norma, produrrebbe (anche) per la persona giuridica, una condizione di responsabilità oggettiva. Qui sta, a mio avviso, la comunanza di approccio fra la disciplina in questione e la nuova definizione degli obblighi incombenti sui vari *attori* della sicurezza in ambito aziendale.

Quanto sopra presuppone chiaramente che l'impresa ed il datore di lavoro vogliano di *gestire* le loro responsabilità e *quindi* decidano di *gestire* la prevenzione organizzandosi di conseguenza. Salvo casi particolari, tutt'altra cosa, nel senso che va in direzione totalmente opposta, è invece la delega di cui all'art.16 del D.Lgs.81/08. Su questo credo si debba essere molto chiari: la previsione di cui all'art.16 non è affatto *l'istituzionalizzazione* della delega quale possibilità illimitata per il datore di lavoro di spogliarsi *finalmente* delle sue responsabilità trasferendole ad altri *per un pugno di dollari*. La delega delle funzioni antinfortunistiche datoriali non è una novità nel nostro sistema, che conosceva già tale istituto sulla base di una giurisprudenza ampiamente consolidata, persino *pietrificata*, in proposito. Ora il Testo Unico recepisce tale indirizzo giurisprudenziale, certamente già di per sé non di favore, definendo però requisiti aggiuntivi di validità e, soprattutto,

<sup>24</sup> Non trattandosi esclusivamente di condizioni di pericolo *grave ed imminente*, si veda a tale proposito la definizione *comune* di *pericolo* che viene data all'art.2, comma 1, lett. r) del D.Lgs.81/08 e la correlazione fra questa e la definizione di *rischio* di cui alla successiva lett. s) del medesimo articolo.

<sup>25</sup> Cass. pen., sez. IV, 2 ottobre 2003, n. 37470

restringendone pesantemente all'art.17 l'operatività. D'altra parte l'idea di delegare *tout court* le responsabilità datoriali, a prescindere dalla *sacralità* delle forme che si decida di adottare per farlo, *assomiglia* all'esatto contrario rispetto ad un approccio di gestione consapevole delle responsabilità che passa attraverso l'organizzazione, quale è quello che pare oggi ricavabile dal sistema delineato dal D.Lgs.81/08. Può capitare, questo sì, che la delega ex art.16 intervenga, in maniera più o meno consapevole, a *rafforzare* una condizione di delega interorganica già in essere; tuttavia, se fatto in maniera consapevole, quando la delega ha la pretesa di trasferire *tout court* le responsabilità datoriali a chi già le avrebbe per la posizione che riveste nell'organizzazione, questo non mi pare affatto raccomandabile<sup>26</sup>.

## 5 - LA RILEVANZA DELL'ORGANIZZAZIONE AZIENDALE NELLA DEFINIZIONE DELLE RESPONSABILITÀ INDIVIDUALI PER LA VIOLAZIONE DI NORME DI PREVENZIONE

Sin qui abbiamo parlato di come, in linea con la disciplina della responsabilità penale/amministrativa della persona giuridica, potrebbero incidere le nuove definizioni degli obblighi incombenti sui vari soggetti coinvolti nel sistema aziendale di prevenzione rispetto alle responsabilità individuali per eventi lesivi. Per quanto concerne le responsabilità individuali derivanti di per sé dalle violazioni delle norme di prevenzione, *dovrebbe* valere il medesimo approccio. Basti pensare all'esempio che abbiamo fatto in relazione alla mancata effettuazione o aggiornamento della valutazione del rischio rumore derivante dalla sostituzione di macchine e/o dalla modifica dei tempi di esposizione alle medesime, fatto questo che emergerà con maggiore frequenza in fase di ispezione *preventiva* piuttosto che a seguito di eventi lesivi. Anzi, visto che la violazione della norma di prevenzione è il presupposto normativo e, prima ancora, logico per la imputabilità dell'evento lesivo a titolo di colpa specifica<sup>27</sup>, dobbiamo dire che *a maggior ragione* dovrebbe valere il medesimo approccio. D'altra parte, anche in questo caso siamo in presenza di responsabilità penali, come tali incompatibili con imputazioni oggettive. Ricordo infatti a questo proposito che trattandosi di reati contravvenzionali è sì irrilevante che la violazione sia stata commessa per dolo o colpa, ma *almeno* la colpa deve sussistere, non essendo sufficiente ad integrare la responsabilità la sola condotta<sup>28</sup>. Tuttavia, quando la contravvenzione concerne la violazione di un divieto e quindi la condotta consiste in una azione, l'accertamento della colpevolezza è evidentemente più agevole, mentre quando ad essere sanzionata è la violazione di un obbligo e

<sup>26</sup> Se infatti già sussistono le condizioni che porterebbero a far ritenere il delegato *datore di lavoro* ai sensi dell'art.2, comma 1, lett. *b*), la delega ex art.16 non solo non *rafforzerebbe* tale posizione, bensì creerebbe una condizione di grave incertezza in ordine al trasferimento dell'obbligo di valutazione dei rischi, che l'art. 17 esclude possa essere delegato e che resta comunque in capo al datore di lavoro, che però va individuato secondo, appunto, la definizione di cui all'art.2, comma 1, lett. *b*)...

<sup>27</sup> L'evento lesivo può essere imputato al datore di lavoro anche in mancanza della violazione di una norma cautelare, a titolo di colpa generica (Cass. pen., sez. IV, 9 novembre 2007, n. 41307), tuttavia ciò comporta che la colpa debba essere provata dall'accusa. In precedenza, con una pronuncia rimasta isolata, la Corte di Cassazione era arrivata però a sostenere che anche la sola violazione dell'art.2087 c.c. comportasse colpa specifica (Cass. pen., sez. IV, 21 maggio 1996, n. 5114)

<sup>28</sup> Cass. pen., sez. III, 16 maggio 1997, n. 4511

quindi la condotta ha carattere omissivo, l'indagine sulla esigibilità in concreto della condotta omessa diviene senz'altro più delicata. Ciò a maggior ragione allorché, come avviene per la quasi totalità delle contravvenzioni in materia antinfortunistica, la medesima carenza materiale e/o documentale rilevata possa essere astrattamente ricondotta alla violazione di diversi obblighi tra loro correlati, in maniera concorrente o consequenziale, e ricadenti su diversi soggetti. Vale appunto a questo proposito l'esempio già fatto del dirigente e/o del preposto di una grossa impresa che non segnalino al datore di lavoro, magari malgrado sussista una apposita procedura organizzativa in tal senso, l'insorgenza di una modifica nelle condizioni di rischio (ad es.: la sostituzione di una macchina) che comporti la necessità di rieffettuare la relativa valutazione. Dato di fatto: mancherà la valutazione del rischio. Obbligato ad effettuare la valutazione del rischio: il datore di lavoro. Responsabilità del datore di lavoro: perlomeno *dubbia*.

Chiariamo però che l'affermazione della responsabilità e, quindi, anche il processo valutativo in ordine alla esigibilità ed alla colpa, spetta al Giudice, mentre l'Organo di vigilanza, come Autorità di P.G., è tenuto a denunciare alla Procura della Repubblica *la/le notitia/e criminis* ed *il/i soggetto/i al/i quale/i va/nno ascritta/e*. Ora, qui si pone, a mio avviso, il problema di conciliare l'obbligo incombente sull'Organo di vigilanza di effettuare rapporto alla Procura della Repubblica di *tutte* le violazioni penalmente sanzionate che rileva (in quanto trattasi di reati procedibili d'ufficio) con la necessità di definire, seppure in termini di *notitia criminis*, quindi senza che ciò comporti sotto il profilo giuridico alcun *giudizio*<sup>29</sup>, quali siano le violazioni rilevate e (sottolineo: e) quali siano i soggetti ai quali vanno ascritte. E' indubbio, ad esempio, che sotto il profilo della individuazione dei soggetti l'Organo di vigilanza dovrà individuare chi sia il datore di lavoro, chi il dirigente e, se del caso, chi il preposto e ciò comporta la necessità di una analisi della specifica organizzazione aziendale raffrontata alle definizioni normative di tali figure. Anche in ambito contravvenzionale infatti, proprio perché pur sempre ambito penale, non trova applicazione un criterio di imputazione meramente *formale* delle responsabilità<sup>30</sup>, che prescinde dall'esercizio di fatto delle funzioni<sup>31</sup>. Anche a questi fini è dunque senz'altro utile che il D.Lgs.81/08 abbia introdotto le *definizioni* di dirigente e preposto. Per quanto concerne invece la individuazione delle violazioni destinate a costituire la *notitia criminis* e dei soggetti ai quali tali violazioni vanno ascritte, ritengo, per tutto sin qui detto, che non dovrebbe esservi alcun *automatismo* nel porre in relazione la carenza materiale e/o documentale rilevata con la violazione degli obblighi incombenti su tali soggetti. Certo è che, nel dubbio, stante il dovere di denuncia incombente sull'Organo di vigilanza, questo, dal canto suo, può essere portato<sup>32</sup> a rilevare tutte le violazioni che gli paiono rilevabili nei confronti di tutti i

<sup>29</sup> Il D.Lgs.758/94 si riferisce sempre al soggetto nei confronti del quale l'Organo di vigilanza rileva la violazione come "contravventore" e all'art.20 dice espressamente che la contravvenzione viene "accertata" dall'Organo di vigilanza. Tuttavia, trovandoci qui in ambito penale, dovendosi escludere che l'Organo di vigilanza abbia funzioni giurisdizionali e considerato che il procedimento in questione si svolge prima ancora che venga esercitata l'azione penale, tale terminologia non pare del tutto appropriata.

<sup>30</sup> Cass. pen., sez. IV, 22 novembre 2006, n. 38428; Cass. pen., sez. I, 19 gennaio 1994, n. 468

<sup>31</sup> La citata previsione di cui all'art.299 del D.Lgs.81/08, facendo riferimento alle *posizioni di garanzia*, trova però applicazione espressa solo in rapporto alle responsabilità per reati di evento.

<sup>32</sup> L'omessa denuncia di reato è però rilevante a fini penali solo allorché il P.U. agisca con dolo.

soggetti<sup>33</sup> destinatari dei precetti che paiono essere stati violati così come *emergono* dal *catalogo delle sanzioni*: come detto, quello dell'Organo di vigilanza non è un *giudizio*. Da ciò può però derivare qualche distorsione del sistema, a mio avviso non solo teorica. Ossia, anzitutto, il fatto che, trovando il più delle volte applicazione la procedura di estinzione del reato prevista dal D.Lgs.758/94, ben difficilmente il *presunto* contravventore, quand'anche non ritenga di aver commesso la violazione contestatagli (in quanto non sussiste o in quanto è imputabile alla condotta di altri soggetti), sceglierà di non accedere all'oblazione amministrativa per poi dover andare a sostenere la propria *innocenza* in un processo penale. Si dirà: è una sua scelta! Ma la scelta di affrontare il *rischio* (ed il costo) di un processo penale (ancorché poi la pena sia sospesa, prescritta, ecc.) quando il tutto si può *risolvere a monte* con una (relativamente modesta) sanzione amministrativa, richiede una determinazione non comune. Il ché però, qui sta il punto, può generare nel datore di lavoro una percezione di *ineluttabilità* della sanzione che a mio avviso è molto più *dannosa* per il sistema rispetto a possibili responsabilità *tendenzialmente oggettive* nell'ambito dei reati di evento. Infatti è di tutta evidenza che l'intervento sanzionatorio preventivo è (fortunatamente) estremamente più diffuso e frequente di quello conseguente ad eventi lesivi, pertanto tale percezione di *ineluttabilità* rischia di essere altrettanto diffusa. In questo caso il rischio non è quello di produrre più o meno *goffi* tentativi di elusione delle responsabilità, bensì rassegnazione e, quindi, inazione. Inoltre, questa può essere una conseguenza giudiziaria ben più insidiosa, integrando la violazione della norma cautelare colpa specifica rispetto all'evento lesivo, l'acquiescenza alla contestazione per mezzo dell'accesso all'oblazione amministrativa, a prescindere dalla estinzione della contravvenzione, può comportare evidenti conseguenze anche rispetto all'eventuale procedimento penale per lesioni o omicidio colposo<sup>34</sup>, in termini di integrazione della colpa specifica e, per le lesioni, anche di procedibilità. E' chiaro che laddove la violazione della norma di prevenzione venga messa in relazione ad un infortunio il soggetto al quale tale violazione viene contestata potrà e bene farà a riflettere attentamente sull'opportunità di accedere all'oblazione. Tuttavia questa possibilità deriva dal fatto che vi sia, come normalmente vi è, contestualità fra infortunio e contestazione della violazione, mentre per le malattie professionali tale contestualità può mancare emergendo la lesione che si vorrebbe ricondurre all'attività lavorativa in una fase temporale spesso assai successiva<sup>35</sup> all'accertamento di eventuali violazioni specifiche emerse in fase ispettiva. Tutto quanto sopra fa ben comprendere quanto sia delicata, cruciale, l'attività demandata all'Organo di vigilanza. Ecco pertanto che le novità introdotte dal D.Lgs.81/08 in merito alla rilevanza dei modelli organizzativi (come approccio) ed alla definizione della portata e del contenuto degli obblighi individuali incombenti sui vari soggetti coinvolti nell'opera di prevenzione dovrebbero agevolare anche e soprattutto l'Organo di vigilanza, chiamato, pur senza con ciò sostituirsi al Giudice, in funzione della sua competenza tecnica specialistica

<sup>33</sup> Anche le violazioni commesse dai preposti e dai lavoratori (ad esempio il mancato uso di D.P.I.) che siano punite a titolo di reato contravvenzionale sono procedibili d'ufficio e quindi, una volta rilevate, ne deve essere fatto rapporto alla Procura della Repubblica ancorché concorrano con violazioni ascrivibili al datore di lavoro e/o ai dirigenti.

<sup>34</sup> Cass. pen., sez. IV, 16 novembre 1998, n. 11826

<sup>35</sup> Cass. pen., sez. IV, 27 agosto 1988, n. 9114

ad una sempre più puntuale individuazione delle violazioni da contestare<sup>36</sup>, quindi delle *notiate criminis*, connesse alla carenza materiale e/o documentale rilevata e dei soggetti cui tali violazioni vadano imputate.

---

<sup>36</sup> In merito al comprensibile timore che una attività di analisi dell'apparato organizzativo e delle condotte al fine di definire correttamente a quali violazioni vadano ricondotte le carenze materiali o documentali rilevate e a chi vadano imputate possa condurre ad una ritardata denuncia, è interessante notare che secondo i più recenti orientamenti giurisprudenziali “è da escludere la configurabilità del reato di cui all'art. 361 c.p. quando l'apparente ritardo nella denuncia all'autorità giudiziaria del fatto-reato di cui il pubblico ufficiale sia venuto a conoscenza trovi giustificazione nell'avenuto espletamento, da parte dello stesso pubblico ufficiale, di una ragionevole attività di accertamento, anche valutativo, di quel medesimo fatto, originariamente prospettato solo come «sospetto »” (Cass. pen., sez. VI, 11 aprile 2008, n. 15400)



# Documenti





COORDINAMENTO  
TECNICO  
INTERREGIONALE  
DELLA PREVENZIONE  
NEI LUOGHI DI LAVORO

**Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro  
delle Regioni e delle Province autonome**

**DECRETO LEGISLATIVO 81/2008 - TITOLO III, CAPO I, II, III, IV E V  
SULLA PREVENZIONE E PROTEZIONE DAI RISCHI DOVUTI  
ALL'ESPOSIZIONE AD AGENTI FISICI NEI LUOGHI DI LAVORO.  
INDICAZIONI OPERATIVE**

in collaborazione con:



**ISPEL - Istituto Superiore  
per la Prevenzione E la Sicurezza del  
Lavoro**



**Istituto Superiore di Sanità**

**Documento n° 1-2009**

*Revisione approvata il 11/03/2010 – con aggiornamento relativo al Capo V (ROA)*



## PRESENTAZIONE

Relativamente agli agenti fisici l'emanazione del Decreto Legislativo 81/2008 e del suo provvedimento integrativo e correttivo, il DLgs.106/2009, pur essendosi fondamentalmente ispirata alla legislazione previgente, ha posto in capo alle aziende obblighi di valutazione e gestione del rischio che presentano anche elementi di novità.

Richiamato che l'obbligo alla valutazione e alla gestione di ogni rischio per la salute e sicurezza ricade su tutte le aziende nelle quali si applica integralmente il DLgs.81/2008, l'obiettivo di queste note è di fornire una prima serie di indicazioni operative che orienti gli attori aziendali della sicurezza ad una risposta corretta al provvedimento legislativo.

A seguito dei positivi riscontri sulle prime indicazioni operative per l'applicazione dei decreti 187/2005 (vibrazioni) e 195/2006 (rumore) si è puntato, aggiornandone i contenuti, a risolvere i più comuni quesiti che vengono proposti ai tecnici del settore.

In alcuni casi il dibattito tecnico e la produzione normativa sono ancora in corso o appena avviati per cui vengono fornite anche indicazioni temporanee, ma sempre con l'obiettivo di indicare percorsi legislativamente corretti e tecnicamente attuabili. Con l'inserimento dell'elaborato relativo al Capo V, le indicazioni a seguito riportate riguardano ormai tutti i rischi previsti dal Titolo VIII del DLgs.81/2008 così come corretto e integrato dal DLgs.106/2009 (d'ora in poi normalmente citato solo come DLgs.81/2008), riprendendo e aggiornando i precedenti testi sui Capi I, II e III approvati il 10 luglio 2008, l'integrazione relativa al Capo IV approvata il 18 settembre 2008 e l'aggiornamento ai contenuti introdotti nel DLgs.81/2008 dal DLgs.106/2009.

Con gli ultimi inserimenti si è finito col realizzare un testo discretamente complesso; ci auguriamo di aver saputo sufficientemente portare a sintesi l'esigenza della completezza della trattazione con quelle della correttezza tecnico-scientifica e della chiarezza di linguaggio.

Il Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome desidera ringraziare ISPESL e Istituto Superiore di Sanità per la proficua collaborazione istituzionale e ciascuno degli Autori per il motivato e qualificato impegno profuso.

Auspichiamo che le indicazioni qui a seguito esposte siano favorevolmente accolte nel mondo della prevenzione con apprezzabili ricadute in termini uniformità di comportamenti e gestione dei rischi.

### **Avvertenze:**

Queste Indicazioni Operative raccolgono e raccordano un numero molto elevato di testi normativi la cui continua pubblicazione e/o aggiornamento determinerà nel tempo un progressivo invecchiamento dei riferimenti. Ciò si verificherà anche per altre informazioni, per loro natura estremamente "volatili", quali i riferimenti a siti web. I promotori e gli autori danno per scontata l'esigenza di provvedere a periodiche correzioni e integrazioni, ma l'intendimento operativo del testo richiede un confronto con ciò che è il quadro dei riferimenti attuali e rimanda al lettore l'esigenza di correggere le letture proposte con gli aggiornamenti che progressivamente interverranno.

I promotori e gli autori propongono queste Indicazioni anche con l'obiettivo di semplificare ed esemplificare modalità operative per il controllo dei rischi per la salute e la sicurezza nei luoghi di lavoro. Non di meno gli utilizzatori che faranno un uso professionale delle metodologie e dei parametri qui presentati devono essere persone qualificate e sono quindi tenute a conoscere i criteri ed i loro limiti ed a farne un uso appropriato.

*Chi riscontrasse problematicità sul testo è invitato a segnalarle all'indirizzo: [o.nicolini@ausl.mo.it](mailto:o.nicolini@ausl.mo.it)*

## INDICE

- 1. Sul Capo I del Titolo VIII del DLgs.81/2008 – Disposizioni generali** pag. 770
- 1.01 Da quando il Capo I del DLgs.81/08 è pienamente in vigore?
- 1.02 Quali sono gli agenti fisici che debbono essere considerati nell'ambito della valutazione dei rischi ex art.28 e art.181 del DLgs.21/2008 ?
- 1.03 Relativamente agli ultrasuoni, infrasuoni, microclima e atmosfere iperbariche, dove non esistono Capi dedicati nel DLgs.81/2008, secondo quali criteri specifici debbono essere effettuate le valutazioni dei rischi ed adottate le misure di prevenzione e protezione ?
- 1.04 Relativamente ai campi elettromagnetici ed alle radiazioni ottiche artificiali, dove insistono i Capi IV e V che entrano in vigore rispettivamente il 30 aprile 2012 ed il 26 aprile 2010, quali obblighi sono in vigore e da quali date ?
- 1.05 Cosa si intende per “personale qualificato nell'ambito del servizio di prevenzione e protezione in possesso di specifiche conoscenze in materia”
- 1.06 Il personale qualificato chiamato ad effettuare la valutazione deve essere sempre nell'ambito del SPP o può essere esterno ?
- 1.07 Cosa si intende all'art.181, comma 3, per “giustificazione” nell'ambito della valutazione del rischio ?
- 1.08 Alla luce del DLgs.81/2008 come deve essere strutturata e che cosa deve riportare la valutazione del rischio di un agente fisico ?
- 1.09 Cosa significa “disponibilità di misure” nell'ambito del periodo dell'art.182, comma 1: *“Tenuto conto del progresso tecnico e della disponibilità di misure per controllare il rischio alla fonte, i rischi derivanti dall'esposizione agli agenti fisici sono eliminati alla fonte o ridotti al minimo.”*
- 1.10 A quale entità di rischio scatta l'obbligo alla informazione e formazione sui rischi da agenti fisici di cui all'art.184 del DLgs.81/2008 ?
- 1.11 Quali gli obblighi e le indicazioni sulla sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti a rischi da agenti fisici per i quali non è previsto un Capo specifico ?
- 1.12 Come si deve interpretare il termine “alterazione apprezzabile” riferito allo stato di salute di lavoratori esposti ad agenti fisici ?
- 1.13 Quali sono gli obblighi formali delle aziende che occupano sino a 10 occupati dal punto di vista del documento di valutazione del rischio ?
- 1.14 L'armatore di una nave deve valutare i rischi derivanti dall'esposizione ad agenti fisici?
- 1.15 Quali sono gli obblighi per i soggetti che rientrano nell'ambito di applicazione dell'art.21, DLgs.81/2008
- 2. Sul Capo II del Titolo VIII del DLgs.81/2008 – Rumore** pag. 778
- 2.01 Cosa caratterizza il personale qualificato che deve garantire la valutazione e la misurazione ?
- 2.02 Cosa devono fare le aziende che non hanno esposti al di sopra del valore inferiore d'azione ?

- 2.03 Cosa significa per il personale qualificato che fa la valutazione del rischio il “tener conto.....dei lavoratori particolarmente sensibili al rumore”?
- 2.04 Cosa significa per il personale qualificato che fa la valutazione del rischio che il datore di lavoro deve tener conto “... dell’interazione fra rumore e sostanze ototossiche ... e vibrazioni”?
- 2.05 Cosa significa per il personale qualificato che fa la valutazione del rischio che il datore di lavoro deve tener conto di “... tutti gli effetti indiretti sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori risultanti da interazioni fra rumore e segnali di avvertimento”?
- 2.06 Cosa significa per il medico competente fornire “informazioni raccolte dalla sorveglianza sanitaria, comprese.....quelle reperibili nella letteratura scientifica”?
- 2.07 Quali sono oggi i metodi e le strumentazioni per fare una misurazione corretta del rumore? A quale indicazioni tecniche riferirsi ?
- 2.08 Cosa significa “incertezza delle misure”?
- 2.09 In quali occasioni occorre tener conto del prolungamento del periodo di esposizione al rumore oltre l’orario di lavoro normale, in locali di cui è responsabile il datore di lavoro?
- 2.10 Alla luce delle indicazioni del DLgs.81/05, Capo II, come deve essere strutturata e che cosa deve riportare la Relazione Tecnica ?
- 2.11 Quando reputare significative le oscillazioni del  $L_{EX}$  giornaliero che richiedono il passaggio al dato settimanale ?
- 2.12 Come presentare il dato di esposizioni molto variabili su tempi lunghi (oltre la settimana)? Ovvero cosa significa per il personale qualificato che fa la valutazione del rischio il considerare “il livello settimanale massimo ricorrente” ?
- 2.13 Come misurare il rumore impulsivo e come tenerne conto ?
- 2.14 Con quali modalità operative si valuta l’efficacia dei DPI uditivi che il DLgs.81/2008 esplicitamente richiede all’art.193, comma 1, lettera d) ?
- 2.15 Nel caso di esposizioni a livelli di rischio molto variabili è necessario adottare più di un DPI-uditivo ?
- 2.16 Con quali modalità operative si valuta il rispetto dei valori limite d’esposizione (VLE: 87 dB(A) e 140 dB(C)) tenuto conto dell’attenuazione prodotta dai DPI uditivi ?
- 2.17 Per decidere la classificazione dei lavoratori nelle diverse classi di rischio è necessario che vi sia il superamento o della sola pressione acustica di picco ovvero del solo livello di esposizione giornaliera/settimanale al rumore oppure è invece necessario che siano superati entrambi ?
- 2.18 Si tiene conto dell’efficacia dei DPI-u per decidere le misure di prevenzione?
- 2.19 Le aziende hanno obblighi di riduzione del rischio al di sotto dei valori inferiori di azione (80 dB(A) / 135 dB(C))? La loro omissione può essere oggetto di sanzioni ?
- 2.20 Come si effettua la valutazione del rischio nei cantieri temporanei o mobili?
- 2.21 Quali sono gli obblighi formali delle aziende che occupano sino a 10 occupati dal punto di vista delle documentazioni ?

- 2.22 Come deve essere fatto il programma delle misure tecniche e organizzative ex art.192, comma 2, quando si superano gli 80 dB(A) / 135 dB(C) ?
- 2.23 Quali le indicazioni su segnaletica e perimetrazione ?
- 2.24 Quali sono degli esempi di ambienti utilizzati come locali di riposo nei quali il rumore deve essere ridotto a un livello compatibile con il loro scopo e con le loro condizioni di utilizzo (art. 192, comma 4) ?
- 2.25 In attesa delle linee guida ex art.198, a quali obblighi debbono attenersi i datori di lavoro nei settori della musica, delle attività ricreative e dei call center ?
- 2.26 Quando occorre fare la valutazione del rischio ed adottare le misure di prevenzione e protezione nel caso di un nuovo insediamento produttivo o di una ristrutturazione di un luogo di lavoro ?
- 2.27 Quali sono gli obblighi dei fabbricanti delle attrezzature di lavoro in merito alla riduzione al minimo del rischio ed alla informazione sui livelli sonori emessi ?
- 2.28 In quali realtà lavorative può essere utile ricorrere alla semplificazione proposta dall'art.191 del DLgs.81/08 ?
- 2.29 Quali sono le ricadute della nuova normativa sui DUVRI ?
- 2.30 Quali sono i casi in cui il comma 5-bis dell'art.190 può essere correttamente utilizzato ?

### 3. Sul Capo III del Titolo VIII del DLgs.81/2008 – Vibrazioni

pag. 794

- 3.01 Cosa si intende per “valori limite di esposizione su periodi brevi” di cui all'art.201 del DLgs.81/2008 ?
- 3.02 Cosa caratterizza il personale qualificato che deve garantire la valutazione e la misurazione ?
- 3.03 Cosa significa per chi fa la valutazione del rischio il “tener conto..... Dei lavoratori particolarmente sensibili alle vibrazioni” ?
- 3.04 Il Capo III del Titolo VIII del DLgs.81/2008 si applica anche alle lavorazioni manuali ?
- 3.05 Come deve essere eseguita la valutazione del rischio vibrazioni nelle aziende che non hanno esposti al di sopra del valore d'azione ?
- 3.06 Ai fini della valutazione del rischio quando è ammissibile ricorrere ai dati misurati sul campo della banca dati vibrazioni (BDV) e come bisogna utilizzare tali dati ?
- 3.07 Ai fini della valutazione del rischio quando è ammissibile ricorrere ai dati dei produttori e come bisogna utilizzare tali dati ?
- 3.08 Ai fini della valutazione del rischio, quando occorre misurare l'esposizione alle vibrazioni ?
- 3.09 Quale strumentazione deve essere utilizzata per le misurazioni e quali requisiti di qualità deve rispettare ?
- 3.10 Alla luce delle indicazioni del DLgs.81/2008 come deve essere strutturata e che cosa deve riportare la Relazione Tecnica ?

- 3.11 Quali elementi informativi devono essere presenti nel programma delle misure tecniche e organizzative ex art.5, comma 2, quando si superano i 2,5 o gli 0,5 m/s<sup>2</sup> ?
  - 3.12 Informazione e formazione; quando e con quali contenuti ?
  - 3.13 Quando estendere il controllo sanitario al di sotto dei valori di azione ?
  - 3.14 A quali condizioni può essere concessa deroga da parte delle ASL al rispetto dei valori limite consentendo il calcolo del livello di esposizione su base settimanale (A(40)) anziché giornaliero (A(8)), come da art.205, comma 2 ?
  - 3.15 Quali sono gli obblighi dei fabbricanti delle attrezzature di lavoro in merito alla riduzione al minimo del rischio ed alla informazione sui valori di vibrazioni emessi ?
  - 3.16 Come interpretare le deroghe previste dal comma 3 dell'art.306?
- CREDITS Capi I, II e III

#### **4. Sul Capo IV del Titolo VIII del DLgs.81/2008 – Campi elettromagnetici**

pag. 804

- 4.01 Da quando il Capo IV del Titolo VIII del DLgs.81/2008 è pienamente in vigore?
- 4.02 Quali sono gli effetti sulla salute e sulla sicurezza che si vogliono prevenire?
- 4.03 Quali caratteristiche deve avere il “personale adeguatamente qualificato” che effettua la valutazione del rischio ?
- 4.04 Quali sono le condizioni nelle quali la valutazione del rischio può concludersi con la “giustificazione” secondo cui la natura e l’entità dei rischi non rendono necessaria una valutazione più dettagliata
- 4.05 Quali sono le esposizioni di carattere professionale?
- 4.06 E’ disponibile un elenco di situazioni lavorative che devono essere certamente valutate?
- 4.07 Gli apparecchi che dichiarano il rispetto delle norme di compatibilità elettromagnetica possono essere “giustificati” ?
- 4.08 Quali fonti sono utilizzabili per la valutazione del rischio ?
- 4.09 Come gestire la valutazione del rischio per portatori di protesi ed altri dispositivi medici impiantati ?
- 4.10 In quali casi e con quali modalità i produttori sono tenuti a fornire informazioni sui livelli di emissione di CEM ?
- 4.11 Come si tiene conto dei tempi di esposizione (Allegato XXXVI, Tabella 1 e 2 e relative note)?
- 4.12 Requisiti della strumentazione di misura e periodicità taratura
- 4.13 Come si tiene conto della variabilità spaziale del campo ? Quante misure occorre effettuare ?
- 4.14 Correnti di contatto
- 4.15 E’ tecnicamente corretto utilizzare misuratori personali ?
- 4.16 Quali specifiche indicazioni per le esposizioni a campi pulsati e in presenza di segnali complessi ?
- 4.17 Come comportarsi all’esito della valutazione; con quali valori confrontarsi?
- 4.18 Quali metodi numerici utilizzare per l’eventuale confronto coi VLE ?

- 4.19 Alla luce delle indicazioni del Capo IV, Titolo VIII, DLgs.81/2008 come deve essere strutturata e che cosa deve riportare la Relazione Tecnica ?
  - 4.20 Da quali livelli di esposizione far partire la informazione / formazione ?
  - 4.21 Quali i contenuti della informazione e formazione?
  - 4.22 Da quali livelli di esposizione far partire la sorveglianza sanitaria ?
  - 4.23 Quale il ruolo della segnaletica e della delimitazione delle aree ?
  - 4.24 Quali sono i soggetti particolarmente sensibili al rischio ?
  - 4.25 Quali sono le ricadute della nuova normativa sui DUVRI e sui PSC/POS ?
- CREDITS Capo IV

## **5. Sul Capo V del DLgs.81/2008 – Radiazioni Ottiche Artificiali**

pag. 828

- 5.01 Come ci si deve comportare in caso di lavorazioni che espongono al rischio di radiazioni ottiche naturali ?
- 5.02 Cosa sono e dove sono presenti, sono prodotte o vengono utilizzate le ROA nei luoghi di lavoro ?
- 5.03 Da quando il Capo V del Titolo VIII del DLgs.81/2008 è pienamente in vigore ?
- 5.04 Quali sono i rischi per la salute e la sicurezza che si vogliono prevenire ?
- 5.05 Quali caratteristiche deve avere il “personale adeguatamente qualificato” che effettua la valutazione del rischio ?
- 5.06 Come si può effettuare la valutazione del rischio di esposizione alle ROA ?
- 5.07 Quali sono le condizioni nelle quali la valutazione del rischio può concludersi con la “giustificazione” secondo cui la natura e l’entità dei rischi non rendono necessaria una valutazione più dettagliata ?
- 5.08 È disponibile un elenco di situazioni lavorative che devono essere certamente valutate ?
- 5.09 Quali fonti sono utilizzabili per la valutazione del rischio ?
- 5.10 Come gestire la valutazione del rischio per i soggetti particolarmente sensibili ?
- 5.11 In quali casi e con quali modalità i fabbricanti sono tenuti a fornire informazioni sui livelli di emissione di ROA ?
- 5.12 Ai fini della valutazione del rischio, è sempre necessario misurare e/o calcolare?
- 5.13 Come si effettua la valutazione dei livelli di esposizione senza eseguire misure?
- 5.14 Come si effettua la valutazione dei livelli di esposizione eseguendo misure?
- 5.15 Quali sono le specifiche indicazioni per le misurazioni di esposizioni a sorgenti pulsate di radiazioni coerenti e non coerenti ?
- 5.16 Come interpretare i valori limite presenti nelle Tabelle dell’Allegato XXXVII del DLgs.81/2008 ?
- 5.17 Quali sono le tipologie degli strumenti di misura e qual è la periodicità della taratura ?
- 5.18 Quali misure tecniche e organizzative adottare all’esito della valutazione ?
- 5.19 Quali sono i criteri di scelta dei DPI per la protezione degli occhi e del viso da radiazioni ottiche ?

- 5.20 Alla luce delle indicazioni del Capo V, Titolo VIII, DLgs.81/2008 come deve essere strutturata e che cosa deve riportare la Relazione Tecnica ?
- 5.21 Quando far partire la informazione / formazione ?
- 5.22 Quali sono i contenuti della informazione e formazione dei lavoratori?
- 5.23 Quando è necessario far partire la sorveglianza sanitaria ?
- 5.24 Quali sono i soggetti particolarmente sensibili al rischio ?
- 5.25 Qual è il ruolo della segnaletica e della delimitazione delle aree ?
- 5.26 Quali sono le ricadute della legislazione sulla prevenzione e protezione dai rischi delle ROA sui DUVRI e sui PSC/POS ?
- 5.27 Quali sono le norme principali citate in questo documento ?

**ALLEGATO 1: CLASSIFICAZIONE DELLE SORGENTI E SISTEMI LASER**

**ALLEGATO 2: LETTINI ABBRONZANTI E LAMPADE UV PER USO ESTETICO**

**ALLEGATO 3: APPROFONDIMENTI SULLA PROTEZIONE DAI RISCHI PER LA SALUTE A LUNGO TERMINE**

**ALLEGATO 4: APPROFONDIMENTI SULLA STRUMENTAZIONE DI MISURA**

**ALLEGATO 5: CONTROLLI DI QUALITÀ SU APPARECCHIATURE LASER MEDICALI**

**ALLEGATO 6: SPECIFICHE DEI DPI PER LE RADIAZIONI OTTICHE**

**ALLEGATO 7: PRINCIPALI NORME TECNICHE E PUBBLICAZIONI SCIENTIFICHE CITATE**

CREDITS Capo V



## **1. SUL CAPO I DEL TITOLO VIII DEL DLGS.81/2008 – DISPOSIZIONI GENERALI**

### **1.01 – Da quando il Capo I del DLgs.81/08 è pienamente in vigore?**

Il Capo I del DLgs.81/2008 (non modificato in alcun punto dal DLgs.106/2009) è pienamente in vigore per tutti gli obblighi in esso richiamati ed in tutti i settori produttivi dal 01/01/2009. È tuttavia da precisare che mentre tale data è la stessa anche per l'entrata in vigore del Capo II (rumore) e Capo III (vibrazioni) con la specificazione che le modifiche introdotte dal DLgs.106/2009 sono in vigore dal 20/08/2009 e con le deroghe ex art. 306, comma 3, per il Capo IV (campi elettromagnetici) e Capo V (radiazioni ottiche artificiali) il legislatore ha previsto una entrata in vigore differita per tempi significativi.

Infatti, relativamente ai campi elettromagnetici, con la formulazione adottata dal legislatore all'articolo 306 del Testo Unico e stante l'emanazione della direttiva 2008/46/CE, l'entrata in vigore ha subito uno slittamento temporale di 4 anni ed è prevista per il 30/04/2012.

Per il Capo V del Titolo VIII del Testo Unico (radiazioni ottiche artificiali) l'entrata in vigore è invece prevista per il 26/04/2010.

Si sottolinea comunque il principio affermato in generale all'art.28 del Testo Unico e ribadito relativamente agli agenti fisici all'art.181 che impegna il datore di lavoro alla valutazione di tutti i rischi per la salute e la sicurezza inclusi quelli derivanti da esposizioni a campi elettromagnetici ed alle radiazioni ottiche artificiali, in relazione ai quali esiste quindi l'obbligo (sanzionabile) alla valutazione ed all'identificazione delle misure preventive e protettive per minimizzare il rischio.

In pratica e per quanto riguarda i compiti di vigilanza, fino alle date del 30/04/2012 e 26/04/2010 non saranno richiedibili e sanzionabili le inottemperanze agli obblighi specificamente previsti rispettivamente dal Capo IV e dal Capo V del Titolo VIII del DLgs.81/2008, ma resteranno validi, richiedibili e sanzionabili i principi generali affermati nel Titolo I e nel Capo I del Titolo VIII.

In questo contesto si raccomanda comunque, sin da ora, di riferirsi alle indicazioni desumibili dal Capo IV e dal Capo V del Titolo VIII del TU anche tenuto conto del richiamo alle norme tecniche ed alle buone prassi di cui all'art.181.

### **1.02 – Quali sono gli agenti fisici che debbono essere considerati nell'ambito della valutazione dei rischi ex art.28 e art.181 del DLgs.21/2008 ?**

L'art. 181 indica che *“il datore di lavoro valuta tutti i rischi derivanti da esposizione ad agenti fisici”*, mentre l'art. 180 precisa che *“per agenti fisici si intendono il rumore, gli ultrasuoni, gli infrasuoni, le vibrazioni meccaniche, i campi elettromagnetici, le radiazioni ottiche di origine artificiale, il microclima e le atmosfere iperbariche che possono comportare rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori”*. Pertanto la valutazione va effettuata per tutti gli agenti di rischio elencati all'art. 180.

### **1.03 – Relativamente agli ultrasuoni, infrasuoni, microclima e atmosfere iperbariche, dove non esistono Capi dedicati nel DLgs.81/2008, secondo quali criteri specifici debbono essere effettuate le valutazioni dei rischi ed adottate le misure di prevenzione e protezione ?**

L'art. 181, comma 1 specifica che la valutazione del rischio di tutti gli agenti fisici deve essere tale da "identificare e adottare le opportune misure di prevenzione e protezione" facendo "particolare riferimento alle norme di buona tecnica e alle buone prassi".

Le prime sono le norme tecniche nazionali (UNI, CEI) e internazionali (CEN, ISO), mentre le seconde sono definite all'art. 2 comma 1 punto v) come "soluzioni organizzative o procedurali coerenti con la normativa vigente e con le norme di buona tecnica, adottate volontariamente e finalizzate a promuovere la salute e la sicurezza sui luoghi di lavoro". È interessante notare come tali buone prassi debbano essere elaborate e raccolte dalle Regioni, dall'ISPESL, dall'INAIL e dagli Organismi paritetici di cui all'art. 51 ed essere validate dalla Commissione consultiva permanente per la salute e sicurezza sul lavoro previa istruttoria tecnica dell'ISPESL.

Posto che il datore di lavoro deve sempre considerare l'effetto del rischio sulla salute dei lavoratori tenendo conto dell'evoluzione tecnica in materia di prevenzione e sicurezza sul lavoro, e dato che le buone prassi sono per definizione documenti di natura applicativa sviluppati in coerenza con le norme tecniche, è consigliabile utilizzarle come riferimenti primari ogni qualvolta ve ne sia disponibilità.

In attesa che la Commissione consultiva inizi la sua attività di verifica e validazione delle proposte di buone prassi si fornisce l'indicazione di riferirsi, per quanto riguarda i rischi da microclima, alle *Linee Guida Microclima, aerazione e illuminazione nei luoghi di lavoro* prodotte dal Coordinamento Tecnico delle Regioni e dall'ISPESL che per gli aspetti metrologici rimanda alle diverse norme tecniche UNI (ad esempio la UNI EN ISO 7933 per ambienti caldi, a rischio di ipertermia, o la UNI EN ISO 11079 per ambienti freddi, a rischio di ipotermia) esistenti sull'argomento.

Per gli ultrasuoni e gli infrasuoni il riferimento indicato è invece alle *Linee Guida per la Valutazione del rischio rumore*, anch'esse prodotte dall'ISPESL e dal Coordinamento Tecnico delle Regioni.

Per quanto riguarda le atmosfere iperbariche, esse hanno un riferimento normativo solo nel DPR 321/56 relativamente ai cassonisti. In tale decreto le procedure di decompressione sono rimaste alle conoscenze degli anni '50, mentre attualmente si sono molto evolute. La valutazione del rischio relativamente alle atmosfere iperbariche si fa raccogliendo i dati della compressione che si intende fare (pressione relativa o assoluta, durata e tipo di miscela respiratoria impiegata) e dell'attività che si vuole svolgere (attività fisica moderata, mediamente intensa o intensa) e della procedura di decompressione che si intende adottare. Esistono tabelle e computer per elaborare la procedura di decompressione. Si deve stabilire quale tabella si intende utilizzare o quale computer (marca e modello identificano anche il modello decompressivo utilizzato) e quindi si deve garantire la disponibilità di tutto quanto occorre per rispettare tale procedura decompressiva.

Oltre a quanto detto relativamente alle procedure di decompressione entrano nella valutazione del rischio anche le risorse messe a disposizione dei lavoratori, quali camere di decompressione, presenza di medico iperbarico sul luogo, presenza del tecnico iperbarico per far funzionare la camera, possibilità di trasporto veloce presso un vicino centro iperbarico dotato di camera per la ricompressione terapeutica.

Maggiori sono le dotazioni di sicurezza più ampio può essere il margine di sicurezza della procedura di decompressione.

**1.04 – Relativamente ai campi elettromagnetici ed alle radiazioni ottiche artificiali, dove insistono i Capi IV e V che entrano in vigore rispettivamente il 30 aprile 2012 ed il 26 aprile 2010, quali obblighi sono in vigore e da quali date ?**

Si tratta essenzialmente dell'obbligo alla valutazione dei rischi (facendo ricorso alle norme di buona tecnica ed alle buone prassi) inteso come processo finalizzato ad individuare le adeguate misure di prevenzione e di protezione e ad elaborare un programma delle misure atte a garantire il miglioramento nel tempo dei livelli di salute e sicurezza. Tale obbligo è già in vigore.

Per quanto attiene invece agli obblighi specifici di cui ai Capi IV e V del Titolo VIII, questi non saranno né richiedibili né sanzionabili fino alle rispettive date di entrata in vigore.

**1.05 – Cosa si intende per “personale qualificato nell’ambito del servizio di prevenzione e protezione in possesso di specifiche conoscenze in materia”?**

Con la dicitura “personale qualificato in possesso di specifiche conoscenza in materia” normalmente si intende un operatore che abbia sostenuto un corso di qualificazione conclusosi con una valutazione positiva e documentabile dell'apprendimento.

L'assenza di qualsiasi riferimento su durata e contenuti del corso, sui soggetti autorizzati alla valutazione ed all'espressione della certificazione finale rendono però oltremodo problematico avallare in questa fase percorsi formativi di qualunque tipo. Informazioni utili al fine di accertare le “specifiche conoscenze in materia” possono essere ritenute le seguenti: tipologia di formazione scolastica, eventuali corsi di specializzazione, eventuale iscrizione ad albo (quando previsto), curriculum professionale.

Nell'immediato si suggerisce di giudicare il “personale qualificato” essenzialmente sulla base del rispetto delle norme di buona prassi (apparecchiature adeguate, modalità tecniche appropriate) e del prodotto finale (Relazione Tecnica e/o Documento di valutazione dei rischi).

Maggiori dettagli sono inseriti nelle indicazioni relative ai Capi dedicati agli specifici agenti di rischio.

**1.06 – Il personale qualificato chiamato ad effettuare la valutazione deve essere sempre nell’ambito del SPP o può essere esterno ?**

Per effettuare la valutazione del rischio il datore di lavoro deve avvalersi di personale qualificato secondo quanto previsto dall'art. 181 comma 2 del DLgs. 81/2008. Quando queste competenze non sono presenti nel personale interno (nell'ambito del servizio di prevenzione e protezione) il datore di lavoro deve avvalersi di consulenti esterni all'azienda.

**1.07 – Cosa si intende all’art.181, comma 3, per “giustificazione” nell’ambito della valutazione del rischio ?**

La giustificazione del datore di lavoro secondo cui la natura e l'entità dei rischi non rendono necessaria una valutazione dei rischi più dettagliata è la modalità prevista dalla legislazione sugli agenti fisici per interrompere il processo valutativo in caso di assenza di rischio o di sua palese trascurabilità. Si tratta quindi di un comportamento applicabile a tutte e sole quelle situazioni poste ben al di sotto dei valori di riferimento (normalmente: significativamente inferiori ai valori di azione), in quanto per condizioni di rischio più consistenti occorre comunque definire i livelli di rischio al fine di decidere se nel contesto analizzato debbano essere adottate particolari, pur minime, misure di prevenzione e protezione.

### **1.08 – Alla luce del DLgs.81/2008 come deve essere strutturata e che cosa deve riportare la valutazione del rischio di un agente fisico ?**

Il Documento che riporta la Valutazione del rischio (come previsto in generale dall'art. 28 e in particolare per gli agenti fisici dall'art. 181 che rimanda a sua volta agli artt. 190 (rumore), 202 (vibrazioni), 209 (campi elettromagnetici) e 216 (radiazioni ottiche artificiali) va sostanzialmente inteso come una parte del più complessivo Documento (scritto) di valutazione di tutti i rischi per la salute e sicurezza accompagnato dalla Relazione tecnica (con o senza misurazioni, redatta dal personale qualificato), da conservarsi in azienda anche a disposizione dell'organo di vigilanza. Il Documento deve riportare le misure di prevenzione e protezione già in essere ed indicare il programma delle misure atte a garantire nel tempo il miglioramento dei livelli di salute e sicurezza con le relative procedure aziendali e dei ruoli dell'organizzazione che vi debbono provvedere, a cui devono essere assegnati soggetti in possesso di adeguate competenze e poteri.

Nel Documento vanno indicati quanto meno i seguenti elementi:

- 1) data/e di effettuazione della valutazione, con o senza misurazioni, dell'agente fisico;
- 2) dati identificativi del personale qualificato che ha provveduto alla valutazione, se diverso dal datore di lavoro;
- 3) dati identificativi del medico competente (se ed in quanto previsto ai sensi degli artt. 41 e 185) e del R-SPP che hanno partecipato alla valutazione del rischio;
- 4) dati identificativi del/i RLS, o, in sua/loro assenza, dei lavoratori, consultati ai sensi dell'art. 50 comma 1, modalità della loro consultazione e informazione;
- 5) dati identificativi della Relazione tecnica allegata (es.: eventuale numero di protocollo, numero di pagine, data) accertandosi che riporti (o integrando tali informazioni se mancanti):
  - quadro di sintesi degli esposti all'agente fisico articolato per fasce di rischio e individuazione su piantina delle aree a rischio;
  - valutazione della presenza di rischi potenzianti (ototossici, segnali di avvertimento, condizioni di lavoro estreme (fredde e/o umide), materiali esplosivi e/o infiammabili,...) e di approfondimenti specifici per singolo agente fisico (es.: valutazione dell'efficienza e dell'efficacia dei DPI uditivi);
  - valutazione dei rischi legati alla presenza di lavoratori particolarmente sensibili, alla differenza di genere, all'età, alla provenienza da altri paesi ed alla tipologia contrattuale;

- 6) programma delle misure tecniche e organizzative ritenute opportune per eliminare o ridurre il rischio da esposizione all'agente fisico individuate a seguito della valutazione, con l'indicazione della tempistica, delle modalità e delle figure aziendali preposte alla loro attuazione.

Poiché le eventuali carenze della Relazione Tecnica andranno successivamente superate nel Documento di valutazione del rischio, si raccomanda ai Datori di lavoro (responsabili del processo di valutazione) di esplicitare con chiarezza il mandato al personale qualificato (particolarmente se esterno) e di verificarne i contenuti della prestazione.

**1.09 – Cosa significa “disponibilità di misure” nell’ambito del periodo dell’art.182, comma 1: “Tenuto conto del progresso tecnico e della disponibilità di misure per controllare il rischio alla fonte, i rischi derivanti dall’esposizione agli agenti fisici sono eliminati alla fonte o ridotti al minimo.”**

La disponibilità di misure cui si fa riferimento nell’art.182, comma 1, deve intendersi come una disponibilità commerciale, di presenza sul mercato della o delle soluzioni adottabili per la riduzione del rischio nel mondo della tecnica della prevenzione. Oltre al riscontro bibliografico, la soluzione per l’eliminazione o il controllo del rischio deve essere stata sperimentata positivamente e concretamente adottabile dall’azienda in questione.

**1.10 – A quale entità di rischio scatta l’obbligo alla informazione e formazione sui rischi da agenti fisici di cui all’art.184 del DLgs.81/2008?**

Ad eccezione del rischio rumore nel quale l’obbligo della informazione/formazione dei lavoratori si attiva al raggiungimento o al superamento dei valori inferiori di azione, nell’ambito degli altri agenti fisici tale obbligo non è subordinato al superamento di predeterminati valori di rischio quanto invece alla presenza del rischio.

La risposta più concreta al quesito orienta quindi a correlare l’attivazione della formazione ed informazione dei lavoratori all’impossibilità a poter “giustificare” un mancato approfondimento della valutazione dei rischi o, in altre parole, alla presenza di un rischio che deve essere dimensionato per decidere se debbano adottarsi particolari, pur minime, misure di prevenzione e protezione.

**1.11 – Quali gli obblighi e le indicazioni sulla sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti a rischi da agenti fisici per i quali non è previsto un Capo specifico ?**

Allo stato attuale si ritiene non sussistano obblighi specifici di attivare una sorveglianza sanitaria nei confronti dei lavoratori esposti a quegli agenti fisici per i quali non è previsto un Capo specifico, vale a dire infrasuoni, ultrasuoni, microclima ed atmosfere iperbariche.

Si ritiene comunque opportuno fornire le seguenti raccomandazioni:

Microclima - Indicazioni utili relative alla sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti ad ambienti termici severi freddi o caldi possono essere ricavate dalle indicazioni operative contenute nella norma UNI EN ISO 12894:2002 e nelle Linee

Guida su microclima, aerazione e illuminazione nei luoghi di lavoro redatte dal Coordinamento delle Regioni e da ISPESL ed approvate dalla Conferenza dei Presidenti delle Regioni.

Il medico competente dovrebbe inoltre intervenire nella scelta e nelle indicazioni d'uso degli indumenti ed altri dispositivi di protezione individuali utilizzati, fornire indicazioni sulla corretta alimentazione come pure sulle modalità dell'assunzione di bevande e sulla loro tipologia, nonché contribuire alla programmazione dei ritmi di lavoro e delle pause di riposo da prevedere, quest'ultime, in locali a temperatura idonea.

Infrasuoni/ultrasuoni - Tenuto conto degli orientamenti della letteratura, non totalmente validata dal punto di vista scientifico, in materia di effetti degli infrasuoni e degli ultrasuoni sulla salute umana, si segnala soltanto l'opportunità di monitorare anamnesticamente eventuali sintomi, per altro aspecifici, quali fatica, nausea, cefalea ed acufeni e alterazioni dell'equilibrio nei soli casi di esposizione congiunta ad ultrasuoni/solventi e/o rumore otolesivo.

Atmosfere iperbariche - Il primo e tutt'ora principale strumento legislativo in merito alla tutela della salute e sicurezza degli operatori iperbarici è il DPR 321/56 e s.m. che, per quanto concerne la sorveglianza medica, fornisce gli unici obblighi ancora attualmente vigenti.

Normando tale decreto gli ormai obsoleti lavori nei cassoni e facendo riferimento, (art.34) solo ad una semplice "idoneità fisica", per la valutazione della idoneità alla mansione specifica e per le successive visite mediche periodiche, oltre all'osservanza del disposto normativo, che fornisce comunque indicazioni relative alla periodicità delle visite mediche ed ai limiti di età per l'ammissione al lavoro iperbarico, si ritiene utile segnalare le indicazioni predisposte, in apposite Linee Guida, dalla Società Italiana di Medicina Subacquea ed Iperbarica (SIMSI).

È indubbio che, dovendo essere posta attenzione alla prevenzione degli eventi barotraumatici ed alla valutazione di manifestazioni a lungo termine conseguenti all'esposizione in iperbarismo, la sorveglianza sanitaria dovrà essere sempre finalizzata alla esclusione dei difetti dell'apparato respiratorio, cardio-vascolare e otorinolaringoiatrico nonché delle alterazioni del sistema neurologico e psichico.

La valutazione dei rischi connessi con le varie tipologie di lavoro che espongono ad atmosfere iperbariche quali le operazioni in immersione subacquea (in apnea, con sistema di respirazione autonomo, con sistemi di respirazione collegati alla superficie o con sistemi di respirazione collegati ad habitat iperbarico) e/o le operazioni in ambiente iperbarico a secco (attività in tunnel o cassoni ad aria compressa ed attività in camere iperbariche) porterà, di volta in volta, ad identificare nello specifico i protocolli di sorveglianza sanitaria e a valutare l'opportunità di utilizzare adeguati indicatori di esposizione e/o di effetto biologico precoce.

Si ricorda infine che le esposizioni a ultrasuoni, a sollecitazioni termiche (esposizioni prolungate a calore eccessivo e a freddo eccessivo) ed i lavori in atmosfera iperbarica (attività in ambienti pressurizzati ed immersioni subacquee) rientrano fra le esposizioni a rischi potenzialmente nocivi per la salute e sicurezza delle lavoratrici incinte e del nascituro riportate nelle linee direttrici dell'applicazione della Direttiva 92/85/CEE.

**1.12 – Come si deve interpretare il termine “alterazione apprezzabile” riferito allo stato di salute di lavoratori esposti ad agenti fisici ?**

All'articolo 185, comma 2, del DLgs.81/08 si rileva che, nel caso in cui la sorveglianza sanitaria riveli in un lavoratore un'alterazione apprezzabile dello stato di salute correlata ai rischi lavorativi, il medico competente ne informa nel rispetto del segreto professionale il datore di lavoro, il quale a sua volta deve procedere a revisionare la valutazione dei rischi e le misure di prevenzione collettiva e individuale adottate tenendo conto del parere del sanitario in questione.

Tale formulazione punta a chiarire quanto già in precedenza era previsto al merito per il rumore e le vibrazioni con il termine “anomalia”: il legislatore richiede che si proceda ad un riesame completo del processo di valutazione in quei casi in cui il medico competente abbia constatato nel lavoratore alterazioni anche precoci della salute correlabili all'esposizione ad agenti fisici nei luoghi di lavoro.

**1.13 – Quali sono gli obblighi formali delle aziende che occupano sino a 10 occupati dal punto di vista del documento di valutazione del rischio ?**

Così come previsto all'art. 29 comma 5 del DLgs.81/08, soltanto sino alla scadenza del diciottesimo mese successivo all'entrata in vigore del decreto interministeriale di cui all'art. 6 comma 8 lettera f) e comunque non oltre il 30/06/2012 e ad esclusione delle attività lavorative indicate alle lettere a), b), c), d) e g) nell'art. 31 comma 6, i datori di lavoro che occupano fino a dieci lavoratori potranno continuare ad autocertificare l'effettuazione della valutazione dei rischi in attesa delle procedure standardizzate previste dal decreto interministeriale di cui sopra.

Resta il fatto che il datore di lavoro deve comunque effettuare o far effettuare la valutazione dei rischi da esposizione ad agenti fisici a cura di personale qualificato che, a partire dall'identificazione delle sorgenti e degli esposti identificati in quale classe di rischio i lavoratori sono stati collocati e quali misure preventive e protettive sono state adottate e previste.

L'indicazione operativa suggerita per le aziende è quella di richiedere sempre una Relazione tecnica a firma del personale qualificato (sia che la valutazione preveda misurazioni, sia che non le preveda).

**1.14 – L'armatore di una nave deve valutare i rischi derivanti dall'esposizione ad agenti fisici?**

Sì. Anche se il DLgs.81/2008 attualmente non si applica per tutti gli aspetti al personale a bordo delle navi, in base all'art 6 comma 1) del DLgs.271/1999 l'armatore, in relazione alle caratteristiche tecnico-operative dell'unità, deve valutare i rischi per la sicurezza e per la salute dei lavoratori marittimi, compresi quindi i rischi derivanti dagli agenti fisici.

**1.15 – Quali sono gli obblighi per i soggetti che rientrano nell'ambito di applicazione dell'art.21, DLgs.81/2008?**

L'art. 21 del DLgs.81/2008 così come integrato e corretto dal DLgs.106/2009 riguarda i componenti dell'impresa familiare di cui all'articolo 230-bis del codice civile, i lavoratori autonomi che compiono opere o servizi ai sensi dell'articolo 2222 del codice civile, i coltivatori diretti del fondo, i soci delle società semplici operanti nel settore agricolo, gli artigiani e i piccoli commercianti.

Si osservi che l'art.21 non si applica nel caso di imprese che occupano anche solo familiari, ma che non ricadono nell'ambito dell'art.230-bis cc, così come non si applica ai lavoratori dipendenti o equiparati presenti a qualunque titolo nelle imprese agricole, industriali o commerciali.

Per le imprese ed i soggetti indicati all'art.21 gli unici obblighi previsti riguardano:

- 1) l'utilizzo di attrezzature di lavoro sicure come da Titolo III del DLgs.81/2008;
- 2) disporre e utilizzare DPI adeguati (e quindi anche i DPI uditivi nel caso di lavori rumorosi);
- 3) munirsi di tessera di riconoscimento da utilizzarsi in occasione di lavori in appalto o subappalto.

A stretti termini di legge le imprese ed i soggetti indicati in tale articolo non sono quindi tenuti ad effettuare la valutazione di alcun rischio né ad effettuare la sorveglianza sanitaria e la formazione/informazione che potranno invece essere richiesti sulla base di accordi privati (anche se promossi da obblighi legislativi), ad es. dai committenti.



## **2. SUL CAPO II DEL TITOLO VIII DEL DLGS.81/2008 – RUMORE**

### **2.01 – Cosa caratterizza il personale qualificato che deve garantire la valutazione e la misurazione ?**

Il personale qualificato risulta tale se in grado di effettuare la stima del rischio sulla base dei requisiti previsti dall'art.190 e di redigere una relazione tecnica completa ed esaustiva secondo i requisiti imposti dal DLgs.81/2008.

I requisiti di carattere generale che si intende debba possedere il “personale qualificato” sono quelli definiti al **Punto 1.05**.

Nello specifico per quanto riguarda il rischio da esposizione a rumore si suggerisce di giudicare il personale qualificato in termini di competenza nell'applicare le norme di buona prassi, conoscenza delle tecniche e metodi di misura, conoscenza e capacità di utilizzo della strumentazione adeguata secondo i requisiti previsti dall'art. 190, comma 3 e dalle norme tecniche di riferimento quali UNI 9432:2008.

Maggiori dettagli sui requisiti di questa figura professionale e sulle attenzioni che deve avere il datore di lavoro nella sua individuazione sono indicati sulla Scheda di approfondimento n.7 del secondo Livello del Manuale di Buona Pratica sul rumore redatto dal Coordinamento Tecnico delle Regioni e da ISPESL ed approvato il 16/12/2004 dalla Conferenza dei Presidenti delle Regioni.

### **2.02 – Cosa devono fare le aziende che non hanno esposti al di sopra del valore inferiore d'azione ?**

Il Titolo VIII del DLgs. 81/2008 prevede che tutte le aziende debbano effettuare la valutazione del rumore (art.190, comma 1) e che per tutte le aziende esista un dovere di ridurre al minimo il rischio (art.190, comma 5 che richiama l'art. 192, comma 1).

Circa la valutazione, qualora possa fondatamente ritenersi (tenendo conto del livello, tipo e durata dell'esposizione, ivi inclusa ogni esposizione a rumore impulsivo) che i valori inferiori di azione non possono essere superati, la valutazione può basarsi su una Relazione tecnica a firma di personale qualificato che, senza necessariamente ricorrere a misurazioni acustiche, attesti i criteri di giudizio adottati per escludere il superamento dei valori inferiori d'azione (es.: manifesta assenza di sorgenti rumorose significative, misurazioni anche estemporanee, confronto con situazioni analoghe, dati di letteratura, dati dei costruttori riferiti a condizioni paragonabili a quelle presenti sul campo ...). Nella valutazione deve essere riportata l'eventuale presenza di sostanze ototossiche, vibrazioni meccaniche, lavoratori particolarmente sensibili (con specifico riferimento a lavoratrici in stato di gravidanza e lavoratori minori), segnali di avvertimento acustico, e le misure prese per eliminare o ridurre al minimo i rischi per la salute e la sicurezza dovuti all'azione sinergica di tali fattori con il rumore presente in azienda. Infine, la valutazione deve riportare le misure adottate per garantire nel tempo il miglioramento dei livelli di salute e sicurezza.

Nell'Allegato 1 delle Linee Guida per la Valutazione del rischio (rumore e vibrazioni) prodotte da ISPESL e dal Coordinamento Tecnico delle Regioni è fornito un elenco indicativo di attività e mansioni con  $L_{EX}$  normalmente minore di 80 dB(A).

**2.03 – Cosa significa per il personale qualificato che fa la valutazione del rischio il “tener conto.....dei lavoratori particolarmente sensibili al rumore”?**

I lavoratori particolarmente sensibili al rischio di esposizione a rumore, citati all'art.190, comma 1, lettera c), del DLgs.81/08 come soggetti di cui tener conto ai fini della valutazione specifica sono rappresentati:

- 1) dagli esempi esplicitati dal legislatore quali i minori (L.977/67 e s.m.) e le lavoratrici in gravidanza (DLgs.151/01);
- 2) da quei lavoratori che risultano essere ipersensibili al rischio in ragione, ad esempio, di patologie, di terapie o di ipersuscettibilità individuale.

Il personale qualificato che effettua la valutazione indicherà l'esigenza delle particolari tutele previste dalle normative o dalla letteratura rispetto ai gruppi di lavoratori particolarmente sensibili.

Sarà invece compito del medico competente, attraverso l'espressione del giudizio di idoneità alla mansione specifica, indicare le particolari e specifiche misure di tutela per i singoli lavoratori risultati a visita medica ipersensibili al rischio.

**2.04 – Cosa significa per il personale qualificato che fa la valutazione del rischio che il datore di lavoro deve tener conto “... dell'interazione fra rumore e sostanze ototossiche ... e vibrazioni”?**

L'art.190, comma 1, lettera d) esplicita che la valutazione del rischio rumore comprende e comporta la raccolta tanto di un insieme di informazioni acustiche quanto di informazioni sulle condizioni più generali della condizione espositiva del lavoratore.

Poiché al consulente può anche solo essere richiesta la valutazione del rischio rumore (e non già del rischio chimico e/o delle vibrazioni) si reputa che il valutatore debba, sentito il R-SPP, indicare (con un dato solo qualitativo) le mansioni per le quali è presente una concomitante esposizione a sostanze ototossiche (indicando il nome della sostanza) e/o a vibrazioni (precisando se HAV o WBV).

Nell'informazione finale sui livelli di rischio, a fianco dei dati acustici andrà così indicata anche la presenza di ototossici e/o vibrazioni (vedi esempio di **Figura 4.1**) di modo che il datore di lavoro possa porre ancor maggiore attenzione alla bonifica di questi rischi per la salute e il medico competente possa avere le dovute attenzioni o illustrare individualmente le indicazioni particolari per questi esposti.

**2.05 – Cosa significa per il personale qualificato che fa la valutazione del rischio che il datore di lavoro deve tener conto di “... tutti gli effetti indiretti sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori risultanti da interazioni fra rumore e segnali di avvertimento”?**

L'art. 190, comma 1, esplicita che la valutazione del rischio rumore è un concetto più ampio della sola misurazione dell'agente di rischio, comprendendo la raccolta di informazioni sulle condizioni più generali della condizione espositiva del lavoratore e caratterizzando l'eventuale compresenza di fattori di rischio non acustici che possono aumentare i rischi per la salute e la sicurezza.

In particolare, per adempiere a quanto indicato alla lettera e) di tale comma, il personale qualificato dovrà valutare e se necessario misurare le caratteristiche

**Figura 4.1:** schema di quadro finale sinottico delle informazioni acustiche e non, rilevanti ai fini della valutazione del rischio rumore

Cognome e Nome	Mansione	Parametro di riferimento	$L_{EX}$ in dB(A)	$L_{picco,C}$ in dB(C)	Esposizione a vibrazioni	Esposizione a ototossici	Rumori impulsivi
C4 N4	<i>Sbavatore</i>	$L_{EX,8h}$	95,5	132	HAV	no	no
C5 N5	<i>Sbavatore</i>	$L_{EX,8h}$	95,5	132	HAV	no	no
C8 N8	<i>Magazziniere-Raddrizz.tubi</i>	$L_{picco,C}$	83,8	138	no	no	no
C6 N6	<i>Fresatore</i>	$L_{EX,w}$	86,3	108	HAV	no	no
C1 N1	<i>Addetti Presse e Cesioie</i>	$L_{EX,8h}$	81,0	125	WBV	no	si
C2 N2	<i>Addetti Presse e Cesioie</i>	$L_{EX,8h}$	81,0	125	WBV	no	si
C3 N3	<i>Addetti Presse e Cesioie</i>	$L_{EX,8h}$	81,0	125	WBV	no	si
C7 N7	<i>Carrellista – Lavaggio pezzi</i>	$L_{EX,w}$	81,8	112	WBV	Tricloro-etilene	si

acustiche (livello, spettro, incremento dal rumore di fondo ...) dei segnali di avvertimento (ad es. la sirena dell'antincendio) o altri suoni utilizzati al fine di ridurre gli infortuni (ad es. l'avvisatore acustico di retromarcia dei veicoli industriali) presenti nei luoghi di lavoro, qualora ad avviso del R-SPP o per sua esperienza, questi segnali possano risultare mascherati dal rumore presente in azienda. Infatti, per evitare il rischio di infortuni dovuti a tale effetto di mascheramento, i segnali di avvertimento devono sempre essere, indipendentemente dal clima acustico presente nei luoghi di lavoro, chiaramente udibili, discriminabili e inequivocabili.

Le regole di base per i segnali acustici sono indicate nel Titolo V del DLgs. 81/2008, mentre le norme di riferimento sono la UNI EN 981:1998 e la UNI EN ISO 7731:2006.

#### **2.06 – Cosa significa per il medico competente fornire “informazioni raccolte dalla sorveglianza sanitaria, comprese.....quelle reperibili nella letteratura scientifica?”**

Il medico competente deve comunicare al datore di lavoro tutte le informazioni necessarie alla valutazione del rischio ed alla attuazione delle misure per tutelare la salute e la integrità psicofisica dei lavoratori.

Tali informazioni comprendono sia le comunicazioni relative ad eventuali alterazioni apprezzabili dello stato di salute del singolo lavoratore che quelle relative ai risultati anonimi collettivi, quest'ultimi comunicati per iscritto in occasione delle riunioni periodiche.

Ciò a conferma che i risultati della sorveglianza sanitaria sono elementi fondamentali da acquisire per la valutazione del rischio e tali che, qualora documentassero alterazioni dello stato di salute di un lavoratore attribuibili, a qualunque titolo, all'esposizione al rischio rumore, impegnerebbero il datore di lavoro a rivedere la valutazione e le misure di prevenzione e protezione.

I risultati delle visite mediche comprensivi, nel caso di esposizione a rumore, degli esami audiometrici e di eventuali altri accertamenti sanitari complementari, nonché le informazioni in merito reperibili nella letteratura scientificamente validata permettono al medico competente di contribuire alla gestione aziendale del rischio confermandone o mettendone “dinamicamente” in discussione la sua efficacia.

#### **2.07 – Quali sono oggi i metodi e le strumentazioni per fare una misurazione corretta del rumore ? A quale indicazioni tecniche riferirsi ?**

Nel quadro legislativo attuale il primo riferimento deve essere ai contenuti dei commi 3 e 4 dell'art. 190. Fatto salvo il rispetto delle indicazioni ivi contenute, i metodi e le strumentazioni da utilizzarsi sono quelli indicati nella norma UNI 9432:2008 – Determinazione del livello di esposizione personale al rumore nell'ambiente di lavoro.

#### **2.08 – Cosa significa “incertezza delle misure”?**

Si definisce incertezza lo scarto tipo di cui è affetta la misura dell'osservabile. L'incertezza di una misura di rumore deve essere valutata sulla base di metodologie statistiche conformi alle norme di buona tecnica. Il comma 2 dell'art. 190 stabilisce che “se a seguito della valutazione del rischio può fondatamente ritenersi che i valori

inferiori di azione di cui all'art. 189 sono superati, il datore di lavoro misura i livelli di rumore cui i lavoratori sono esposti...". Il successivo comma 4 stabilisce inoltre che "nell'applicare quanto previsto nel presente articolo, il datore di lavoro tiene conto dell'incertezza delle misure determinate secondo la prassi metrologica".

È evidente che, dato che i valori limite di esposizione e i valori d'azione sono indicati nella legge in termini di livello di esposizione giornaliera  $L_{EX}$  e di  $L_{picco,C}$ , ciò di cui dovrà in realtà tener conto il datore di lavoro nella valutazione del rischio sono le incertezze su queste quantità. Tali incertezze devono essere calcolate con opportuni metodi a partire dalle incertezze associate alle misure dei livelli sonori equivalenti e di picco. Una volta calcolate tali incertezze, andranno valutate al fine di stabilire l'eventuale superamento dei valori limite e dei valori di azione cui è legata l'adozione delle misure di tutela e sicurezza stabilite dal Capo II.

Il metodo più semplice per tener conto dell'incertezza di misura (calcolata con intervallo di confidenza del 95%) è quello di sommarla al valor medio e di assumere le azioni di prevenzione e protezione sul valore così ottenuto.

La nuova norma UNI 9432:2008 all'allegato C indica dei metodi per calcolare le incertezze sui livelli di esposizione  $L_{EX}$  e sui livelli di picco  $L_{picco,C}$ .

## **2.09 – In quali occasioni occorre tener conto del prolungamento del periodo di esposizione al rumore oltre l'orario di lavoro normale, in locali di cui è responsabile il datore di lavoro?**

Dal momento che i livelli di esposizione a rumore indicati nel Titolo VIII Capo II fanno riferimento alla giornata lavorativa nominale di otto ore, ai fini di valutare il rispetto dei valori limite e di azione, il datore di lavoro dovrà tener conto anche degli ulteriori tempi di esposizione al rumore dovuti a lavoro straordinario e a permanenza in orari extralavorativi in locali di cui il datore di lavoro è responsabile (vedi Punto 2.24).

## **2.10 – Alla luce delle indicazioni del DLgs.81/2008, Capo II, come deve essere strutturata e che cosa deve riportare la Relazione Tecnica ?**

Premesso che le modalità di presentazione dei risultati della valutazione del rumore da parte del personale qualificato sono libere, si forniscono le seguenti indicazioni che evidenziano come in larga parte la valutazione del rischio resta simile a quanto precedentemente effettuato ai sensi del DLgs.277/91 prima e del Titolo V-bis del DLgs.626/94 poi.

Nel caso di valutazione con misurazioni la Relazione tecnica dovrà comunque indicare:

- Premessa (ditta, date, personale qualificato, eventuale strumentazione ...)
- Layout (piantina e nomenclatura: produzione, macchine, mansioni ...)
- Valutazione della presenza delle condizioni di rischio indicate all'art.190, comma 1 (rumori impulsivi, ototossici, vibrazioni, ...)
- Risultati misurazioni rumore ( $L_{Aeq}$ ,  $L_{Ceq}$ ,  $L_{picco,C}$ )
- Calcolo dei  $L_{EX}$  (giornalieri/settimanali)
- Valutazione dell'efficienza e dell'efficacia dei DPI-u (...per  $L_{EX} > 80$  dB(A) e/o  $L_{picco,C} > 135$  dB(C))

- Indicazioni per la riduzione del rischio (... per LEX > 85 dB(A) / Lpicco,C > 137 dB(C); vedi punto 2.22)
- Valutazione del rispetto dei VLE (...per LEX > 87 dB(A) / Lpicco,C > 140 dB(C))
- Conclusioni (quadro sinottico del rischio con i dati acustici –LEX e LCpicco-degli esposti ad oltre 80 dB(A) o 135 dB(C), con indicate le condizioni di rischio indicate all'art.190, comma 1 (rumori impulsivi, ototossici, vibrazioni, ...), aree con LAeq > 85 dB(A) e/o Lpicco,C > 137 dB(C), indicazioni per la riduzione del rischio)

Nel caso di valutazione senza misurazioni la Relazione Tecnica dovrà comunque indicare:

- Premessa (ditta, date, personale qualificato, strumentazione ...)
- Layout (piantina e nomenclatura: produzione, macchine, esposti ...)
- Valutazione della presenza delle condizioni di rischio indicate all'art.190, comma 1 (rumori impulsivi, ototossici, vibrazioni, ...)
- Indicazione delle motivazioni che escludono il superamento dei valori di azione inferiori
- Conclusioni con eventuali indicazioni specifiche per la riduzione del rischio.

### **2.11 – Quando reputare significative le oscillazione del L<sub>EX</sub> giornaliero che richiedono il passaggio al dato settimanale ?**

Ai fini dell'applicazione del Capo II del Titolo VIII del DLgs.81/2008 si fornisce l'indicazione di reputare significativa una variabilità che classifica il lavoratore in una fascia di rischio diversa a seconda che la stima venga fatta sul livello giornaliero o su quello settimanale.

Su questo punto si è espressa anche la norma UNI 9432:2008 sostenendo che la decisione è a discrezione del valutatore che, in base alla ricognizione sull'ambiente di lavoro, può operare:

- 1) selezionando la giornata lavorativa a massimo rischio ricorrente (metodo più rapido, più cautelativo, meno oneroso, meno preciso);
- 2) facendo la valutazione su tutta la settimana (metodo meno rapido, meno cautelativo, più oneroso, più preciso).

Si ricorda che la stima sul livello settimanale in sostituzione del livello giornaliero può essere effettuata verificando, mediante idoneo controllo, il rispetto del valore limite di esposizione e adottando adeguate misure (da indicare nella Relazione Tecnica) per ridurre al minimo i rischi associati a tali attività in accordo con quanto previsto dall'articolo 189, comma 2.

### **2.12 – Come presentare il dato di esposizioni molto variabili su tempi lunghi (oltre la settimana)? Ovvero cosa significa per il personale qualificato che fa la valutazione del rischio il considerare “il livello settimanale massimo ricorrente” ?**

Occorre innanzitutto ribadire che il DLgs.81/2008, come già i precedenti Titolo V-bis del DLgs.626/94 e DLgs.277/91, fa esplicito riferimento alla settimana come intervallo di tempo massimo sul quale valutare l'esposizione.

Si evidenzia che il valore di  $L_{EX}$  da indicare in relazione sarà quello della settimana ricorrente a massimo rischio quando la variabilità del fenomeno acustico è ampia e trascende il limite settimanale, come già indicato nelle Linee Guida per la Valutazione del rischio prodotte da ISPESL e dal Coordinamento Tecnico delle Regioni (punto 3.2.3).

Da un punto di vista statistico riferirsi alla settimana ricorrente a massimo rischio può essere visto come l'indicare quel livello di esposizione che tutela il lavoratore nel 95% delle situazioni lavorative ipotizzabili. In termini ancor più diretti tale condizione può essere identificata nella seconda settimana peggiore dal punto di vista dell'esposizione a rumore che è intervenuta nell'anno precedente e che è ragionevole attendersi negli anni successivi.

Il valore di  $L_{EX}$  così determinato sarà quello sul quale il datore di lavoro attiverà i protocolli di prevenzione previsti dal Capo II del Titolo VIII, DLgs.81/2008.

### 2.13 – Come misurare il rumore impulsivo e come tenerne conto ?

La misurazione dell'esposizione a rumore impulsivo avviene sulla base di due percorsi:

- 1) nella determinazione del  $L_{picco,C}$ , per la quale si utilizza l'impulso di massima ampiezza fra tutti quelli prevedibili. Il livello  $L_{picco,C}$  così misurato deve essere confrontato con i valori di azione (135, 137 dB(C)), e con il valore limite (140 dB(C)) previsti dall'art. 189 del DLgs.81/2008;
- 2) nella determinazione del carattere impulsivo dei segnali ai quali viene esposto il soggetto. A questo proposito, qualora il personale qualificato ipotizzi una possibile presenza di rumore impulsivo, una verifica oggettiva può essere effettuata attraverso il metodo inserito nella norma UNI 9432:2008 al punto 3.11, per cui un segnale può essere considerato impulsivo quando esso soddisfa il criterio:

$$\Delta K_I = L_{Aeq,I,T} - L_{Aeq,T} \geq 3 \text{ dB(A)}$$

dove  $L_{Aeq,I,T}$  rappresenta il livello equivalente ponderato A rilevato con la costante di tempo Impulse, mentre  $L_{Aeq,T}$  rappresenta il normale livello equivalente ponderato A.

La presenza di rumore impulsivo all'interno dell'esposizione, pur non potendosi tradurre al momento attuale in una penalizzazione in termini quantitativi, rappresenta per il soggetto esposto una possibile causa di amplificazione della perdita uditiva a lungo termine, e come tale va segnalata particolarmente al medico competente.

### 2.14 – Con quali modalità operative si valuta l'efficacia dei DPI uditivi che il DLgs.81/2008 esplicitamente richiede all'art.193, comma 1, lettera d) ?

Poiché i DPI-u devono essere messi a disposizione al superamento dei valori inferiori di azione (VIA: 80 dB(A) per  $L_{EX,8h}$  e/o 135 dB(C) per  $L_{picco,C}$ ), la valutazione di efficacia deve essere condotta al superamento di tali valori.

Definita "efficienza" la capacità potenziale di un DPI-uditivo di proteggere la funzionalità uditiva di un lavoratore ed "efficacia" la reale protezione della funzione uditiva ottenuta dal DPI-uditivo, si rileva che l'art.193, comma 2, definisce i valori obiettivo della valutazione di efficienza dei DPI-uditivi precisando che sono

considerati adeguati se, correttamente usati, rispettano le prestazioni richieste dalle normative tecniche. Dal punto di vista metodologico i riferimenti sono la UNI-EN 458:2005 e la UNI 9432:2008 che mettono a disposizione dei criteri per la valutazione dell'efficienza e dell'efficacia.

Per il rispetto di questa richiesta legislativa si fornisce l'indicazione di procedere ad una valutazione preventiva d'efficienza affiancata da valutazioni d'efficacia con queste attenzioni:

- 1) per la valutazione d'efficienza si può ovviamente seguire il criterio proposto dalla UNI 9432:2008 (verificando di non superare gli 80 dB(A) di  $L_{Aeq}$ ), ma è spesso normalmente sufficiente verificare che per i livelli delle lavorazioni più a rischio, utilizzando anche solo il metodo SNR ( $L'_{Aeq} = L_{Ceq} - SNR$ ), non si superi il valore inferiore di azione. Solo qualora questo primo approccio non indichi il rispetto del VIA si provvederà a verificare che il valore di  $L'_{EX}$  (determinato dai diversi  $L'_{Aeq}$  e dei relativi tempi d'esposizione) non superi il VIA. Il superamento del VIA tenuto conto dell'effetto dei DPI-u indica che quei DPI-u non sono adeguati e vanno sostituiti. Nel percorso prima delineato si suggerisce di tener conto della iper-protezione ( $L'_{Aeq} < 65$  dB(A)) solo su specifica segnalazione del lavoratore accertandosi che sia stato adeguatamente formato al riguardo, indicandogli in particolare in quali situazioni utilizzare i DPI-u e quando no;
- 2) per la valutazione d'efficacia occorre verificare:
  - che sia presente un sistema di controllo dell'uso e manutenzione dei DPI-u che garantisca quanto meno che il personale indossi correttamente i DPI-u, il loro uso regolare nelle situazioni di rischio, la corretta custodia e manutenzione;
  - che non si siano determinati peggioramenti apprezzabili nella funzionalità uditiva dei lavoratori utilizzando la relazione sanitaria anonima e collettiva redatta dal medico competente. Qualora emergessero peggioramenti uditivi apprezzabili occorrerà verificarne il nesso con le condizioni espositive affrontando il problema con il medico competente stesso.

### **2.15 – Nel caso di esposizioni a livelli di rischio molto variabili è necessario adottare più di un DPI-uditivo ?**

L'art. 193 norma l'uso dei dispositivi di protezione individuale nel caso di superamento dei valori inferiori e superiori di azione. Si ricorda che il DPI-uditivo deve da un lato proteggere il lavoratore dal rischio rumore e dall'altro evitare problemi di iperprotezione e che tale valutazione si effettua sui  $L_{Aeq}$  delle diverse lavorazioni (e non sul  $L_{EX}$ ).

Nel caso di esposizioni a livelli di rischio ( $L_{Aeq}$ ) molto differenziati può presentarsi la situazione nella quale i livelli di attenuazione richiesti potrebbero non essere garantiti da un solo DPI.

In linea generale occorre cercare di evitare l'uso di due o più protettori per non indurre difficoltà nei comportamenti del lavoratore e ciò può essere ottenuto privilegiando la protezione dai livelli di rumorosità più elevati dopo aver verificato l'assenza di danni o disturbi alla salute pregiudizievoli di tale scelta e che il lavoratore "accetti" l'iperprotezione. Si ritiene che il metodo di valutazione più idoneo e realistico per verificare ricadute negative dell'iperprotezione sia la verifica



diretta sul luogo di lavoro dei comportamenti del lavoratore a fronte delle segnalazione di pericolo alle quale egli deve poter reagire.

L'uso di più tipologie di DPI-uditivi in diverse condizioni di rischio deve quindi essere limitato a quelle situazioni estremamente particolari che più frequentemente si hanno quando nell'esposizione del lavoratore confluiscono livelli di rumore estremamente elevati  $-L_{Aeq}$  di 100 o più dB(A)- e livelli di poco superiori agli 80 dB(A) -al di sotto di questi valori l'uso dei DPI è da evitare-.

Per ulteriori dettagli si rimanda al punto precedente.

### **2.16 – Con quali modalità operative si valuta il rispetto dei valori limite d'esposizione (VLE: 87 dB(A) e 140 dB(C)) tenuto conto dell'attenuazione prodotta dai DPI uditivi ?**

La legislazione vigente stabilisce che, quando i livelli di esposizione misurati sul campo eccedono i valori limite di esposizione [ $L_{EX,8h} = 87$  dB(A) e/o  $L_{picco,C} = 140$  dB(C)], è necessario valutare se l'adozione dei DPI-uditivi garantisca che non siano superati tali valori limite di esposizione.

Nel caso in cui è garantita l'efficienza dei DPI-uditivi (vedi punto 2.14), i valori limite di esposizione sono sempre rispettati.

In casi particolari nei quali tale criterio non possa essere rispettato, si deve effettuare il calcolo di un parametro fittizio che, tenendo conto dell'attenuazione dei DPI-uditivi, possa essere confrontato con i valori limite di esposizione.

Tale calcolo può essere effettuato (come da UNI 9432:2008) mediante l'equazione:

$$L'_{EX} = 10 \times \log \frac{1}{T_0} \left( \sum_{i=1}^M 10^{0.1(L_{Aeq})_i} \times t_i + \sum_{j=1}^N 10^{0.1(L'_{Aeq})_j} \times t_j \right)$$

dove:

$L'_{EX}$  è il livello fittizio di esposizione giornaliera da confrontare con il valore limite di esposizione;

$T_0$  è la durata di riferimento convenzionale della giornata lavorativa pari ad 8 h o 480';

$(L_{Aeq})_i$  è il livello sonoro continuo equivalente ponderato A misurato nel periodo i-esimo nei quali non sono utilizzati DPI-uditivi;

$t_i$  è la durata del periodo i-esimo nel quale non viene utilizzato alcun dispositivo di protezione auricolare;

$(L'_{Aeq})_j$  è il livello sonoro continuo equivalente ponderato A relativo al periodo j-esimo, ottenuto tenendo conto dell'efficienza del dispositivo di protezione auricolare;

$t_j$  è la durata del periodo j-esimo nel quale viene utilizzato un dispositivo di protezione auricolare.

Nell'ipotetico caso in cui il parametro  $L'_{EX}$  risultasse superiore agli 87 dB(A) occorrerebbe immediatamente prevedere una serie di iniziative volte alla rimozione delle cause che determinano tale situazione, ricordando comunque che per il settore della navigazione aerea e marittima, l'obbligo del rispetto dei valori limite di esposizione al rumore entra in vigore il 15 febbraio 2011.

### **2.17 – Per decidere la classificazione dei lavoratori nelle diverse classi di rischio è necessario che vi sia il superamento o della sola pressione**

**acustica di picco ovvero del solo livello di esposizione giornaliera/settimanale al rumore oppure è invece necessario che siano superati entrambi ?**

L'assegnazione della classe di rischio per ogni lavoratore avviene sulla base del descrittore di rischio ( $L_{EX,8h}$  o  $L_{picco,C}$ ) che lo colloca nella classe più elevata.

Ricordiamo che le classi di rischio, in ordine crescente, sono:

- 1) al di sotto dei valori di azione inferiori di azione;
- 2) tra i valori inferiori ed i valori superiori di azione;
- 3) maggiore dei valori superiori di azione.

L'interpretazione prima esposta oltre a confermare la consolidata prassi derivante dal DLgs.277/91, è confortata anche dalla lettura dell'art.3, comma 1, della Direttiva 2003/10/CE che (in modo più preciso che nel recepimento italiano) indica come i valori limite e di esposizione che fanno scattare l'azione sono posti in relazione disgiuntamente con il livello di esposizione giornaliera al rumore e alla pressione acustica di picco.

**2.18 – Si tiene conto dell'efficacia dei DPI-u per decidere le misure di prevenzione ?**

No. Il comma 2 dell'art. 193 precisa che si tiene conto dell'attenuazione dei DPI-u solo ai fini di valutare l'efficienza degli stessi e il rispetto del valore limite di esposizione, nonché per attivare azioni immediate per il contenimento dell'esposizione in caso di superamento. Tutte le altre misure di prevenzione (misure tecniche e organizzative, formazione e informazione, disponibilità e uso dei DPI-u, controllo sanitario ...) si decidono sulla base del valore di esposizione (quello, unico, non corretto con l'attenuazione dei DPI-u).

È quindi necessario che sulla relazione tecnica siano riportati i valori di esposizione (quelli, unici, non corretti con l'attenuazione dei DPI-u) sulla base dei quali si assumono le più importanti misure di prevenzione e il calcolo per la verifica di efficienza dei DPI uditivi (vedi punto 2.14). Solo in caso di valori di  $L_{EX}$  e  $L_{picco,C}$  superiori a 87 dB(A) / 140 dB(C) è richiesto di verificare il rispetto dei valori limite (vedi punto 2.16).

**2.19 – Le aziende hanno obblighi di riduzione del rischio al di sotto dei valori superiori di azione (85 dB(A) / 137 dB(C))? La loro omissione può essere oggetto di sanzioni ?**

Mentre nel caso di  $L_{EX,8h}$  superiori a 85 dB(A) e/o  $L_{picco,C}$  superiori a 137 dB(C), il comma 2 dell'art 192 del DLgs. 81/2008 (penalmente sanzionato) esplicita l'obbligo a programmare ed attuare le misure tecniche e organizzative tecnicamente disponibili, per livelli di rischio inferiori a tali valori vale comunque il principio che il rischio da esposizione a rumore vada ridotto al minimo, come affermato dallo stesso articolo al comma 1.

Richiamato che il rispetto della riduzione del rischio al minimo è certamente un obbligo cui il datore di lavoro deve sempre attenersi per evitare l'insorgere di malattie professionali, restano da verificare le possibilità di intervento dell'Organo di vigilanza che, come noto, può emettere prescrizioni in presenza di precetti soggetti a sanzioni penali.

Per richiedere misure di prevenzione a livelli di rischio inferiori ai valori superiori di azione si ritiene possano essere effettuate prescrizioni ai sensi dell'art. 190, comma 5 del DLgs. 81/2008 in combinato a quanto disposto dall'art.192, comma 1 (ossia qualora la valutazione dei rischi non abbia identificato misure di prevenzione tecnicamente disponibili).

## **2.20 – Come si effettua la valutazione del rischio nei cantieri temporanei o mobili ?**

Premesso che tutte le aziende, comprese quelle che operano nei cantieri temporanei e mobili, devono disporre ai sensi dell'art.190 di una propria valutazione del rumore con propri rilievi e propri tempi di esposizione, si forniscono le seguenti indicazioni:

### **1) Piano di Sicurezza e Cordinamento (PSC)**

Il Coordinatore per la Sicurezza in fase di Progettazione nella redazione del PSC predispone una relazione concernente l'individuazione, l'analisi e la valutazione preventiva del rischio rumore, in modo da utilizzare modalità tecniche e organizzative che limitino il più possibile i livelli di rumorosità ed il numero di lavoratori esposti.

Ai fini della redazione del PSC l'emissione sonora di attrezzature di lavoro, macchine ed impianti potrà essere stimata facendo riferimento (ex art.190, comma 5-bis, DLgs.81/2008) ai livelli di rumore standard individuati da studi e misurazioni la cui validità è riconosciuta dalla Commissione consultiva permanente (ex art.6, DLgs.81/2008). In attesa dei pronunciamenti di tale Commissione consultiva permanente si può far riferimento ai livelli di rumore individuati dagli studi del CTP di Padova e del CPT di Torino.

Il Coordinatore alla Sicurezza in fase di Progettazione all'atto dell'elaborazione del PSC dovrà prendere in considerazione il problema relativo all'esposizione al rumore soprattutto in relazione :

- alla presenza di attività lavorative eseguite con attrezzature che potrebbero dar luogo ad esposizioni apprezzabili, indicando le misure concrete (sfasamenti temporali delle attività, distanze di lavoro ...) per eliminare o minimizzare le interferenze;
- alla presenza nella vicinanza di sorgenti sonore di qualunque tipologia che potrebbero dar luogo ad esposizioni apprezzabili, indicando le misure concrete (sfasamenti temporali delle attività, distanze di lavoro, ma anche informazione sui momenti nei quali si verificano le interferenze, esigenze di impiego dei DPI-uditivi, di formazione/informazione, di controllo sanitario...) per eliminare o minimizzare le interferenze;
- al rispetto degli standard di emissione sonora delle attrezzature di lavoro e/o di valori limite di emissione sonora del cantiere.

Si consiglia inoltre di prevedere che il PSC richieda alle ditte in cantiere la segnalazione preliminare dell'intenzione di utilizzare macchine rumorose non previste nel POS al Coordinatore alla sicurezza in fase di esecuzione.

Il Coordinatore per la Sicurezza in fase di Esecuzione aggiornerà eventualmente il PSC in relazione alle attività effettivamente svolte dalle imprese appaltatrici previste nel POS e vigilerà per assicurarne il rispetto e per promuovere ed organizzare la cooperazione, il coordinamento e l'informazione

reciproca tra i datori di lavoro, compresi i lavoratori autonomi, in relazione alle possibili interferenze tra le diverse attività lavorative presenti nel cantiere.

2) Piano operativo di sicurezza (POS)

I datori di lavoro, acquisite le previsioni dei Coordinatori per la sicurezza in fase di progettazione, potranno verificare, prima dell'avvio dell'attività, se le condizioni di lavoro previste in quello specifico cantiere sono compatibili con i livelli di prevenzione e protezione adottati per i propri lavoratori, cioè potranno e dovranno verificare l'attendibilità della valutazione del rischio rumore specifica della propria azienda in quel determinato cantiere.

Inoltre, il POS conterrà quanto meno le informazioni (livelli di emissione e fasi di utilizzo) relative alle attrezzature utilizzate che potrebbero comportare il superamento del valore inferiore di azione e le fasi lavorative nelle quali verranno utilizzate.

**2.21 – Quali sono gli obblighi formali delle aziende che occupano sino a 10 occupati dal punto di vista delle documentazioni ?**

L'art.190, al comma 5 indica che la valutazione del rischio rumore è documentata in conformità all'articolo 28, comma 2 del DLgs.81/2008 e il comma 5 dell'art.29 del DLgs.81/2008 stabilisce che nelle aziende fino a 10 occupati il datore di lavoro effettua la valutazione dei rischi sulla base delle procedure standardizzate recepite con Decreto Interministeriale di cui all'art. 6, comma 8, lettera f).

Ad ogni modo i datori di lavoro, in attesa dell'entrata in vigore del sopra citato Decreto Interministeriale e comunque non oltre il 30/6/2012 possono "autocertificare" l'effettuazione della valutazione dei rischi.

Tuttavia, l'art.181 comma 2 DLgs. 81/2008 precisa che la valutazione dei rischi derivanti da esposizione ad agenti fisici è effettuata da personale qualificato nell'ambito del servizio di prevenzione e protezione in possesso di specifiche conoscenze in materia e che i dati ottenuti dalla valutazione, misurazione e calcolo dei livelli di esposizione costituiscono parte integrante del documento di valutazione.

L'azienda deve quindi disporre quanto meno di una documentazione nella quale risulti l'identificazione delle sorgenti, degli esposti e in quale classe di rischio questi ultimi sono stati collocati ai fini della adozione delle misure di prevenzione e protezione conseguenti e tutto questo per valutazione di personale qualificato.

L'indicazione operativa per le aziende è quella di richiedere sempre una Relazione tecnica a firma del personale qualificato (sia che la valutazione preveda misurazioni, sia che non le preveda) a sostegno del Documento di valutazione o dell'autocertificazione.

**2.22 – Come deve essere fatto il programma delle misure tecniche e organizzative ex art.192, comma 2, quando si superano gli 85 dB(A) / 137 dB(C) ?**

Alla luce del DLgs.106/2009, il programma delle misure tecniche ed organizzative ex art.192, comma 2, deve essere presente nel documento di valutazione di tutte le aziende che hanno esposti al di sopra dei valori superiori di azione (85 dB(A) e/o 137 dB(C)).

Si tratta del dispositivo più importante introdotto dalla Direttiva 2003/10/CE perché è indirizzato alla riduzione del rischio con le misure di carattere tecnico ed organizzativo che, come noto (vedi art. 15, lettera i, DLgs.81/2008), devono essere privilegiate rispetto a quelle di carattere individuale. È quindi anche il dispositivo da presidiare con maggiore attenzione in fase di vigilanza.

Come prima indicazione si consiglia che tale programma contenga almeno i seguenti elementi:

- 1) elenco delle attività per le quali vi è il superamento dei valori superiori di azione, descritti tanto con i livelli r.m.s. e di picco presenti che per i tempi di esposizione a tali livelli;
- 2) misure tecniche e/o organizzative che si intendono adottare;
- 3) risultati attesi a seguito delle suddette misure in termini di  $L_{EX,8h}$  e/o  $L_{picco,C}$ ;
- 4) tempi di attuazione di ogni singola misura;
- 5) funzione aziendale e/o persona incaricata dell'attuazione di ogni singola misura;
- 6) modalità di verifica dei risultati;
- 7) data e risultati della verifica.

In sede UNI è in fase elaborazione una normativa che ne indicherà più in dettaglio i contenuti.

### 2.23 – Quali le indicazioni su segnaletica e perimetrazione ?

Gli obblighi dell'art. 192, comma 3, intervengono sui luoghi di lavoro in cui potrebbe essere possibile il superamento dei valori superiori di azione per cui si applicano sulla base dei  $L_{Aeq}$  (e non dei  $L_{EX}$ ) e dei  $L_{picco,C}$  rispettivamente per livelli superiori a 85 dB(A) e/o 137 dB(C).

Si possono verificare le seguenti situazioni tipo:

- 1) il superamento dei valori di rumorosità che impongono l'obbligo alla segnaletica si verifica solo in prossimità di macchine, non interessando altre posizioni di lavoro;
- 2) il superamento dei valori di rumorosità che impongono l'obbligo alla segnaletica si verifica su aree estese, interessando altre postazioni di lavoro.

Nel caso 1) si può provvedere a segnalare, mediante l'uso della apposita cartellonistica, le sole macchine.

Nel caso 2) occorre segnalare all'ingresso dell'area, contestualmente perimetrando (ad es.: mediante il ricorso a segnaletica orizzontale, non confondibile con altra) e limitando l'accesso al solo personale strettamente necessario a scopi produttivi.

L'impossibilità di procedere alla perimetrazione ed alla limitazione d'accesso deve essere motivata sul documento di valutazione del rischio.

### 2.24 – Quali sono degli esempi di ambienti utilizzati come locali di riposo nei quali il rumore deve essere ridotto a un livello compatibile con il loro scopo e con le loro condizioni di utilizzo (art. 192, comma 4) ?

Gli esempi più frequenti si ritiene siano associabili a:

- 1) locali o punti di riposo a bordo di pescherecci, traghetti, navi, aerei, bus e camion (questi con doppio autista) che operano su tratte lunghe;
- 2) locali di riposo utilizzati in guardia medica;
- 3) punti/box/locali di riposo/ristoro presenti in azienda.

**2.25 – In attesa delle linee guida ex art.198, a quali obblighi debbono attenersi i datori di lavoro nei settori della musica, delle attività ricreative e dei call center ?**

Pur in previsione delle apposite linee guida per l'applicazione del Capo II nei settori della musica, delle attività ricreative e dei call center (da intendersi riferite a tutti gli operatori che utilizzano dispositivi di amplificazione auricolare) che dovranno essere emanate dalla Conferenza Stato – Regioni entro il 15 maggio 2010, non sono previste deroghe agli obblighi generali di tutela e sicurezza in tali settori. Di conseguenza, i datori di lavoro dovranno effettuare innanzitutto la valutazione del rischio secondo le indicazioni delle norme di buona tecnica e delle buone prassi in materia e quindi adottare le misure di prevenzione e protezione concretamente disponibili. In generale l'adempimento della valutazione del rischio non presenta particolari difficoltà, ma per quanto riguarda invece particolari lavoratori che utilizzano dispositivi uditivi rice-trasmittenti (quali ad es. le cuffie dei DJ delle discoteche o le cuffie dei centralinisti) la valutazione del rischio con misurazioni (nei casi in cui si può fondatamente ritenere il superamento dei valori inferiori di azione) andrà effettuata secondo le metodologie previste dalle apposite norme di buona tecnica. Esse, al momento, sono la UNI EN ISO 10940-1 (metodo del microfono miniaturizzato) e UNI EN ISO 10940-2 (metodo del manichino).

In sede UNI è comunque in fase elaborazione una normativa che ne indicherà più in dettaglio modalità e contenuti.

**2.26 – Quando occorre fare la valutazione del rischio ed adottare le misure di prevenzione e protezione nel caso di un nuovo insediamento produttivo o di una ristrutturazione di un luogo di lavoro ?**

La valutazione dei rischi relativa ai luoghi destinati ad ospitare posti di lavoro per l'adozione delle misure di prevenzione e protezione (art.28, comma 1, DLgs. 81/2008, ma anche art.192, comma 1 lettera c), deve essere fatta preventivamente, già a partire dalla fase di progettazione del luogo di lavoro e degli impianti (artt.22 e 64), al fine di eliminare i rischi o, ove ciò non sia possibile, ridurli al minimo in relazione alle conoscenze acquisite in base al progresso tecnico (art.15).

Agli obblighi sanzionati penalmente previsti per il datore di lavoro, di provvedere affinché i luoghi e posti di lavoro siano conformi ai requisiti dell'Allegato IV e dall'art.192, comma 1, lettera b, di scegliere attrezzature di lavoro a minor emissione di rumore, si affianca l'obbligo, anch'esso sanzionato penalmente, dei progettisti dei luoghi e posti di lavoro i quali ai sensi dell'art.22, "rispettano i principi generali di prevenzione in materia di salute e sicurezza sul lavoro al momento delle scelte progettuali e tecniche e scelgono attrezzature, componenti e dispositivi di protezione rispondenti alle disposizioni legislative e regolamentari vigenti".

Per la redazione del documento di valutazione l'azienda dispone invece di 90 giorni dall'avvio dell'attività produttiva.

**2.27 – Quali sono gli obblighi dei fabbricanti delle attrezzature di lavoro in merito alla riduzione al minimo del rischio ed alla informazione sui livelli sonori emessi ?**

Gli obblighi dei fabbricanti (che nel DLgs.81/2008 sono associati a quelli dei fornitori) sono quelli di produrre, vendere, noleggiare e concedere in uso attrezzature di lavoro che siano rispondenti alle disposizioni legislative e regolamentari vigenti in materia di salute e sicurezza sul lavoro.

In merito al rumore e in sintesi i costruttori hanno l'obbligo di rispettare i seguenti requisiti essenziali di sicurezza (RES):

- 1) la macchina deve essere progettata e costruita in modo tale che i rischi dovuti all'emissione di rumore siano ridotti al livello minimo, tenuto conto del progresso tecnico e della possibilità di mezzi atti a limitare il rumore, in particolare alla fonte (punto 1.5.8 dell'Allegato 1 alla direttiva macchine-DPR 459/96);
- 2) la macchina deve essere accompagnata da un'istruzione (nel libretto d'uso e manutenzione) che fornisca almeno le seguenti informazioni (punto 1.7.4):
  - se necessario, prescrizioni di montaggio volte a ridurre il rumore;
  - indicazioni del livello di pressione sonora prodotto dalla macchina se questo supera i 70 dB(A) oppure indicazione se tale livello è inferiore o pari a 70 dB(A);
  - indicazione del valore massimo della pressione acustica istantanea nei posti di lavoro se supera 130 dB(C);
  - indicazioni del livello di potenza acustica emesso dalla macchina se il LAeq supera gli 85 dB(A)<sup>1</sup>. Quando si tratta di una macchina di grandissime dimensioni l'indicazione del livello di potenza acustica è sostituito dall'indicazione dei livelli di pressione acustica continui equivalenti in appositi punti intorno alla macchina;
- 3) se la macchina è dotata di cabina nel posto di guida, quest'ultima deve essere progettata, costruita e/o attrezzata in modo da assicurare che il conducente sia protetto da rumore eccessivo (punto 3.2.1.). Questo RES del posto di guida si applica anche alle macchine non mobili adibite a operazioni di sollevamento (punto 4.2.1.1.).

## **2.28 – In quali realtà lavorative può essere utile ricorrere alla semplificazione proposta dall'art.191 del DLgs.81/08 ?**

In questa situazione ricadono quelle attività non contraddistinte da modalità espositive costanti né nell'arco delle giornate né in quella settimanale, tali per cui la ricerca delle situazioni ricorrenti a massimo rischio o la determinazione dei valori espositivi su base statistica si rivelerebbe oltremodo faticosa e dispendiosa a fronte di un risultato prevedibilmente elevato.

Potrebbero ad esempio ricadervi:

- 1) lavoratori operanti in cantieri temporanei o mobili con attività molto diversificate (poco specializzate) e/o con uso apprezzabile (almeno una decina di giornate/anno) di macchine rumorose;
- 2) lavoratori operanti nel settore dell'agricoltura ove si effettuino lavorazioni diversificate con ciclicità annuale e caratterizzate da periodi (almeno una

---

<sup>1</sup> La nuova "direttiva macchine" (la 2006/42/CE), in vigore dal 29/12/2009, farà scattare questo obbligo a partire da 80 dB(A)

decina di giornate/anno) ad elevata esposizione a rumore (es.: lavorazioni con macchine agricole);

- 3) lavoratori dell'industria di trasformazione agro-alimentare collegate all'agricoltura (cantine, aziende di lavorazione della verdura o della frutta...);
- 4) addetti lavorazioni del legno che prevedono l'impiego di macchine rumorose per produzioni che si svolgono di rado, ma almeno per una decina di g/anno;
- 5) addetti del comparto delle fonderie di seconda fusione con produzioni di getti "fuori serie";
- 6) lavoratori di aziende di servizio che impiegano martelli demolitori o mole da taglio per tracciatura d'impianti con frequenza modesta e variabile nel tempo.

### **2.29 – Quali sono le ricadute della nuova normativa sui DUVRI ?**

In riferimento al Capo II, il datore di lavoro committente nel redigere nei casi previsti il documento unico di valutazione dei rischi interferenti (DUVRI) di cui all'art.26, comma 3, del DLgs.81/2008, terrà conto dei rischi per i lavoratori relativamente all'esposizione a rumore e dovrà individuare le misure di prevenzione e protezione da adottarsi per ridurre al minimo i rischi derivanti dalle possibili interferenze (coordinamento delle diverse attività, limitazione della durata delle esposizioni, impiego DPI, etc...) ad esempio indicando i luoghi di lavoro dove i lavoratori potrebbero essere esposti a rumori che superano i livelli inferiori di azione e precisando le misure di prevenzione e protezione da adottarsi (momenti nei quali si verificano le interferenze, esigenze di impiego dei DPI-uditivi, di formazione/informazione, di controllo sanitario, di limitazione della durata delle esposizioni ...).

### **2.30 – Quali sono i casi in cui il comma 5-bis dell'art.190 può essere correttamente utilizzato ?**

Il comma 5-bis dell'art.190 del DLgs.81/2008 così come integrato e corretto dal DLgs.106/2009 è stato desunto dal precedente art.103 e "trasferito" nel Titolo VIII con lo scopo di poter essere utilizzato in tutte le situazioni in cui occorra disporre di una previsione dei livelli di rumore senza che questo sia più limitato al solo settore dei cantieri temporanei o mobili.

Si osservi che le banche dati di cui si tratta sono relative ai valori di emissione e che per ottenere livelli di esposizione occorre comunque considerare i tempi di esposizione dovuti alla organizzazione del lavoro della singola impresa.

Il caso più proprio di corretto utilizzo delle banche dati previste in questo comma è quello in fase di redazione del PSC in quanto non essendo note le aziende che interverranno nel cantiere non è possibile utilizzare i livelli di rumore delle specifiche valutazioni del rischio rumore. Altri utilizzi pertinenti sono per prevedere quali livelli di rumore saranno presenti nel caso di un nuovo insediamento produttivo o di una sua ristrutturazione e per escludere la necessità di effettuare misurazioni o giustificare la mancanza di una valutazione approfondita.

Sono viceversa utilizzi normalmente errati quando il ricorso alle banche dati avviene per redigere il POS (ogni azienda, anche edile, deve disporre dei dati misurati della rumorosità delle proprie attrezzature) e il DUVRI (in quanto il committente si interfaccia con aziende definite, che debbono disporre dei dati misurati della rumorosità delle proprie attrezzature).



### 3. SUL CAPO III DEL TITOLO VIII DEL DLGS.81/2008 – VIBRAZIONI

#### 3.01 – Cosa si intende per “valori limite di esposizione su periodi brevi” di cui all’art.201 del DLgs.81/2008 ?

I valori limite di esposizione su periodi brevi ( $20 \text{ m/s}^2$  per HAV e  $1,5 \text{ m/s}^2$  per WBV) sono valori che puntano a ridurre i rischi indiretti di infortunio ed sono desunti dalle prime versioni della direttiva comunitaria sulle vibrazioni (le proposte di Direttiva 93/C77/02 e 94/C230/03) che utilizzavano il termine “... in pochi minuti”.

Premesso che i valori limite su tempi brevi sono comunque valori R.M.S., in attesa di ulteriori approfondimenti di natura tecnico-normativa si ritiene che per “periodi brevi” si debba intendere un valore di  $a_w$  che corrisponda al minimo tempo di acquisizione statisticamente significativa delle grandezze in indagine.

Con la strumentazione attualmente disponibile tali tempi corrispondono ad almeno 1 minuto per HAV e almeno 3 minuti per WBV.

#### 3.02 – Cosa caratterizza il personale qualificato che deve garantire la valutazione e la misurazione ?

Il personale qualificato risulta tale se in grado di effettuare la valutazione del rischio sulla base dei requisiti previsti dall’art.202 e di redigere una relazione tecnica completa ed esaustiva secondo i requisiti imposti dal DLgs.81/2008.

I requisiti di carattere generale che si intende debba possedere il “personale qualificato” sono quelli definiti al **Punto 1.05**.

Nello specifico per quanto riguarda il rischio da esposizione a vibrazioni si suggerisce di giudicare il personale qualificato in termini di competenza nell’applicare le norme di buona prassi, conoscenza delle tecniche e metodi di misura, conoscenza e capacità di utilizzo della strumentazione adeguata secondo i requisiti previsti dall’art.202 e dalle norme tecniche di riferimento quali UNI ISO 2631-1:2008 e UNI EN ISO 5349:2004.

#### 3.03 – Cosa significa per chi fa la valutazione del rischio il “tener conto..... dei lavoratori particolarmente sensibili alle vibrazioni” ?

Si veda quanto indicato al **Punto 2.03**

#### 3.04 – Il Capo III del Titolo VIII del DLgs.81/2008 si applica anche alle lavorazioni manuali ?

Si. Dal punto di vista giuridico nulla nella legge limita il campo di applicazione del Capo III del Titolo VIII del DLgs 81/2008 su questo versante, che si applica tanto ai casi nei quali gli operatori ricevono l’energia meccanica dal pezzo in lavorazione quanto al caso in cui l’energia entra al sistema mano-braccio dall’impugnatura di utensili manuali.

Dal punto di vista della valutazione del rischio queste situazioni ammettono tuttavia approcci diversificati in relazione ai possibili effetti attesi.

Nel primo caso la valutazione si incentra in primo luogo sulla determinazione dell’A(8).

Nel secondo caso, ove invece prevale l’effetto in termini di sovraccarico biomeccanico dell’arto superiore, vuoi per la scarsa efficacia di A(8) a descrivere la

pericolosità di un fenomeno tipicamente impulsivo, vuoi per la scarsa disponibilità attuale di dati sperimentali, paiono più indicati percorsi valutativi basati sui metodi che rilevano tali effetti (come ad esempio, la check-list OCRA o la check-list OSHA).

### **3.05 – Come deve essere eseguita la valutazione del rischio vibrazioni nelle aziende che non hanno esposti al di sopra del valore d'azione ?**

La valutazione del rischio di esposizione a vibrazioni deve sempre iniziare dal primo step valutativo: identificare i pericoli.

Qualunque processo valutativo deve iniziare quindi con:

- 1) la ricognizione delle attrezzature e dei mezzi che possono comportare un rischio da vibrazioni;
- 2) la ricognizione, attraverso i libretti di manutenzione e d'uso, di indicazioni sulle vibrazioni;
- 3) la valutazione dei tempi di esposizione mediante l'osservazione dei metodi di lavoro.

L'analisi degli elementi indicati permette di fornire una prima risposta al requisito della valutazione previsto all'articolo 202 comma 5 del DLgs.81/2008 della necessità di tener conto di "livello, tipo e durata dell'esposizione": solo da risultati che dimostrano palesemente esigui i fattori considerati è possibile terminare la valutazione del rischio con il ricorso alla "giustificazione" (indicativamente si considerino valori di A(8) al di sotto di  $1 \text{ m/s}^2$  per HAV e  $0,25 \text{ m/s}^2$  per WBV).

La "giustificazione" deve riportare le evidenze dei fattori considerati e deve essere inserita nel Documento di Valutazione di cui all'articolo 28 così come previsto dal comma 3 dell'articolo 181 del DLgs.81/2008.

Qualora non sia possibile escludere la presenza di un rischio di esposizione dei lavoratori è necessario continuare il processo di valutazione del rischio secondo quanto previsto all'articolo 202.

### **3.06 – Ai fini della valutazione del rischio quando è ammissibile ricorrere ai dati misurati sul campo della banca dati vibrazioni (BDV) e come bisogna utilizzare tali dati ?**

La valutazione del rischio nel caso si tratti di vibrazioni mano – braccio richiede la conoscenza dell'accelerazione emessa da quella specifica macchina nelle condizioni operative di impiego e con i materiali abitualmente lavorati. Per l'esposizione a vibrazioni al corpo intero le variabili normalmente da considerare sono il tipo di fondo (più o meno irregolare), lo stile di guida (velocità d'utilizzo) ed il sedile.

Pertanto si dovranno utilizzare i dati rilevati sul campo della BDV, consultabile sul sito [www.ispesl.it](http://www.ispesl.it), solo se ci si trova in condizioni espositive sostanzialmente analoghe a quelle descritte (stesso utensile/macchina nelle stesse condizioni operative) e comunque solo nei termini ammessi dagli autori della BDV stessa. I valori presenti nella BDV non considerano condizioni estreme (es.: piazzali molto sconnessi) e sono riferiti ad attrezzature soggette ad un programma di manutenzione adeguato, cui si raccomanda di sottoporre le attrezzature e le macchine.

Qualora si ritrovino più valori di accelerazione misurati nelle condizioni in esame si suggerisce cautelativamente di utilizzare i valori più elevati.

Infine si sottolinea che ai fini della valutazione del rischio è necessario prendere in esame anche altri fattori, quali posture, modalità di prensione degli utensili, modalità espositive che concorrono all'incremento del rischio, di cui all'art.202 punto 5, che possono essere valutati solo tramite osservazione diretta delle condizioni di lavoro in campo.

### **3.07 – Ai fini della valutazione del rischio quando è ammissibile ricorrere ai dati dei produttori e come bisogna utilizzare tali dati ?**

L'art.202, comma 2, del DLgs.81/2008 stabilisce una sequenza gerarchica la quale prevede che la valutazione del rischio sia effettuata utilizzando i dati rilevati sul campo presenti nelle banche dati di Regioni o ISPESL o, in loro assenza, i dati dei produttori.

Se la valutazione è effettuata a partire dai dati forniti dai produttori, nel caso di HAV occorre far riferimento alle metodologie stabilite dalla "Linea Guida UNI CEN/TR 15350 *Vibrazioni meccaniche - Linee guida per la valutazione dell'esposizione al sistema mano-braccio partendo dalle informazioni disponibili, comprese quelle fornite dal fabbricante della macchina.*

Ai fini dell'applicabilità di tali linee guida è necessario che le condizioni operative di impiego del macchinario oggetto di valutazione siano contemplate dalla Linea Guida stessa e che il macchinario sia in buone condizioni di manutenzione. In caso contrario non è possibile individuare gli appropriati fattori moltiplicativi che consentono la stima del valore nelle reali condizioni di impiego del macchinario, a partire dal dato di certificazione, con un grado di incertezza accettabile.

Qualora il libretto di istruzioni ed uso fornito dal produttore riporti i coefficienti moltiplicativi che consentono di stimare i dati in campo a partire dai dati di certificazione, occorrerà usare questi ultimi e non i dati forniti nella Linea Guida UNI CEN/TR 15350. Tali dati inerenti la stima dell'esposizione in campo a partire dai dati di certificazione per le differenti condizioni di impiego previste per il macchinario dovranno obbligatoriamente essere riportati nei libretti di istruzione ed uso ai sensi della Nuova Direttiva Macchine (la 2006/42/CE) sia per l'esposizione ad HAV che WBV.

Pertanto, ai fini della valutazione del rischio:

- 1) qualora il libretto di istruzioni riporti i coefficienti moltiplicativi in relazione a differenti condizioni di impiego in campo, il valore di emissione dichiarato va moltiplicato per i fattori correttivi indicati dal costruttore, rispondenti alle effettive condizioni di impiego del macchinario;
- 2) qualora il dato certificato indichi un valore di vibrazioni e il libretto di istruzioni non riporti alcun coefficiente moltiplicativo, il dato certificato va moltiplicato per i fattori correttivi dedotti dal rapporto tecnico UNI/CEN/TR 15350:2006 e riportati nelle istruzioni in premessa della BDV. In pratica, a seconda dell'attrezzo, si dovrà moltiplicare il valore di accelerazione dichiarato dal produttore per un fattore di amplificazione che varia tra 1 e 2;
- 3) qualora il dato riportato sia la generica dicitura " $a_w < 2,5 \text{ m/s}^2$ " ed il costruttore non riporti altri dati, si suggerisce cautelativamente di utilizzare il valore  $2,5 \text{ m/s}^2$  moltiplicato per l'opportuno fattore di correzione, ovvero procedere a verifica strumentale in campo.

Per le esposizioni WBV vanno applicati i fattori correttivi per le differenti condizioni di impiego qualora essi siano indicati sul libretto di istruzioni ed uso fornito dal produttore. Si ricorda che i valori di certificazione forniti dai produttori sono riferiti ad attrezzature in buone condizioni di manutenzione per cui si raccomanda di sottoporre ad un programma di manutenzione adeguato le attrezzature.

In particolare, i dati dichiarati dal produttore non sono rappresentativi della reale esposizione WBV in campo se:

- 1) i sedili sono rotti o in cattive condizioni di manutenzione;
- 2) i sedili regolabili in peso non sono regolati in maniera adeguata dal lavoratore o se il sistema di regolazione è rotto;
- 3) i pneumatici e gli ammortizzatori non sono in buone condizioni di manutenzione.

Infine si sottolinea che ai fini della valutazione del rischio è necessario prendere in esame anche altri fattori, quali posture, modalità di prensione degli utensili, modalità espositive che concorrono all'incremento del rischio, di cui all'art.202 punto 5, che possono essere valutati solo tramite osservazione diretta delle condizioni di lavoro in campo.

### **3.08 – Ai fini della valutazione del rischio, quando occorre misurare l'esposizione alle vibrazioni ?**

La misurazione dei valori di accelerazione relativi alle diverse fasi lavorative eseguite nell'ambito della propria attività va eseguita quanto meno in tutti quei casi in cui non sia possibile utilizzare i dati reperibili nella BDV o i dati di certificazione. Per le stime di rischio effettuate mediante misurazione in campo, fermo restando che esse vanno effettuate da personale qualificato con attrezzature e metodologie adeguate, si ricorda che queste rappresentano una stima più precisa dell'effettiva esposizione del lavoratore a patto che l'incertezza della misura sia opportunamente controllata e statisticamente documentata mediante serie di misure ripetute nelle differenti condizioni di impiego del macchinario. In tali condizioni le misurazioni costituiscono il metodo di riferimento, anche in caso di contenzioso.

La misurazione delle vibrazioni serve anche per verificare se il programma di manutenzione del parco macchine (es.: sedili, ammortizzatori) è efficace e nel caso ridefinirne programmazione e specificità.

Si ricorda infine che la sola misurazione dell'esposizione, per quanto accurata e precisa, non è di per sé un indicatore esaustivo del rischio vibrazioni, in quanto, ai fini della valutazione del rischio, è sempre necessario prendere in esame anche altri fattori, quali posture e modalità espositive che concorrono all'incremento del rischio, di cui all'art.202 punto 5, tramite osservazione diretta delle condizioni di lavoro.

### **3.09 – Quale strumentazione deve essere utilizzata per le misurazioni e quali requisiti di qualità deve rispettare ?**

La strumentazione deve essere conforme a quanto richiesto dalle norme UNI EN ISO 5349-1:2004 e UNI EN ISO 5349-2:2004 per le vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio (HAV), e UNI ISO 2631-1:2008 per le vibrazioni trasmesse al corpo intero (WBV) ed alle norme tecniche ivi richiamate.

La strumentazione deve essere calibrata prima e dopo ogni serie di misure con un calibratore conforme alla norma UNI EN ISO 8041:2005. Le tarature devono avvenire presso laboratori SIT (Sistema Italiano di Taratura) o EA (European Cooperation for Accreditation), con periodicità biennale.

### **3.10 – Alla luce delle indicazioni del DLgs.81/2008 come deve essere strutturata e che cosa deve riportare la Relazione Tecnica ?**

Premesso che le modalità di presentazione dei risultati della valutazione delle vibrazioni sono assolutamente libere, a seguito si fornisce uno schema di riferimento per la stesura della Relazione Tecnica basato sul presupposto che ogni azienda debba valutare il rischio e che con una o più delle 3 modalità indicate dal DLgs.81/2008 (giustificazione, stima, misura) classifichi tutti i propri occupati nelle diverse fasce che il decreto propone.

Si consideri poi che la Relazione Tecnica dovrà prevedere due Capitoli distinti, uno per HAV e l'altro per WBV pur con contenuti sostanzialmente analoghi.

La Relazione Tecnica, così come il processo valutativo, dovrà sempre iniziare identificando le sorgenti (attrezzature/macchine) di vibrazioni con le relative modalità d'uso e gli esposti e indicare il nominativo e la qualificazione della persona che ha redatto la relazione tecnica ed effettuato la valutazione del rischio.

La valutazione che si conclude con la “giustificazione” di mancati ulteriori approfondimenti dovrà riportare la lista di controllo o la modalità gestionale utilizzata.

Se la determinazione dei livelli di esposizione al rischio è avvenuta a partire dai dati misurati sul campo ed inseriti nelle banche dati di Regioni o ISPESL, oltre alla fonte (banca dati utilizzata) dovrà riportare:

- nel caso HAV: l'attrezzatura, l'utensile ed il supporto cui la misura utilizzata fa riferimento;
- nel caso WBV: la macchina o attrezzatura, il tipo di sedile, le condizioni del fondo e la velocità d'utilizzo cui la misura utilizzata fa riferimento.

La determinazione dei livelli di esposizione al rischio avvenuta a partire dai dati forniti dai produttori dovrà riportare:

- il dato indicato dal produttore;
- il fattore correttivo utilizzato.

La determinazione dei livelli di esposizione al rischio avvenuta a partire da misure condotte sulle proprie macchine/attrezzature dovrà riportare:

- indicazioni sulla strumentazione utilizzata (marca, modello, taratura);
- una tabella riportante per ogni rilievo strumentale, marca e modello dell'attrezzatura di lavoro, le condizioni di utilizzo dell'attrezzatura da parte dell'operatore, le condizioni di lavoro durante le quali la misura è stata effettuata, le condizioni e la durata della misura, l'errore associato ad ogni misura.

La Relazione si concluderà con l'attribuzione dell'A(8) a ciascuno dei lavoratori “non giustificati”, con la loro classificazione nelle fasce previste dal DLgs.81/2008 (i “giustificati”, gli esposti a meno del valore d'azione, gli esposti oltre il valore d'azione), con gli elementi richiesti dall'art.202 comma 5 (tra i quali ricordiamo: la presenza di esposizione a vibrazioni intermittenti o a urti ripetuti; gli eventuali effetti

indiretti sulla sicurezza e salute dei lavoratori risultanti da interazioni con il rumore, l'ambiente di lavoro o altre attrezzature; condizioni di lavoro particolari, come le basse temperature, il bagnato, l'elevata umidità o il sovraccarico biomeccanico degli arti superiori e del rachide) e con le indicazioni specifiche per la riduzione del rischio in applicazione dell'art.203 compresa l'indicazione dell'esistenza di attrezzature alternative progettate per ridurre i livelli di esposizione alle vibrazioni. Le eventuali carenze della Relazione Tecnica andranno successivamente superate nel Documento di valutazione del rischio; si raccomanda pertanto ai Datori di lavoro (responsabili del processo di valutazione) di esplicitare con chiarezza il mandato al personale qualificato (particolarmente se esterno) e di verificarne i contenuti della prestazione.

### **3.11 – Quali elementi informativi devono essere presenti nel programma delle misure tecniche e organizzative ex art.5, comma 2, quando si superano i 2,5 o gli 0,5 m/s<sup>2</sup>?**

Il programma delle misure tecniche ed organizzative ex art.203, comma 2, deve essere presente nel documento di valutazione di tutte le aziende che hanno esposti al di sopra dei valori di azione.

Come prima indicazione si consiglia che contenga almeno i seguenti elementi:

- 1) elenco delle attività per le quali vi è il superamento dei valori di azione, descritti tanto con i livelli di accelerazione presenti che per i tempi di esposizione a tali livelli;
- 2) misure tecniche e/o organizzative che si intendono adottare;
- 3) risultati attesi a seguito delle suddette misure in termini di A(8);
- 4) tempi di attuazione di ogni singola misura;
- 5) funzione aziendale e persona incaricata dell'attuazione della singola misura;
- 6) modalità di verifica dei risultati;
- 7) data e risultati della verifica.

### **3.12 – Informazione e formazione; quando e con quali contenuti ?**

L'obbligo da parte del Datore di lavoro di provvedere alla informazione/formazione dei lavoratori esposti a rischi derivanti da agenti fisici, come definiti all'art. 180 (comprese le vibrazioni), è previsto dall'art. 184. Nel caso delle vibrazioni, diversamente dal rischio rumore, il Capo III non collega tale obbligo al superamento di predeterminati valori di esposizione.

Si fornisce pertanto l'indicazione che l'obbligo della informazione/formazione degli esposti a vibrazioni debba concretizzarsi quando la valutazione dei rischi non può concludersi con la cosiddetta "giustificazione" di non dover effettuare una valutazione dei rischi più dettagliata.

Sulla base delle norme generali contenute nel Titolo I e VIII del DLgs.81/08 si richiede che i lavoratori esposti a vibrazioni ricevano informazioni ed una formazione adeguata con particolare riguardo:

- a) ai risultati della valutazione e delle misurazioni delle vibrazioni;
- b) al significato dei valori limite di esposizione e dei valori d'azione;
- c) alle potenziali lesioni derivanti dalle attrezzature di lavoro utilizzate;
- d) alle misure adottate volte ad eliminare o a ridurre al minimo i rischi;

- e) alle modalità per individuare e segnalare gli effetti negativi dell'esposizione per la salute;
- f) all'uso corretto di adeguati dispositivi di protezione individuale e alle relative indicazioni e controindicazioni sanitarie;
- g) alle circostanze nelle quali i lavoratori hanno diritto ad una sorveglianza sanitaria;
- h) alle procedure di lavoro sicure per ridurre al minimo l'esposizione.

Se il fornire informazioni ai lavoratori è importante per renderli consapevoli dei rischi a cui sono esposti e coinvolgerli nell'attuazione delle soluzioni finalizzate alla prevenzione e alla riduzione degli stessi, la formazione e in particolare l'addestramento sono indispensabili per garantire che gli interventi preventivi, sia tecnici che procedurali, diano gli esiti voluti quando questi dipendono in larga misura da fattori soggettivi e comportamentali.

Le tecniche di lavoro del singolo operatore possono influenzare il grado di assorbimento delle vibrazioni: un'attrezzatura in cattive condizioni o usata in modo errato richiede uno sforzo maggiore e quindi una maggiore esposizione da parte dell'utilizzatore.

L'addestramento è necessario per spiegare quale è l'attrezzatura e l'utensile più adatto per un certo lavoro e qual è il modo migliore per utilizzarli così da evitare o contenere le vibrazioni.

Analogamente è indispensabile saper rilevare quando un utensile ha bisogno di manutenzione e di equilibratura, quando utilizzare i DPI, come deve essere organizzato in modo ergonomico il posto di lavoro, quale postura è più opportuna, quali sintomi o disturbi segnalare al medico competente.

La formazione su questi aspetti necessita di metodi che vanno oltre gli interventi di aula, quali la simulazione in campo, l'accostamento con colleghi esperti, la verifica strumentale, la formulazione di istruzioni operative per ogni lavorazione o macchina che espone a rischio.

I principali soggetti coinvolti in questa opera sono l'R-SPP e il MC che dovranno avere cura di attivare questi interventi rivolti ai lavoratori esposti particolarmente all'assunzione, in occasione del cambio di mansione, dell'assegnazione di una nuova attrezzatura di lavoro, dell'introduzione di interventi tecnici organizzativi o procedurali volti alla riduzione dei rischi, della consegna dei DPI e nel corso degli accertamenti sanitari.

### **3.13 – Quando estendere il controllo sanitario al di sotto dei valori di azione ?**

All'art. 204 comma 2 del DLgs. 81/08 viene detto che i lavoratori esposti a vibrazioni meccaniche a livelli inferiori a quelli di azione possono essere altresì sottoposti a sorveglianza sanitaria, a giudizio del medico competente, quando si verificano una o più delle seguenti condizioni, ossia che vi sia un probabile nesso causale tra l'esposizione a vibrazioni e la malattia o gli effetti nocivi, al fatto che questi possano sopraggiungere nelle condizioni di lavoro e che possano inoltre essere individuati dalle tecniche sperimentate esistenti.

In tal modo viene resa possibile al medico competente l'attuazione di accertamenti sanitari mirati nei confronti dei lavoratori esposti a vibrazioni anche al di sotto dei valori di azione se, ad esempio, questi prestano la loro attività lavorativa in presenza delle condizioni di lavoro particolari di cui alla lettera h) del comma 5 dell'art. 202,

ossia che espongono a basse temperature, al bagnato, all'elevata umidità o al sovraccarico biomeccanico degli arti superiori e del rachide.

**3.14 – A quali condizioni può essere concessa deroga da parte delle ASL al rispetto dei valori limite consentendo il calcolo del livello di esposizione su base settimanale (A(40)) anziché giornaliero (A(8)), come da art.205, comma 2 ?**

Le condizioni previste dall'art.205 per l'ottenimento della deroga al rispetto dei Valori limite di esposizione sono:

- 1) l'esposizione a vibrazioni meccaniche (A(8)) deve essere abitualmente inferiore ai valori di azione, tanto per HAV quanto per WBV;
- 2) il superamento dei valori limite di esposizione deve essere occasionale;
- 3) il valore dell'esposizione calcolata su un periodo di 40 ore A(40) deve risultare inferiore ai valori limite;
- 4) si deve poter dimostrare con elementi probanti che i rischi derivanti dal tipo di esposizione sono inferiori a quelli derivanti dal livello di esposizione corrispondente ai valori limite di esposizione;
- 5) si deve provvedere all'intensificazione della sorveglianza sanitaria;
- 6) occorre comunque operare per ridurre al minimo i rischi, tenuto conto delle particolari circostanze.

Tali condizioni fanno quindi riferimento ad attività/mansioni che non comportano normalmente una significativa esposizione occupazionale a vibrazioni e che possono determinare situazioni espositive non consuete, fortuite, che non fanno parte del normale ciclo di lavoro, in cui l'A(8) può superare i valori limite.

**3.15 – Quali sono gli obblighi dei fabbricanti delle attrezzature di lavoro in merito alla riduzione al minimo del rischio ed alla informazione sui valori di vibrazioni emessi ?**

Gli obblighi dei fabbricanti (che la legge associa a quelli dei fornitori) sono di produrre, vendere, noleggiare e concedere in uso attrezzature di lavoro che siano rispondenti alle vigenti disposizioni legislative e regolamentari in materia di salute e sicurezza sul lavoro.

In generale i costruttori debbono immettere sul mercato attrezzature che rispettino i RES dell'allegato 1 della direttiva macchine (recepita in Italia con il DPR 459/96) oppure che rispettino norme armonizzate e disposizioni equivalenti "pertinenti"- (art. 3, commi 1 e 2 del DPR 459/96).

In merito alle vibrazioni e in sintesi i costruttori hanno l'obbligo di far sì che:

- 1) la macchina sia progettata e costruita in modo tale che i rischi dovuti alle vibrazioni emesse siano ridotti al livello minimo, in particolare alla fonte, tenuto conto del progresso tecnico e della disponibilità di mezzi (punto 1.5.9 di Allegato 1 della direttiva macchine);
- 2) per talune categorie di macchine portatili tenute e/o condotte a mano, esse siano accompagnate sul libretto d'uso e manutenzione dal valore di accelerazione HAV emessa quando superiori a  $2,5 \text{ m/s}^2$  definito secondo le norme di collaudo appropriate. Se l'accelerazione non supera  $2,5 \text{ m/s}^2$ , occorre segnalarlo. In mancanza di norme di collaudo applicabili, il fabbricante deve



indicare i procedimenti di misura applicati e le condizioni nelle quali sono state eseguite dette misure;

- 3) se la macchina è dotata di cabina per il posto di guida, quest'ultima deve essere progettata, costruita e/o attrezzata in modo da ridurre le vibrazioni (punto 3.2.1.);
- 4) il sedile deve essere progettato per ridurre le vibrazioni al livello più basso ragionevolmente possibile (punto 3.2.2.);
- 5) nelle istruzioni per l'uso vanno infine indicate (punto 3.6.3.):
  - per HAV il valore di  $a_{wsum}$  quando superi  $2,5 \text{ m/s}^2$ ; se tale livello è inferiore o pari a  $2,5 \text{ m/s}^2$ , occorre indicarlo;
  - per WBV il valore di  $a_{wmax}$  quando superi  $0,5 \text{ m/s}^2$ ; se tale livello è inferiore o pari a  $0,5 \text{ m/s}^2$ , occorre indicarlo.

I precedenti RES del posto di guida e dei sedili si applicano anche alle macchine non mobili adibite ad operazioni di sollevamento (punto 4.2.1.1. e 4.2.1.2.).

### **3.16 – Come interpretare le deroghe previste dal comma 3 dell'art.306?**

L'art.306, comma 3, secondo periodo, del DLgs.81/2008 evidenzia che la deroga all'obbligo del rispetto dei valori limite di esposizione (fino al 6 luglio 2010) vale esclusivamente per le attrezzature di lavoro, messe a disposizione dei lavoratori anteriormente al 6 luglio 2007, per le quali risulta comprovato che non è possibile il rispetto dei valori limite di esposizione tenuto conto del progresso tecnico (vale a dire che sono state acquistate secondo lo stato dell'arte di quel momento) e delle misure organizzative (effettivamente) messe in atto. Le misure organizzative messe in atto devono essere quelle concretamente attuabili.

L'art.306, comma 3, del DLgs.81/2008 al terzo periodo proroga l'entrata in vigore dell'obbligo del rispetto del valore limite di esposizione alle vibrazioni per il settore agricolo forestale al 6 luglio 2014, fermo restando che sia comprovata l'impossibilità in relazione al progresso tecnico ed alle misure organizzative concretamente attuabili. Tutti gli altri obblighi previsti dal Capo III sono comunque in vigore.

**CREDITS Capi 1, 2 e 3**

COORDINAMENTO  
TECNICO  
INTERREGIONALE  
DELLA PREVENZIONE  
NEI LUOGHI DI LAVORO

**Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro  
delle Regioni e delle Province autonome**

in collaborazione con



**Istituto Superiore per la Prevenzione E la Sicurezza del Lavoro**

***Il testo è stato redatto dal Gruppo di lavoro composto da:***

Omar Nicolini (Az.USL Modena) con il ruolo di Coordinatore  
 Claudio Arcari (Az.USL di Piacenza)  
 Bruno Barbera (ARPA-Piemonte, Dipartimento di Biella)  
 Sandra Bernardelli (Az.USL Bologna)  
 Ivaldo Bernardini (Az.USL Bologna)  
 Massimo Borra (ISPESL – Dipartimento Igiene del Lavoro)  
 Michele del Gaudio (ISPESL – Dipartimento Igiene del Lavoro)  
 Giovanni Di Felicianantonio (ASL Teramo)  
 Silvana Gatti (ASL 4 Chiavarese)  
 Lucia Isolani (ASUR ZT 9 Macerata)  
 Paolo Lenzuni (ISPESL – Dipartimento di Firenze )  
 Enrico Marchetti (ISPESL – Dipartimento Igiene del Lavoro)  
 Nicola Marisi (ASL Lanciano Vasto)  
 Pietro Nataletti (ISPESL – Dipartimento Igiene del Lavoro)  
 Paolo Paraluppi (ASL Pavia)  
 Walter Perini (ASUR ZT 9 Macerata)  
 Iole Pinto (AUSL 7 Siena)  
 Tullio Poian (ASS 4 Medio Friuli)  
 Paolo Rossi (ISPESL – Dipartimento Igiene del Lavoro)  
 Paolo Saragosa (ASL di Frosinone)  
 Roberta Stopponi (ASUR ZT 8 Civitanova Marche)  
 Pierangelo Tura (ARPA-Piemonte, Igiene Industriale)  
 Franco Zanin (ASSL 6 Vicenza)

***Il testo è disponibile:***

- 1) unitamente a tutti gli altri materiali promossi o realizzati con la collaborazione del Coordinamento Tecnico delle Regioni e delle Province autonome, all'indirizzo: [http://www.ausl.mo.it/dsp/spsal/spsal\\_1g\\_coord\\_interregionale.htm](http://www.ausl.mo.it/dsp/spsal/spsal_1g_coord_interregionale.htm)
- 2) unitamente a tutti gli altri materiali promossi o realizzati con la collaborazione di ISPESL: <http://www.ispesl.it>

#### **4. SUL CAPO IV DEL TITOLO VIII DEL DLGS.81/2008 – CAMPI ELETTROMAGNETICI**

Con la pubblicazione della direttiva 2008/46/CE che rinvia al 30/04/2012 i termini di recepimento della direttiva 2004/40/CE, l'Unione europea ha preannunciato una rivalutazione completa sull'impatto sociale ed economico di tale direttiva, finalizzata all'eventuale presentazione di una proposta di revisione. E' pertanto possibile che il Capo IV, la cui entrata in vigore secondo l'art.306 è prevista per il 30/04/2012, venga aggiornato alla luce delle nuove risultanze.

In questo contesto quanto a seguito riportato intende fornire una prima serie di indicazioni operative, suscettibili di perfezionamento, che orienti gli attori aziendali della sicurezza ad una risposta corretta all'esigenza di valutazione del rischio comunque prevista dagli artt.28 e 181 del DLgs.81/2008. Pertanto, anche considerato che le indicazioni desumibili dal capo IV del Titolo VIII sono in linea con gli orientamenti protezionistici internazionali maggiormente accreditati (ICNIRP, OMS), si ritiene utile riferirsi al Capo IV del Titolo VIII del TU anche tenuto conto del richiamo alle norme di buona tecnica ed alle buone prassi di cui all'art.181.

##### **4.01 – Da quando il Capo IV del Titolo VIII del DLgs.81/2008 è pienamente in vigore?**

Con la formulazione adottata dal legislatore all'articolo 306 del Testo Unico e stante l'emanazione della direttiva 2008/46/CE, l'applicazione degli specifici principi di prevenzione e protezione previsti dal Capo IV del Titolo VIII del DLgs.81/2008 ha subito uno slittamento temporale di 4 anni e l'entrata in vigore è prevista per il 30/04/2012.

Si sottolinea tuttavia il principio generale di cui all'art.28 del Testo Unico e ribadito relativamente agli agenti fisici all'art.181 che impegna il datore di lavoro alla valutazione di tutti i rischi per la salute e la sicurezza inclusi quelli derivanti da esposizioni a campi elettromagnetici, in relazione ai quali esiste quindi l'obbligo (sanzionabile) alla valutazione ed all'identificazione delle misure preventive e protettive per minimizzare il rischio.

In pratica e per quanto riguarda i compiti di vigilanza, con lo slittamento al 30/04/2012, fino a tale data non saranno richiedibili e sanzionabili le inottemperanze agli obblighi specificamente previsti dal Capo IV del Titolo VIII del DLgs.81/2008, ma resteranno validi, richiedibili e sanzionabili i principi generali affermati nel Titolo I e nel Capo I del Titolo VIII.

##### **4.02 – Quali sono gli effetti sulla salute e sulla sicurezza che si vogliono prevenire ?**

Le misure previste dal Titolo VIII del DLgs.81/2008 sono specificamente mirate alla protezione dagli effetti certi che hanno una ricaduta in termini sanitari (*“rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori dovuti agli effetti nocivi a breve termine conosciuti nel corpo umano derivanti dalla circolazione di correnti indotte e dall'assorbimento di energia, e da correnti di contatto”*). Si tratta degli effetti conosciuti di tipo deterministico, di cui cioè esiste, ed è stata definita, una soglia di insorgenza, e la cui gravità può variare in funzione dell'intensità dell'esposizione

(DLgs.81/2008, art. 206 comma 1). Invece, la norma non riguarda la protezione da eventuali effetti a lungo termine, per i quali mancano dati scientifici conclusivi che comprovino un nesso di causalità, né i rischi conseguenti al contatto con i conduttori in tensione (art. 206, comma 2) questi ultimi già coperti dalle norme per la sicurezza elettrica.

Le correnti indotte citate nel testo sono essenzialmente dovute ai CEM a bassa frequenza (fino a 10 MHz), e possono indurre vari effetti avversi principalmente a carico del sistema cardiovascolare (aritmie, fibrillazione, asistolia, ecc.) e nervoso (contrazione neuromuscolare, induzione di lampi luminosi nel campo visivo noti come magnetofosfeni, o altri). L'assorbimento di energia è connesso ai CEM a frequenze oltre i 100 kHz e può causare un riscaldamento localizzato di organi e tessuti o uno stress termico generalizzato; gli effetti avversi più rilevanti sono le ustioni, il colpo di calore, la cataratta e la sterilità maschile temporanea.

Invece, le correnti di contatto considerate dalla legge sono quelle che fluiscono al contatto di un individuo con oggetti metallici posti nel campo elettromagnetico e che, in funzione dell'intensità, possono indurre effetti quali percezioni dolorose, contrazioni muscolari, ustioni. Da notare che la maggior parte degli effetti avversi considerati nel DLgs.81/2008 compaiono immediatamente (es. aritmie, contrazioni muscolari, ustioni), ma alcuni, come la cataratta o la sterilità maschile, essendo la conseguenza di un meccanismo cumulativo, possono manifestarsi a distanza di tempo.

Infine, la normativa è volta anche alla protezione da alcune tipologie di effetti indiretti, quali l'interferenza elettromagnetica con attrezzature e dispositivi medici elettronici (compresi stimolatori cardiaci e altri dispositivi impiantati), l'effetto propulsivo di oggetti ferromagnetici all'interno di intensi campi magnetici statici, l'innesco di elettrodetonatori ed il rischio incendio per scintille provocate dalla presenza dei CEM nell'ambiente (art. 209, comma 4, lettera d).

#### **4.03 – Quali caratteristiche deve avere il “personale adeguatamente qualificato” che effettua la valutazione del rischio ?**

I riferimenti legislativi vanno ricercati tanto nell'art.32 quanto nell'art.181 del DLgs.81/2008 ove si afferma che il personale qualificato deve avere specifiche conoscenze in materia di rischi da agenti fisici. In questo contesto la dicitura “personale qualificato” definisce correntemente un operatore che abbia sostenuto un corso di qualificazione conclusosi con una valutazione positiva e documentabile dell'apprendimento. In assenza di qualsiasi riferimento su durata e contenuti del corso sui soggetti autorizzati alla valutazione ed all'espressione della certificazione finale, si suggerisce di giudicare il “personale qualificato” essenzialmente sulla base del curriculum (richiedergli di documentare un curriculum specifico nel settore ed in particolare la partecipazione ad almeno un corso teorico-pratico sulla materia) del rispetto delle norme di buona tecnica e di buona prassi (apparecchiature adeguate, modalità tecniche appropriate) e del prodotto finale del proprio lavoro (una relazione tecnica con tutti gli elementi richiesti dal Capo IV, Titolo VIII, DLgs.81/2008; vedi punto 4.19).

Indicazioni sui requisiti di questa figura professionale che potrebbero orientare la scelta del datore di lavoro sono contenute nel documento *“La figura professionale dell'esperto nella valutazione dei rischi da campi elettromagnetici (0 Hz–300 GHz)”*

e da radiazione ottica coerente e incoerente” redatto a cura della CIIP (Consulta Interassociativa Italiana per la Prevenzione) e disponibile sul sito web della Consulta medesima (<http://www.ospedalesicuro.eu/>).

#### 4.04 – Quali sono le condizioni nelle quali la valutazione del rischio può concludersi con la “giustificazione” secondo cui la natura e l’entità dei rischi non rendono necessaria una valutazione più dettagliata ?

Definiamo situazione “giustificabile” una condizione che può avvalersi di questa più semplice modalità di valutazione del rischio nella quale la condizione espositiva non comporta apprezzabili rischi per la salute.

Ai fini di questa definizione si reputano in primo luogo non comportare rischi per la salute le esposizioni inferiori ai livelli di riferimento per la popolazione di cui alla raccomandazione europea 1999/519/CE. In linea con questa definizione sono condizioni espositive giustificabili quelle elencate nella **Tabella 4.1** elaborate a partire dalla norma CENELEC EN 50499 il cui recepimento in norma CEI è previsto entro novembre del 2009. In questi casi la giustificazione è adottabile indipendentemente dal numero di attrezzature di lavoro in uso.

**Tabella 4.1:** Attrezzature e situazioni giustificabili. Lista non esaustiva.

Tipo di attrezzatura / situazione	Note
Tutte le attività che si svolgono unicamente in ambienti privi di impianti e apparecchiature elettriche e di magneti permanenti	
Luoghi di lavoro interessati dalle emissioni di sorgenti CEM autorizzate ai sensi della normativa nazionale per la protezione della popolazione, con esclusione delle operazioni di manutenzione o altre attività svolte a ridosso o sulle sorgenti	Il datore di lavoro deve verificare se è in possesso di autorizzazione ex legge 36/2001 e relativi decreti attuativi ovvero richiedere all’ente gestore una dichiarazione del rispetto della legislazione nazionale in materia
Uso di apparecchiature a bassa potenza (così come definite dalla norma EN 50371: con emissione di frequenza 10 MHz ÷ 300 GHz e potenza media trasmessa fino a 20 mW e 20 W di picco), anche se non marcate CE	Non sono comprese le attività di manutenzione
Uso di attrezzature marcate CE, valutate secondo gli standard armonizzati per la protezione dai CEM Lista soggetta a frequenti aggiornamenti: <ul style="list-style-type: none"> <li>• EN 50360: telefoni cellulari;</li> <li>• EN 50364: sistemi di allarme e antitaccheggio;</li> <li>• EN 50366: elettrodomestici;</li> <li>• EN 50371: norma generica per gli apparecchi elettrici ed elettronici di bassa potenza;</li> </ul>	Le attrezzature devono essere installate ed utilizzate secondo le indicazioni del costruttore.  Non sono comprese le attività di manutenzione.  Il datore di lavoro deve verificare sul libretto di uso e manutenzione che l’attrezzatura sia dichiarata conforme al

Tipo di attrezzatura / situazione	Note
<ul style="list-style-type: none"> <li>• EN 50385: stazioni radio base e stazioni terminali fisse per sistemi di telecomunicazione senza fili;</li> <li>• EN 50401: apparecchiature fisse per trasmissione radio (110 MHz - 40 GHz) destinate a reti di telecomunicazione senza fili;</li> <li>• EN 60335-2-25: forni a microonde e forni combinati per uso domestico e similare;</li> <li>• EN 60335-2-90: forni a microonde per uso collettivo (uso domestico e similare)</li> </ul>	<p>pertinente standard di prodotto</p>
<p>Attrezzature presenti sul mercato europeo conformi alla raccomandazione 1999/159/EC che non richiedono marcatura CE essendo per esempio parte di un impianto</p>	
<p>Apparati luminosi (lampade)</p>	<p>Escluso specifiche lampade attivate da RF</p>
<p>Computer e attrezzature informatiche</p>	
<p>Attrezzature da ufficio</p>	<p>I cancellatori di nastri possono richiedere ulteriori valutazioni</p>
<p>Cellulari e cordless</p>	
<p>Radio rice-trasmettenti</p>	<p>Solo quelle con potenze inferiori a 20 mW</p>
<p>Basi per telefoni DECT e reti Wlan</p>	<p>Limitatamente alle apparecchiature per il pubblico</p>
<p>Apparati di comunicazione non wireless e reti</p>	
<p>Utensili elettrici manuali e portatili</p>	<p>es.: conformi alle EN 60745-1 e EN 61029-1 inerenti la sicurezza degli utensili a motore trasportabili.</p>
<p>Attrezzature manuali per riscaldamento (escluso il riscaldamento a induzione e dielettrico)</p>	<p>es.: conformi alla EN 60335-2-45 (es. pistole per colla a caldo)</p>
<p>Carica batterie</p>	<p>Inclusi quelli ad uso domestico e destinati a garage, piccole industrie e aziende agricole (EN 60335-2-29)</p>
<p>Attrezzature elettriche per il giardinaggio</p>	
<p>Apparecchiature audio e video</p>	<p>Alcuni particolari modelli che fanno uso di trasmettitori radio nelle trasmissioni radio/TV necessitano di ulteriori valutazioni</p>
<p>Apparecchiature portatili a batteria esclusi i</p>	

Tipo di attrezzatura / situazione	Note
trasmettitori a radiofrequenza	
Stufe elettriche per gli ambienti	Esclusi i riscaldatori a microonde
<p>Rete di distribuzione dell'energia elettrica a 50 Hz nei luoghi di lavoro: campo elettrico e magnetico devono essere considerati separatamente.</p> <p>Per esposizioni al campo magnetico sono conformi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ogni installazione elettrica con una intensità di corrente di fase <math>\leq 100</math> A;</li> <li>• Ogni singolo circuito all'interno di una installazione con una intensità di corrente di fase <math>\leq 100</math> A;</li> <li>• Tutti i componenti delle reti che soddisfano i criteri di cui sopra sono conformi (incluso i conduttori, interruttori, trasformatori ecc...);</li> <li>• Qualsiasi conduttore nudo aereo di qualsiasi voltaggio.</li> <li>• Per esposizioni al campo elettrico sono conformi:</li> <li>• Qualsiasi circuito in cavo sotterraneo o isolato indipendentemente dal voltaggio</li> <li>• Qualsiasi circuito nudo aereo tarato ad un voltaggio fino a 100 kV, o line aerea fino a 125 kV, sovrastante il luogo di lavoro, o a qualsiasi voltaggio nel caso di luogo di lavoro interni.</li> </ul>	
Strumentazione e apparecchi di misura e controllo	
Elettrodomestici	<p>Sono inclusi in questa tabella anche le apparecchiature professionali per la cottura, lavaggio (lavatrici), forni a microonde ecc... usate in ristoranti, negozi, ecc...</p> <p>Necessitano invece di ulteriori valutazioni i forni di cottura ad induzione.</p>
Computer e attrezzature informatiche con trasmissione wireless	es.: Wlan (Wi-Fi), Bluetooth e tecnologie simili, limitatamente all'uso pubblico
Trasmettitori a batteria	Limitatamente alle apparecchia-

Tipo di attrezzatura / situazione	Note
	ture per il pubblico
Antenne di stazioni base	Ulteriori valutazioni sono necessarie solo se i lavoratori possono essere più vicini all'antenna rispetto alle distanze di sicurezza stabilite per l'esposizione del pubblico
Apparecchiature elettromedicali non per applicazioni con campi elettromagnetiche o di corrente	

Esempi di luoghi di lavoro per i quali, comunemente, si può effettuare la giustificazione del rischio sulla base della Tabella 4.1: uffici, centri di calcolo, negozi, alberghi, parrucchieri ecc.

Resta ferma la piena responsabilità del datore di lavoro nell'assumere la giustificazione per la propria particolare sorgente nelle specifiche condizioni e ambiente di utilizzo.

#### 4.05 – Quali sono le esposizioni di carattere professionale?

Secondo la definizione dell'art.2, comma 1, lettera f), della legge 36/2001, la legge quadro sulla protezione dai campi elettromagnetici, l'esposizione dei lavoratori è *“ogni tipo di esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici che, per la loro specifica attività lavorativa, sono esposti a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”*.

Sono quindi da intendersi esposizioni di carattere professionale quelle strettamente correlate e necessarie alle finalità del processo produttivo.

Le esposizioni indebite a sorgenti non correlate con la specifica attività dei lavoratori che non ricadono sotto la gestione del datore di lavoro devono essere contenute, a carico dei gestori, entro i limiti vigenti per la tutela della popolazione. Il datore di lavoro deve ad ogni modo valutare il rischio ed eventualmente verificare il rispetto della normativa vigente da parte dell'esercente della sorgente anche avvalendosi dell'organo di controllo.

Le esposizioni indebite a sorgenti non correlate con la specifica attività dei lavoratori che ricadono sotto la gestione del datore di lavoro, devono essere eliminate o ricondotte entro le restrizioni previste dalla normativa vigente per la tutela della popolazione. La regola generale da seguire in proposito, possibilmente in sede di progettazione dei luoghi di lavoro, è quella di installare gli apparati emettitori di CEM in aree di lavoro adibite ad uso esclusivo degli stessi e comunque ad una distanza adeguata dalle altre aree di lavoro ove il personale stazioni per periodi prolungati.

#### 4.06 – E' disponibile un elenco di situazioni lavorative che devono essere certamente valutate?

A partire dalla norma EN 50499, si riporta a seguito la **Tabella 6.1** dedicata alle situazioni che meritano un approfondimento valutativo.



**Tabella 6.1:** Impianti e situazioni che richiedono ulteriori valutazioni. Lista non esaustiva

<b>Tipo di impianto</b>	<b>Note</b>
Elettrolisi industriale	Sia con correnti alternate che continue
Saldature elettriche	
Forni fusori elettrici e a induzione	
Riscaldamento a induzione	
Riscaldamento dielettrico a RF e a MW	
Saldatura dielettrica	
Magnetizzatori/smagnetizzatori industriali	Incluso grossi cancellatori di nastri, attivatori disattivatori magnetici di sistemi antitaccheggio
Specifiche lampade attivate a RF	
Dispositivi a RF per plasma	Incluso dispositivi a vuoto di deposizione per "sputtering"
Apparecchi per diatermia (marconiterapia e radarterapia)	Tutti gli apparecchi elettromedicali che utilizzano sorgenti RF con potenza media emessa elevata (>100 mW)
Sistemi elettrici per la ricerca di difetti nei materiali	
Radar	Radar per il controllo del traffico aereo, militare del tempo e a lungo raggio.
Trasporti azionati elettricamente: treni e tram	
Tutti gli apparecchi elettromedicali per applicazioni intenzionali di radiazioni elettromagnetiche o di corrente tra cui: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Elettrobisturi</li> <li>▪ Stimolatori magnetici transcranici</li> <li>▪ Apparecchi per magnetoterapia</li> <li>▪ Tomografi RM</li> </ul>	
Essiccatoi e forni industriali a microonde	
Antenne delle stazioni radio base	Ulteriori valutazioni sono necessarie solo se i lavoratori possono essere più vicini all'antenna rispetto alle distanze di sicurezza stabilite per l'esposizione del pubblico
Reti di distribuzione dell'energia elettrica nei luoghi di lavoro che non soddisfano i criteri della Tabella 4.1	

Esempi di luoghi di lavoro o mansioni per i quali, comunemente, si devono effettuare approfondimenti nella valutazione del rischio sulla base della **Tabella 6.1** sono: centrali e sottostazioni elettriche; installatori e manutentori di sistemi fissi di telecomunicazioni, manutentori di linee elettriche, saldatori ad arco o a induzione o a scarica capacitiva, installatori e manutentori di sistemi radar, fonditori di metalli preziosi, addetti a macchine dielettriche utilizzate nel settore tessile o lavorazione di legno o plastica, macchinisti su treni ad alta velocità, operatori sanitari e personale pulizie su RM, chirurghi e personale sanitario che utilizza elettrobisturi e apparecchiature similari, fisioterapisti che utilizzano apparati di diatermia, addetti alla manutenzione e riparazione di apparecchiature/impianti medicali emittenti CEM, ecc.

#### **4.07 – Gli apparecchi che dichiarano il rispetto delle norme di compatibilità elettromagnetica possono essere “giustificati” ?**

In generale, no. Le norme di compatibilità elettromagnetica prescrivono vincoli sull'immunità degli apparati ai campi elettromagnetici (cioè la capacità di funzionare correttamente anche in presenza di disturbi elettromagnetici) e sull'emissione degli apparati stessi ai fini della prevenzione di malfunzionamenti su altre attrezzature utilizzate in prossimità dell'apparato.

I vincoli sulle emissioni, in particolare, non garantiscono automaticamente il rispetto dei limiti per la protezione della salute umana, a meno che tale aspetto non sia esplicitamente riportato nella norma di prodotto.

#### **4-08 – Quali fonti sono utilizzabili per la valutazione del rischio ?**

L'articolo 209 del DLgs.81/08 precisa che *“il datore di lavoro valuta e, quando necessario, misura o calcola i livelli dei campi elettromagnetici ai quali sono esposti i lavoratori...”* in conformità alle norme CENELEC. Finché tali norme non avranno contemplato tutte le pertinenti situazioni lavorative, il datore di lavoro è indirizzato ad adottare *“le specifiche buone prassi individuate od emanate dalla Commissione consultiva permanente per la prevenzione degli infortuni e per l'igiene del lavoro, o, in alternativa, quelle del CEI, tenendo conto, se necessario, dei livelli di emissione indicati dai fabbricanti delle attrezzature.”* L'articolo 181 si riferisce, più in generale, alle buone prassi secondo la definizione dell'articolo 2 del decreto 81/2008.

Allo stato attuale il CENELEC sta lavorando a vari documenti, ma finora ha pubblicato solo il seguente:

- EN 50100 “Measurement procedures of magnetic field levels generated by electronic and electrical apparatus in the railway environment with respect to human exposure”.

Esistono anche le seguenti norme messe a punto dal CENELEC nel quadro dell'applicazione della Raccomandazione 519/1999 per la protezione della popolazione:

- CEI EN 50392: Norma generica per la dimostrazione della conformità degli apparecchi elettronici ed elettrici ai limiti di base relativi all'esposizione umana ai campi elettromagnetici (0 Hz – 300 GHz);

- CEI EN 50364: Limitazione dell'esposizione umana ai campi elettromagnetici prodotti da dispositivi operanti nella gamma di frequenza 0 Hz-10 GHz, utilizzati nei sistemi elettronici antitaccheggio (EAS), nei sistemi di identificazione a radiofrequenza (RFID) e in applicazioni similari;
- CEI EN 50371: Esposizione umana ai campi elettromagnetici (10 MHz-300 GHz)- Norma generica per dimostrare la conformità di apparecchi elettronici di bassa potenza ai limiti di base fissati per la popolazione;
- CEI EN 62311: Valutazione degli apparecchi elettronici ed elettrici in relazione ai limiti di base per l'esposizione umana ai campi elettromagnetici ( 0 – 300 GHz).

Va segnalato che anche la Commissione Europea ha affidato ad un gruppo di esperti la redazione di una *non-binding guide* sulla valutazione del rischio occupazionale dai campi elettromagnetici, che dovrebbe essere disponibile nel giro di pochi mesi.

La legislazione prevede in sostanza che la valutazione possa essere effettuata a partire da varie fonti informative, la prima delle quali si ritiene debba essere quella degli elenchi (white & black list) ripresi da norme di validità riconosciuta e dei dati forniti dai produttori. Altre fonti informative utilizzabili per un primo livello di valutazione sono indicazioni bibliografiche o anche banche-dati, purché ben riferibili alle situazioni oggetto di indagine.

Solamente nel caso che la valutazione debba proseguire si renderà necessario il ricorso alle misurazioni dei livelli di esposizione ed, ulteriormente, al calcolo dei parametri dosimetrici.

I riferimenti elettivi per la valutazione e misura sono attualmente le due guide del CEI:

- Norma CEI 211-6. Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz – 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana. Prima edizione, fascicolo 5908. Gennaio 2001;
- Norma CEI 211-7. Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza 10 kHz – 300 GHz, con riferimento all'esposizione umana. Prima edizione, fascicolo 5909. Gennaio 2001.

Altre norme che trattano la valutazione e la misura in ambiti specifici sono:

- Norma CEI 61-237 + V1: Apparecchi per uso domestico e similare- Campi elettromagnetici- Metodi per la valutazione e le misure;
- Norma CEI 106-1: Valutazione dell'esposizione umana ai campi elettromagnetici prodotti dai dispositivi utilizzati nei sistemi elettronici antitaccheggio (EAS), nei sistemi di identificazione a radiofrequenza (RFID) e in applicazioni similari. Prima edizione, fascicolo 6656-E. Ottobre 2002;
- Norma CEI 106-5: Norma di base per il calcolo e la misura dell'intensità di campo elettromagnetico e del SAR relativi all'esposizione umana derivante dalle stazioni radio base e dalle stazioni terminali fisse per sistemi di telecomunicazione senza fili (110 MHz – 40 GHz). Prima edizione, fascicolo 6963-E. Luglio 2005;
- Norma CEI 106-9: Esposizione ai campi elettrici e magnetici nell'intervallo delle frequenze basse e intermedie- Metodi di calcolo della densità di corrente e del

campo elettrico interno indotti nel corpo umano. Parte 2-1: Esposizione ai campi magnetici – Modelli 2D. Prima edizione, fascicolo 7726-E. Luglio 2005;

- Norma CEI 106-10: Esposizione ai campi elettrico e magnetico nell'intervallo delle frequenze basse e intermedie- Metodi di calcolo della densità di corrente e del campo elettrico interno indotti nel corpo umano. Parte 1: Aspetti generali. Prima edizione, fascicolo 8230. Aprile 2006;
- Norma CEI 106-13: Norma di base per la valutazione dell'esposizione umana ai campi elettromagnetici prodotti da un trasmettitore di radiodiffusione indipendente (30 MHz - 40 GHz). Prima edizione, fascicolo 9066. Ottobre 2007;
- Norma CEI 106-17: Esposizione ai campi a radiofrequenza provenienti da dispositivi di comunicazione senza fili tenuti in mano o montati sul corpo- Modelli umani, strumentazione e procedure. Parte 1: Procedura per determinare il tasso di assorbimento specifico (SAR) per i dispositivi tenuti in mano molto vicini all'orecchio (gamma di frequenza: 300 MHz-3 GHz). Prima edizione, fascicolo 8999. Settembre 2007;
- Norma CEI 106-18: Esposizione ai campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenze basse e intermedie – Metodi di calcolo della densità di corrente e del campo elettrico interno indotti nel corpo umano. Parte 3-1: Esposizione ai campi elettrici- Modelli analitici e numerici 2D. Prima edizione, fascicolo 9475. Settembre 2008.

Il CEI ha peraltro attivato un gruppo di lavoro per produrre un documento sulle valutazioni per specifiche attrezzature occupazionali. Altri riferimenti utili sono le "*Guidances on occupational exposure assessment*", messe a punto nell'ambito del progetto europeo EMF-NET, disponibili sul sito web del progetto medesimo nel documento scaricabile al link:

[http://web.jrc.ec.europa.eu/emf-](http://web.jrc.ec.europa.eu/emf-net/doc/Reports/Final%20technical%20report_D49_FactSheet.pdf)

[net/doc/Reports/Final%20technical%20report\\_D49\\_FactSheet.pdf](http://web.jrc.ec.europa.eu/emf-net/doc/Reports/Final%20technical%20report_D49_FactSheet.pdf)

Ulteriori fonti di cui tenere conto sono informazioni reperibili in pubblicazioni scientifiche ed i dati della sorveglianza sanitaria dove attuata (art.209, c.4, lettera g). Da ultimo si evidenzia che il CENELEC ha recentemente pubblicato le norme EN 50444 ed EN 50505 che recano le procedure per la valutazione dell'esposizione, rispettivamente, a saldatrici ad arco e saldatrici a resistenza. Dette norme sono indirizzate ai produttori di macchine ai fini del rispetto a priori dei requisiti previsti dalla norma di prodotto EN 50445. Le procedure ivi contenute non sono automaticamente applicabili alla valutazione a posteriori di attrezzature che già si trovano nell'ambiente di lavoro.

Le nuove attrezzature riferite a tali norme possono essere considerate giustificabili solo a condizione che le procedure e modalità di utilizzo siano compatibili con le tecniche di valutazione delle emissioni stabilite nelle norme medesime.

#### **4.09 – Come gestire la valutazione del rischio per portatori di protesi ed altri dispositivi medici impiantati ?**

I lavoratori portatori di dispositivi medici o protesi impiantate devono essere considerati lavoratori particolarmente sensibili al rischio, secondo la definizione dell'art.183. La valutazione del rischio per tali soggetti sarà quindi del tutto peculiare e prescindere dal mero rispetto dei valori di azione e limiti di esposizione,

avvalendosi peraltro della collaborazione del medico competente, anche sulla base delle informazioni fornite dal medico o struttura curante o produttore sulla natura e caratteristiche del dispositivo (livelli di immunità, tipologia di malfunzionamento) o protesi. I livelli d'azione prescritti dall'Allegato XXXVI del DLgs.81/2008 sono stati infatti fissati al fine di prevenire gli effetti noti dell'esposizione su soggetti sani. Per altro l'esposizione a campi elettromagnetici di entità inferiore anche ai livelli di riferimento per il pubblico di cui alla raccomandazione europea 1999/519/CE può comportare problemi per persone portatrici di stimolatori cardiaci, impianti ferromagnetici e dispositivi medicali impiantati.

Il CENELEC sta affrontando il problema nella sua generalità, ed è allo studio il prEN 50527-1 "Assessment of human exposure at the workplace for persons bearing AIMD (Active Implanted Medical Device) in electric, magnetic, and electromagnetic fields with frequencies 0 - 300 GHz – Part 1 - General".

Allo stato dell'arte, informazioni utili sui livelli di sicurezza per soggetti portatori di dispositivi medici o protesi sono reperibili nelle linee guida ICNIRP sui campi magnetici statici (1994), sul documento dell'ACGIH (American Conference of Government Industrial Hygienist) "Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices" (1999), in riferimento ai campi a 50 Hz. Informazioni utili sono anche contenute nel rapporto ISTISAN 01/21: "Immunità elettromagnetica dei pacemaker alle stazioni radio base per telefonia GSM: distanze di sicurezza sulla base di normative attuali", basate su un progetto di norma sviluppato in Germania dal DIN (E DIN VDE 0848-3-1 del 1999).

In particolare, la maggior parte degli stimolatori cardiaci può presentare disturbi e malfunzionamenti per campi magnetici statici superiori a 0,5 mTesla. Vi sono inoltre anche altri sistemi elettronici di uso crescente, come protesi auricolari elettroniche, pompe per insulina, protesi attive, che possono risultare suscettibili ad induzioni magnetiche di pochi mTesla. A partire da campi statici dell'ordine di 3-5 mT possono inoltre essere indotti spostamenti e torsioni di schegge interne al corpo umano o impianti ferromagnetici, con conseguente grave rischio per la salute e l'incolumità del soggetto esposto.

Per quel che riguarda i campi a frequenza di rete (50 Hz), l'ACGIH raccomanda che i soggetti portatori di dispositivi attivi non siano esposti a livelli superiori a 1 kV/m per il campo elettrico, e 100  $\mu$ T per il campo magnetico.

#### **4.10 – In quali casi e con quali modalità i produttori sono tenuti a fornire informazioni sui livelli di emissione di CEM ?**

Tutti i macchinari alimentati a corrente elettrica, o contenenti una componente che sia sorgente di radiazioni non ionizzanti, possono generare, nello spazio loro circostante, un campo elettromagnetico di spettro vario.

Secondo quanto riportato al punto 1.5.10 dell'Allegato 1 del DPR 459/96 (recepimento della direttiva macchine) la progettazione e costruzione di tali macchinari deve essere tale da limitare qualsiasi emissione di radiazioni a quanto necessario al loro funzionamento e tale che i suoi effetti sulle persone esposte siano nulli o comunque non pericolosi.

Il rispetto della norma UNI EN 12198-1 del 2009, che riguarda l'emissione dai macchinari di tutti i tipi di radiazione elettromagnetica non ionizzante (sia i campi

elettromagnetici che le radiazioni ottiche), garantisce agli acquirenti che i requisiti del DPR 459/96 sono rispettati.

In funzione del livello di emissione di radiazioni, (valori riportati in appendice B della UNI EN 12198:2009) la norma richiede che il fabbricante assegni alla macchina una categoria di emissione di radiazioni. Sono considerate tre categorie di emissione, per le quali sono previste diverse misure di protezione, informazione, addestramento, secondo la **Tabella 10.1**.

**Tabella 10.1**

<b>Categoria</b>	<b>Restrizioni e misure di prevenzione</b>	<b>Informazioni e addestramento</b>
0	Nessuna restrizione	Nessuna informazione necessaria
1	Restrizioni: possono essere necessarie la limitazione dell'accesso e misure di protezione	Informazioni su pericoli, rischi ed effetti secondari
2	Restrizioni speciali e misure di protezione sono essenziali	Informazioni su pericoli, rischi ed effetti secondari; l'addestramento può essere necessario

Le radiazioni emesse dai macchinari possono essere previste dal processo di lavorazione (emissioni **funzionali**) oppure possono verificarsi in modo involontario (emissioni **indesiderate**).

Per le emissioni di radiazioni indesiderate, il livello di emissione dovrebbe essere ridotto a valori corrispondenti alla categoria 0, mentre l'emissione funzionale di radiazioni deve essere limitata al grado necessario per il funzionamento della macchina, corrispondente alla categoria 1 o 2.

Il fabbricante deve dichiarare nelle istruzioni per l'uso quali sono gli impieghi previsti della macchina, la categoria di emissione di radiazioni e le procedure di funzionamento. Il fabbricante deve specificare, se necessario, il livello di competenza da raggiungere mediante addestramento.

Nei casi in cui particolari condizioni operative possano ridurre le emissioni, il fabbricante deve fornirne dettagli appropriati nelle istruzioni.

Se la categoria di emissione di radiazioni è 1 o 2, il fabbricante deve dichiarare come informazione supplementare il tipo e il livello di radiazioni che possono essere emesse dalla macchina.

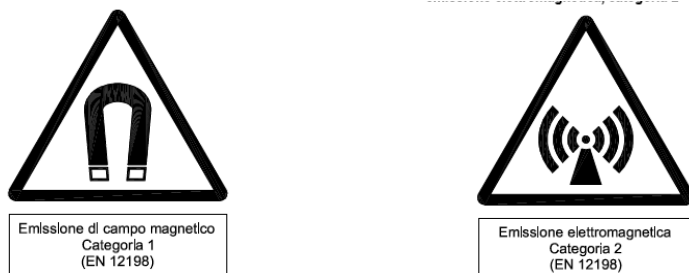
Le macchine rientranti nelle categorie 1 e 2 devono essere marcate. La marcatura (vedi **Figura 10.2**) deve comprendere:

- 1) Segnale di sicurezza rappresentante il tipo di emissione di radiazione
- 2) Il numero di categoria (categoria 1 o categoria 2).
- 3) Il riferimento alla norma EN 12198.

#### **4.11 – Come si tiene conto dei tempi di esposizione (Allegato XXXVI, Tabella 1 e 2 e relative note)?**

I valori limite di esposizione ed i valori di azione fino alla frequenza di 10 MHz sono finalizzati a prevenire effetti di stimolazione elettrica a carico dei tessuti stimolabili, in primo luogo i tessuti nervoso e muscolare.

Figura 10.2



Tali effetti seguono un profilo a soglia e si manifestano su base temporale sostanzialmente istantanea. Per tale motivo, in particolare al di sotto di 100 kHz, il rispetto dei limiti e valori di azione deve essere garantito su base istantanea, senza alcuna operazione di media temporale, per tutto il tempo di esposizione durante la giornata di lavoro. A tal fine, nell'arco di una intera giornata lavorativa, le misure devono essere effettuate nelle condizioni di massima emissione delle attrezzature.

Per campi a frequenze tra 100 kHz e 10 GHz, i limiti di esposizione e valori d'azione sono invece finalizzati a prevenire l'eccessivo riscaldamento a livello sistemico e locale. La valutazione dell'esposizione va quindi effettuata considerando la potenza media per ogni intervallo di 6 minuti, per tenere in conto i tempi di risposta del sistema di termoregolazione del corpo umano. Per frequenze superiori a 10 GHz, infine, l'intervallo di tempo su cui valutare la media della potenza è pari a  $68/f^{1.05}$  minuti. Si suggerisce ad ogni modo di impostare una prima valutazione riferita alle condizioni di massima emissione della macchina, ed approfondire la media sui sei minuti (comunque quelli più sfavorevoli) solo se i valori di azione risultano superati in tale condizione estema.

#### 4.12 – Requisiti della strumentazione di misura e periodicità taratura

La strumentazione utilizzata per le misure deve rispondere ad una serie di specifiche fissate nelle norme di buona tecnica, ed in particolare nelle norme CEI 211-6 e 211-7, riguardanti parametri quali l'intervallo dinamico e di frequenza, la risposta in frequenza, l'isotropia, la linearità in ampiezza, la sicurezza e compatibilità elettromagnetica, la risposta a segnali multi-frequenza o modulati, la reiezione a campi elettrici o magnetici, l'incertezza strumentale. Tutte le informazioni relative a questi parametri devono essere contenute nelle specifiche tecniche fornite all'acquisto dello strumento o nel certificato di taratura.

La strumentazione utilizzata deve essere tarata presso laboratori che garantiscano la riferibilità a campioni nazionali (presso centri accreditati SIT) o internazionali (ad es. accreditamento UKAS in Gran Bretagna, ecc.). La periodicità della taratura non è fissata da norme cogenti, ma secondo le norme di buona tecnica (ad es. CEI 211-6 e 211-7) deve essere almeno biennale.

#### 4.13 – Come si tiene conto della variabilità spaziale del campo ? Quante misure occorre effettuare ?

Secondo le linee guida ICNIRP i valori di azione per il campo elettrico e per il campo magnetico debbono essere intesi come media spaziale sul volume occupato dal soggetto esposto.

Le misure devono quindi essere rappresentative dell'andamento del campo sulle diverse parti del corpo del lavoratore esposto nella sua reale postura durante il lavoro in condizioni di campo non perturbato.

Relativamente alle basse frequenze (fino a 10 MHz), i limiti di esposizione per la densità di corrente sono definiti nella testa (erroneamente "corpo" nella Tabella 1 dell'Allegato XXXVI) e nel tronco. In questo caso sono quindi indispensabili almeno 2 misure in corrispondenza della testa e del tronco. Il numero di misure deve ad ogni modo essere tale da rappresentare adeguatamente la variabilità spaziale del campo. Il superamento dei valori di azione esclusivamente in corrispondenza degli arti del lavoratore non è indice del superamento dei limiti di esposizione per la densità di corrente nella testa e nel tronco (ICNIRP).

Nel caso delle radiofrequenze e microonde (al di sopra di 100 kHz) i limiti di esposizione sono finalizzati a prevenire eccessivo riscaldamento sistemico o localizzato in ogni parte del corpo. Sono quindi necessarie almeno 4 misure in corrispondenza di testa, tronco, arti superiori e inferiori. Anche in questo caso il numero di misure deve essere tale da rappresentare adeguatamente la variabilità spaziale del campo.

Nell'intervallo di frequenze 10-110 MHz in condizioni di esposizione ad un campo elettrico fortemente disomogeneo e stretta prossimità con la sorgente è indispensabile anche la misura della corrente indotta attraverso gli arti (esistono strumenti commercialmente disponibili) da confrontarsi con il relativo valore di azione, ( $I_L$ , Tabella 2 dell'Allegato XXXVI - DLgs.81/2008).

#### **4.14 – Correnti di contatto**

Non esistono ad oggi strumenti in commercio e procedure standard per la valutazione del rispetto dei valori di azione delle correnti di contatto, così come definiti nella direttiva 2004/40/CE e nel Capo IV del Titolo VIII del TU. In attesa della definizione di pertinenti buone prassi o norme tecniche, nel caso di presenza di sorgenti non giustificabili (vedi punto 4.06, Tabella 6.1) si raccomanda l'utilizzo di guanti protettivi per i lavoratori professionalmente esposti ove la mansione comporti il possibile contatto con conduttori non in tensione, di informare al lavoratore sulla possibilità di tale rischio e di verificare le corrette condizioni di installazione delle macchine sotto il profilo della sicurezza elettrica.

#### **4.15 – E' tecnicamente corretto utilizzare misuratori personali ?**

I misuratori personali sono strumenti che possono essere indossati dal lavoratore, e che registrano l'andamento nel tempo dei livelli di campo elettrico o magnetico.

Misuratori personali di campo magnetico possono essere utilizzati per misure fino alla frequenza di qualche kHz senza particolari problemi, a patto di non avere a che fare con segnali complessi con forti transitori, che tali dispositivi non sono in grado di misurare correttamente.

Sono disponibili sul mercato anche misuratori personali in radiofrequenza, che invece possono essere utilizzati solo come segnalatori di situazioni di allarme o di attenzione, da approfondire successivamente con tecniche di misura più rigorose. I



risultati ottenuti con misuratori individuali in radiofrequenza non devono essere utilizzati per il confronto con i valori d'azione, che per definizione si riferiscono a condizioni di campo imperturbato (cioè in assenza del soggetto esposto), considerato anche l'elevato margine di incertezza che viene introdotto dalla presenza del corpo umano in prossimità dello strumento di misura.

#### **4.16 – Quali specifiche indicazioni per le esposizioni a campi pulsati e in presenza di segnali complessi ?**

Come precisato al 4.11, il rispetto dei limiti di esposizione e valori di azione fino alla frequenza di 100 KHz deve essere garantito su base istantanea, senza alcuna operazione di media temporale. Nel caso di segnali complessi con elevati transitori, molto comuni su tutte le macchine per riscaldamento o saldatura, è possibile applicare il metodo del “picco ponderato” (Guidance on determining compliance of exposure to pulsed and complex nonsinusoidal waveforms below 100 kHz with ICNIRP guidelines. – Health Physics, March 2003, Volume 84, Number 3), a patto che questo sia implementato sullo strumento a disposizione, e che detto strumento sia dotato di un rivelatore di picco adeguato alla natura del segnale (spesso le informazioni sui data-sheet sono insufficienti a tale fine).

Qualora lo strumento disponibile non implementi il metodo, o non sia equipaggiato con un rivelatore di picco adeguato, è necessario analizzare il segnale nel dominio del tempo al fine di applicare il metodo della frequenza equivalente (Linee Guida ICNIRP, 1998). Tale metodo consiste nel calcolo, a partire dalla durata  $t_p$  della massima variazione (o dell'impulso) del valore istantaneo del campo elettrico o magnetico, una frequenza equivalente di riferimento  $f = 1/(2t_p)$ . Il valore di picco del campo elettrico o magnetico sarà poi confrontato con il valore di azione alla frequenza equivalente, moltiplicato per  $\sqrt{2}$ . Per le frequenze comprese tra 100 kHz e 10 MHz, i valori di azione di picco per le intensità di campo sono calcolati moltiplicando i pertinenti valori efficaci (rms) per  $10^a$ , dove  $a = (0,665 \log (f/10) + 0,176)$ ,  $f$  in Hz.

Per campi a frequenze tra 100 kHz e 10 GHz, la valutazione dell'esposizione va effettuata considerando la potenza media per ogni intervallo di 6 minuti, per tenere in conto i tempi di risposta del sistema di termoregolazione del corpo umano. Il tipico caso di segnale pulsato alle alte frequenze è quello dei segnali radar. Nel caso di segnali pulsati modulati con frequenza della portante  $>10$  MHz, il valore di potenza media sulla durata dell'impulso deve essere inferiore a 1000 volte il valore d'azione su  $S_{eq}$  fissato a quella frequenza. Ciò equivale a considerare il valore del campo (elettrico) nella sola durata dell'impulso e confrontarlo con il corrispondente valore di azione moltiplicato per 32. Per le esposizioni localizzate al capo nell'intervallo di frequenza 0,3-10 GHz, viene fissato un limite aggiuntivo ( $SA \leq 10$  mJ/kg come media su ogni massa di 10 g di tessuto) per la prevenzione degli effetti acustici dovuti a termodilatazione. Tale limite è comunque verificabile solo con tecniche di calcolo numerico.

#### **4.17 – Come comportarsi all'esito della valutazione; con quali valori confrontarsi ?**

Qualora la valutazione non evidenzi il superamento dei valori di azione non è richiesto che vengano adottate specifiche azioni di prevenzione. Nel caso invece si

riscontri il superamento dei valori di azione si suggerisce di adottare direttamente le misure tecniche e organizzative finalizzate a ridurre l'esposizione senza ricorrere alla valutazione mediante calcolo sul rispetto dei valori limite per le complessità discusse al punto successivo.

Le misure tecniche e organizzative attuabili possono includere:

- 1) verifica delle corrette condizioni di installazione della macchina in termini di messa a terra e filtraggio rispetto all'impianto di rete;
- 2) ricollocazione della sorgente nel locale ed eliminazione delle superfici riflettenti che possono amplificare l'esposizione;
- 3) remotizzazione del controllo della macchina con conseguente allontanamento del lavoratore;
- 4) schermatura della sorgente, dei locali o dello spazio tra la sorgente e l'operatore;
- 5) ottimizzazione delle procedure di utilizzo della macchina;
- 6) limitazione degli accessi e segnalazione delle aree a rischio;
- 7) apposizione di segnaletica specifica per i soggetti particolarmente sensibili;
- 8) utilizzo di DPI, laddove disponibili, specifici per le frequenze di interesse (es. indumenti anti-RF, occhiali di protezione RF);
- 9) dispositivi d'allarme atti a segnalare tempestivamente il possibile superamento dei valori d'azione.

In caso di presenza di lavoratori particolarmente sensibili al rischio o di possibile interferenza con dispositivi medici elettronici, i valori misurati e/o calcolati, vanno confrontati non soltanto con i valori d'azione e con i valori limite di esposizione, ma anche con opportuni livelli di riferimento per la prevenzione dei rischi associati a tali problematiche. Se tali livelli non sono definiti da raccomandazioni o norme tecniche per la tipologia di dispositivo o di segnale analizzato, devono in ogni caso essere discusse le questioni relative a salute e sicurezza dei suddetti lavoratori.

#### **4.18 – Quali metodi numerici utilizzare per l'eventuale confronto coi VLE ?**

I valori limite di esposizione sono espressi in termini di grandezze dosimetriche, cioè grandezze che sono definite all'interno del corpo umano, al fine di descrivere l'interazione con i campi elettromagnetici. Questi parametri dosimetrici sono diversi in base all'intervallo di frequenza considerato: i principali sono la densità di corrente indotta nella parte più bassa dello spettro (fino a circa 1 MHz) e il SAR (tasso di assorbimento specifico) nella parte più alta dello spettro.

Trattandosi di parametri interni, essi non sono misurabili sul lavoratore: possono essere valutati tramite calcolo con modelli analitici (utili solo a fini qualitativi) o numerici.

Un'indicazione sulle metodologie di calcolo numerico che possono essere utilizzate nei vari intervalli di frequenza e per diverse tipologie di sorgente viene fornita da alcuni standard CENELEC. Ricordiamo tra i principali:

- 1) EN 50413 "Basic standard on measurement and calculation procedures for human exposure to electric, magnetic and electromagnetic fields (0Hz – 300GHz)"
- 2) EN 50420 "Basic standard for the evaluation of human exposure to electromagnetic fields from a stand-alone broadcast transmitter"

- 3) EN 50475 “Basic standard for the calculation and the measurement of human exposure to electromagnetic fields from broadcasting service transmitters in the HF bands (3MHz – 30MHz)”
- 4) EN 62226 “Esposizione ai campi elettrici e magnetici nell’intervallo delle frequenze basse e intermedie – Metodi di calcolo della densità di corrente e del campo elettrico interno-indotti nel corpo umano”:
  - Part 1: General aspects
  - Part 2-1: Exposure to magnetic fields – 2D models
  - Part 3-1: Exposure to electric fields – 2D models

Dettagliate informazioni pratiche sono anche disponibili nella "*Guidances on occupational exposure assessment - Numerical dosimetry*", redatta dall’Ispesl e disponibile sul sito del progetto EMF-NET al link indicato al punto 4-8, della quale è in corso l’attività di traduzione in italiano che sarà disponibile sul sito dell’Ispesl.

I modelli numerici permettono di rappresentare con maggiore dettaglio lo scenario espositivo, e sono più adatti alle valutazioni per il confronto con i limiti. Essi utilizzano metodi di calcolo come il metodo delle impedenze, l’FDTD (Finite Differences Time Domain), il MoM (Method of Moments), modellizzando la propagazione del campo elettromagnetico all’interno del corpo, in funzione delle caratteristiche morfologiche ed elettriche dei tessuti. Questo tipo di tecnica permette di caratterizzare l’esposizione di un soggetto con un grado di precisione limitato da alcune problematiche, relative prevalentemente alla disponibilità di modelli anatomico-digitali dell’organismo umano (mancano modelli con posture complesse e caratteristiche morfologiche particolari) e alle incertezze sulle caratteristiche dielettriche dei tessuti biologici (in particolare alle frequenze più basse). L’utilizzo delle tecniche di calcolo numerico può risultare indispensabile in particolari scenari espositivi, come esposizioni fortemente localizzate o disuniformi in stretta prossimità della sorgente (come nel caso dei telefoni cellulari), specialmente ai fini della verifica del rispetto dei limiti di esposizione per il SAR locale.

Va anche detto che l’utilizzo delle tecniche di calcolo numerico è ad oggi appannaggio pressoché esclusivo di centri ricerca altamente specializzati e trova applicazione elettiva ai fini della standardizzazione dei prodotti. Non è ancora pensabile l’utilizzo estensivo di detto strumento da parte di tutti i datori di lavoro, soprattutto per le piccole e medie imprese.

#### **4.19 – Alla luce delle indicazioni del Capo IV, Titolo VIII, DLgs.81/2008 come deve essere strutturata e che cosa deve riportare la Relazione Tecnica ?**

Si fornisce di seguito uno schema di riferimento per la stesura della Relazione Tecnica nel rispetto delle indicazioni previste dalle norme CEI 211-6 e 211-7 e dallo standard EN 50499.

##### **1. Premessa**

- Obiettivo della valutazione
- Luogo e data della valutazione
- Caratterizzazione del luogo di lavoro con individuazione degli apparati in grado di emettere campi elettromagnetici e delle posizioni di lavoro (layout)
- Definizione delle principali caratteristiche delle sorgenti di campo e in particolare potenza e frequenza di emissione

- Lista degli eventuali standard riferibili agli apparati
  - Eventuale dimostrazione di giustificazione dell'apparato.
- 1.1. Nel caso siano effettuate misurazioni:
- Descrizione delle condizioni di utilizzo dell'apparato: processo di lavoro, tempi di esposizione, posizione del lavoratore rispetto all'apparato durante le fasi che comportano esposizione ai CEM
  - Caratteristiche della strumentazione di misura e riferimenti dell'ultima taratura;
  - Posizioni di misura
  - Condizioni della sorgente durante la misura. Le misure devono essere effettuate nelle condizioni di utilizzo della macchina più sfavorevoli tra quelle operative, e laddove ciò non sia possibile nelle diverse modalità operative. In ogni caso le condizioni in cui sono state prese le misure (posizione dell'operatore, posizione degli altri lavoratori oltre l'operatore, tempo speso nelle postazioni, operazioni, manutenzione e riparazione a distanze dalle sorgenti inferiori a quelle raccomandate dalle istruzioni delle ditte fabbricanti, ecc.) devono essere descritte con il massimo dettaglio.
  - Durata delle misure
- 1.2. Nel caso vengano effettuate valutazioni tramite calcolo:
- Software e data-base anatomico utilizzato
  - Condizioni della sorgente nella modellizzazione

## **2. Risultati delle misure/dei calcoli**

- Valori misurati e/o calcolati
- Incertezza
- Indicazione della natura della grandezza misurata o calcolata (valore di picco/rms, media spaziale/temporale, ecc.)
- In relazione al tipo di sorgente ed alla utilizzazione dei risultati, può essere opportuno elaborare questi ultimi in modo da poterli presentare in termini di:
- Andamenti temporali dei valori globali a banda larga in funzione del tempo e/o della distanza dalla sorgente;
- Spettri di frequenza;
- Risultati di analisi puntuali in ambienti/locali particolari (nei pressi di hot spots, feeders, commutatori, ambienti chiusi, ecc.)

## **3. Conclusioni con indicazione delle misure di prevenzione e protezione**

Sono qui da riportare i livelli di rischio identificati (si raccomanda di indicare i dati di esposizione individuali) e gli interventi suggeriti (strutturali e/o procedurali) nonché la descrizione della segnaletica da apporre nei vari ambienti.

Il Documento redatto a conclusione della valutazione del rischio sulla base della Relazione Tecnica deve essere datato e contenere quanto indicato all'art.28 comma 2 ed in particolare il piano delle azioni per la riduzione del rischio.

**4.20 – Da quali livelli di esposizione far partire la informazione / formazione ?**

Si raccomanda di attivare l'informazione / formazione (obbligo già vigente e sanzionabile ai sensi dell'art.184), per quei lavoratori che possono risultare esposti a livelli superiori a quelli raccomandati per il pubblico, e in ogni caso in relazione all'utilizzo di attrezzature potenzialmente in grado di produrre interferenze elettromagnetiche su dispositivi medici impiantati (vedi anche punto 4.21).

**4.21 – Quali i contenuti della informazione e formazione?**

I lavoratori professionalmente esposti a CEM dovranno essere informati sugli esiti della valutazione del rischio CEM in azienda, sul significato dei limiti di esposizione e dei valori di azione nonché dei potenziali rischi associati all'esposizione.

L'informazione, che deve comunque sempre includere nozioni sulle condizioni che possono comportare particolare suscettibilità e in particolare un avviso ai soggetti portatori di dispositivi o protesi mediche impiantate finalizzati alla segnalazione dei possibili rischi per la salute, ed alla richiesta da parte del lavoratore di visita di idoneità specifica alla mansione, deve fare particolare riferimento a:

- 1) livelli di esposizione delle diverse mansioni e attività;
- 2) classificazione delle aree, con chiara identificazione di quelle che possono esporre i lavoratori a livelli superiori a quelli previsti per la popolazione, quelle dove si superano i livelli di azione ed infine quelle non adatte ai lavoratori particolarmente sensibili;
- 3) controindicazioni specifiche all'esposizione (elencazione delle condizioni di salute che consentono di classificare un lavoratore come "particolarmente sensibile") e conseguente necessità di segnalazione al medico competente di tali condizioni;
- 4) indicazione delle modalità per l'accesso, su richiesta del lavoratore, alla sorveglianza sanitaria.

I lavoratori professionalmente esposti a CEM dovranno essere formati sulle misure di sicurezza da adottare al fine di prevenire i rischi per la salute e sicurezza specifici associati all'esposizione. In particolare i lavoratori che si trovino ad operare presso aree classificate a rischio di esposizione dovranno ricevere adeguata formazione sugli opportuni accorgimenti e modalità operative da adottare al fine di:

- prevenire il superamento dei livelli d'azione;
- uso e manutenzione dei DPI;
- uso e manutenzione dei dispositivi di segnalazione di allarme;
- procedure e norme comportamentali idonee a ridurre al minimo l'esposizione.

**4.22 – Da quali livelli di esposizione far partire la sorveglianza sanitaria ?**

I riferimenti legislativi da tenere in considerazione per una risposta al quesito sono i seguenti:

- 1) le misure per la protezione dei lavoratori dai rischi da esposizione a CEM previste nel Capo IV del Titolo VIII del DLgs.81/2008 costituiscono il recepimento della Direttiva Europea 2004/40/CE, e riguardano la prevenzione e protezione dagli effetti nocivi a breve termine (art. 206, DLgs.81/2008, Campo di applicazione) (vedi anche punto 4.2);

- 2) esiste la necessità di una particolare tutela nei confronti del rischio di effetti sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori particolarmente sensibili, come definito nell'art. 209 del Capo IV per quanto specificamente i CEM, ma previsto, in termini generali, nel Capo I del Titolo VIII (Principi Generali, art.183, DLgs.81/2008);
- 3) la sorveglianza sanitaria è definita (art. 2 comma 1 lettera m del DLgs.81/2008) “insieme degli atti medici, finalizzati alla tutela dello stato di salute e sicurezza dei lavoratori, in relazione all’ambiente di lavoro, ai fattori di rischio professionali e alle modalità di svolgimento dell’attività lavorativa” e secondo l’art. 41 comma 1 dello stesso provvedimento “... è effettuata dal medico competente: a) nei casi previsti dalla normativa vigente, dalle indicazioni fornite dalla Commissione consultiva di cui all’art. 6; b) qualora il lavoratore ne faccia richiesta e la stessa sia ritenuta dal medico competente correlata ai rischi lavorativi.

Con queste premesse, nel quadro legislativo attuale caratterizzato dalla non vigenza del Capo IV del Titolo VIII del DLgs.81/2008, ma dalla vigenza dei Principi Generali affermati nel Capo I dello stesso Titolo (al proposito, vedi anche il punto 4.1), si ricorda al medico competente, se previsto ex art.41 comma 1 del medesimo decreto legislativo, di effettuare accertamenti sanitari mirati al rischio:

- ai lavoratori individuati come particolarmente sensibili;
- ai lavoratori per i quali è stata rilevata una elevata esposizione a campi elettromagnetici, indicativamente al di sopra dei valori di azione e sussista il rischio che siano superati i valori limite di esposizione previsti dal Capo IV del Titolo VIII del DLgs.81/2008.

Nel caso di lavoratori occupati in aziende ove non è incaricato alcun medico competente, a fronte di una loro sollecitazione a considerare la loro specifica condizione di rischio, il datore di lavoro può avvalersi del percorso indicato dall'art.5, comma 3, della legge 300/70 (Commissioni mediche pubbliche). Va evidenziato che una corretta e completa informazione e formazione dei lavoratori (vedi punti **4.20** e **4.21**), specie per quanto riguarda le condizioni di particolare suscettibilità (vedi punto **4.24**), è presupposto essenziale affinché il lavoratore possa evitare danni alla propria salute, soprattutto in assenza di sorveglianza sanitaria.

#### **4.23 – Quale il ruolo della segnaletica e della delimitazione delle aree ?**

La segnaletica di identificazione della presenza di campi elettromagnetici entra in gioco, ai sensi dell'art.210, comma 2 del DLgs. 81/2008 (ma anche dell'Allegato XXV, Punto 3.2, richiamato dall'art. 163 dello stesso DLgs.), nel caso in cui vi sia un'area in cui i lavoratori possono essere esposti a campi elettromagnetici che superano i valori d'azione.

In questo caso, l'area va indicata tramite l'apposita segnaletica (**Figura 23.1**), e l'accesso alla stessa va limitato laddove ciò sia tecnicamente possibile e sussista un rischio di superamento dei valori limite di esposizione.

Lo stesso articolo chiarisce che l'obbligo di indicazione con la segnaletica non sussiste nel caso in cui, nella valutazione dei livelli di campo elettromagnetico, il datore di lavoro dimostri che:

- 1) i valori limite di esposizione non sono superati;
- 2) possono essere esclusi rischi relativi alla sicurezza.



**Figura 23.1:** segnaletica di presenza di radiazioni elettromagnetiche che possono generare condizioni di esposizione non accettabili.

Tutto ciò va adattato alle esigenze dei lavoratori esposti particolarmente sensibili al rischio: nel caso in cui, ad esempio, siano presenti tra i lavoratori portatori di pacemaker o di altri apparati elettromedicali, il cui funzionamento possa essere compromesso da livelli di campo anche inferiori ai valori d'azione, bisognerà indicare con adeguata segnaletica le aree a rischio, e limitarne l'accesso ai suddetti lavoratori.

Oltre agli aspetti visti fin qui, lo standard CENELEC EN 50499 individua in appendice una procedura facoltativa per la zonizzazione dell'azienda.

Tale procedura, che prevede di definire tre tipologie di zone di seguito meglio specificate, può essere utile a identificare e/o limitare gli accessi a parti di un'azienda in funzione della possibilità di essere esposti a determinati valori di campo.

Le zone sono in particolare così determinate:

Zona 0 = zona in cui i livelli di esposizione rispettano i limiti nazionali per la popolazione, oppure in cui tutte le sorgenti sono tra quelle giustificabili a priori.

Zona 1 = zona in cui i livelli di esposizione possono superare i limiti nazionali per la popolazione, ma rispettano il limite occupazionale

Zona 2 = zona in cui i livelli di esposizione possono superare i limiti occupazionali. Se è possibile l'accesso a questa zona, allora dovranno essere messe in atto misure per ridurre l'esposizione o limitare l'accesso.

#### **4.24 – Quali sono i soggetti particolarmente sensibili al rischio ?**

In base ai dati forniti dalla letteratura scientifica, sono attualmente da considerare soggetti con possibili controindicazioni e/o particolarmente sensibili alle esposizioni a campi elettrici e magnetici quelli elencati nella tabella seguente (**Tabella 24.1**).

Peraltro, la Tabella 24.1 è suscettibile di aggiornamenti in funzione dell'evoluzione delle conoscenze sui rischi delle esposizioni ai CEM.

#### **4.25 – Quali sono le ricadute della nuova normativa sui DUVRI e sui PSC/POS ?**

Nel Documento unico di valutazione dei rischi interferenti (DUVRI) di cui all'art.26, comma 3, del DLgs.81/2008, il datore di lavoro committente indicherà innanzitutto i luoghi di lavoro dove i lavoratori potrebbero essere esposti a CEM che superano i livelli di azione precisando le misure di prevenzione e protezione da adottarsi (limitazione della durata delle esposizioni, possibili interferenze, impiego DPI, utilizzo di misuratori personali ...).

**Tabella 24.1:** soggetti da considerare particolarmente sensibili al rischio da effetti acuti da CEM

<p>a) Soggetti portatori di:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schegge o frammenti metallici</li> <li>• Clip vascolari</li> <li>• Valvole cardiache</li> <li>• Stent</li> <li>• Defibrillatori impiantati</li> <li>• Pace maker cardiaci</li> <li>• Pompe di infusione di insulina o altri farmaci</li> <li>• Corpi metallici nelle orecchie o impianti per udito</li> <li>• Neurostimolatori, elettrodi impiantati nel cervello o subdurali</li> <li>• Distrattori della colonna vertebrale</li> <li>• Altri tipi di stimolatori o apparecchiature elettriche o elettroniche di qualunque tipo</li> <li>• Corpi intrauterini (ad esempio spirale o diaframma)</li> <li>• Derivazioni spinali o ventricolari, cateteri cardiaci</li> <li>• Protesi metalliche di qualunque tipo (es. per pregresse fratture, interventi correttivi articolari etc.), viti, chiodi, filo etc.</li> <li>• Espansori mammari</li> <li>• Protesi peniene</li> <li>• Altre protesi</li> </ul> <p>b) Stato di gravidanza;</p> <p>c) Soggetti con patologie del SNC, in particolare soggetti epilettici;</p> <p>d) Soggetti con infarto del miocardio recente e con patologie del sistema cardiovascolare.</p>
--

Nel caso in cui, le esposizioni a CEM dei lavoratori pur non superando il livello di azione possano superare il livello di riferimento raccomandato per la popolazione, il datore di lavoro né darà ugualmente comunicazione al fine di prevenire eventuali rischi per i lavoratori portatori di dispositivi/impianti medicali attivi o passivi.

Il tema dei rischi interferenti è particolarmente pertinente nel caso della protezione dei lavoratori che svolgono mansioni che prevedono la salita su torri e tralicci per le telecomunicazioni. In questi casi è infatti frequente la condivisione del supporto fisico (il traliccio) o del sito tra più esercenti, e spesso l'attribuzione dell'incarico di intervento o manutenzione su un particolare elemento avviene in regime di sub-appalto.

Al fine di una valutazione completa del rischio si raccomanda che il datore di lavoro committente si rapporti con gli altri esercenti per ottenere informazioni sulle complessive emissioni del sito, da trasferire all'appaltatore all'interno DUVRI.

Il Coordinatore alla sicurezza in fase di progettazione (CSP) all'atto dell'elaborazione del Piano di sicurezza e di coordinamento (PSC; art.100, DLgs.81/2008) dovrà prendere in considerazione il problema relativo all'esposizione a CEM in particolare in relazione a:



- campi generati da sorgenti (ad es.: linee elettriche ad alta tensione, ripetitori, cabine, antenne ...) poste in prossimità o all'interno dell'area del cantiere segnalandone i valori stimati di esposizione;
- alla possibile presenza di attività lavorative eseguite con attrezzature che potrebbero comportare un'esposizione a CEM.

Il Piano operativo di sicurezza (POS) redatto dal datore di lavoro dell'impresa esecutrice conterrà le informazioni relative alle attrezzature che potrebbero comportare il superamento del valore di azione. Inoltre esso dovrà contenere le informazioni relative all'eventuale superamento dei livelli di riferimento raccomandati per la popolazione per le attività vicine (ai fini della prevenzione degli effetti per i portatori di dispositivi medici) e l'indicazione delle misure/procedure adottate per eliminare o minimizzare il rischio. Il Coordinatore alla sicurezza in fase di esecuzione (CSE) adeguerà, se necessario, il PSC prevedendo le misure di prevenzione e protezione o l'idonea informazione in relazione alle possibili interferenze tra le diverse attività lavorative presenti nel cantiere.

**CREDITS Capo IV**

COORDINAMENTO  
TECNICO  
INTERREGIONALE  
DELLA PREVENZIONE  
NEI LUOGHI DI LAVORO

**Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro  
delle Regioni e delle Province autonome**

in collaborazione con

**Istituto Superiore per la Prevenzione E la Sicurezza del Lavoro*****Il testo è stato redatto dal Gruppo di lavoro composto da:***

Omar Nicolini (Az.USL Modena) con il ruolo di Coordinatore  
Sara Adda (ARPA-Piemonte, Dipartimento di Biella)  
Claudio Arcari (Az.USL di Piacenza)  
Sandra Bernardelli (Az.USL Bologna)  
Ivaldo Bernardini (Az.USL Bologna)  
Fabriziomaria Gobba (Università di Modena e Reggio Emilia)  
Nicola Marisi (ASL Lanciano Vasto)  
Paolo Paraluppi (ASL Pavia)  
Iole Pinto (AUSL 7 Siena)  
Tullio Poian (ASS 4 Medio Friuli)  
Paolo Rossi (ISPESL – Dipartimento Igiene del Lavoro)  
Anna Maria Vandelli (Az.USL Modena)

***Il testo è disponibile:***

- 1) unitamente a tutti gli altri materiali realizzati dal Coordinamento Tecnico delle Regioni e delle Province autonome, all'indirizzo:  
[http://www.ausl.mo.it/dsp/spsal/spsal\\_lg\\_coord\\_interregionale.htm](http://www.ausl.mo.it/dsp/spsal/spsal_lg_coord_interregionale.htm)
- 2) unitamente a tutti gli altri materiali promossi o realizzati con la collaborazione di Ispesl: <http://www.ispesl.it>

## 5. SUL CAPO V DEL DLGS.81/2008 – RADIAZIONI OTTICHE ARTIFICIALI (ROA)

### 5.01 – Come ci si deve comportare in caso di lavorazioni che espongono al rischio di radiazioni ottiche naturali ?

Il Capo V del Titolo VIII tratta della protezione dei lavoratori dai rischi fisici associati all'esposizione alle Radiazioni Ottiche di origine artificiale, e a questo argomento sono esclusivamente dedicati gli approfondimenti proposti a seguito.

L'esplicita esclusione delle radiazioni ottiche naturali dal Capo V lascia un vuoto nell'impianto normativo, soprattutto considerando che la radiazione solare è nel gruppo dei cancerogeni certi per l'uomo indicati dalla IARC - International Agency for Research on Cancer.

Pur prendendo atto delle diverse priorità che il legislatore europeo ha assegnato alle varie fonti di rischio, si segnala che l'art.28 impone la valutazione di “...*tutti i rischi per la sicurezza e la salute dei lavoratori...*”. In sostanza quindi, in tutti quei casi nei quali il processo lavorativo o la mansione comportino una significativa esposizione del lavoratore alla radiazione solare, si dovrà effettuare una valutazione dei rischi specifica (da intendersi come processo finalizzato ad individuare le adeguate misure di prevenzione e a garantire il miglioramento nel tempo dei livelli di salute e sicurezza), anche perché gli effetti di questo rischio sono ormai scientificamente noti da tempo.

Per la valutazione del rischio da radiazioni ottiche naturali ci si può riferire alle indicazioni generali fornite al **Capitolo 1** di questo documento (“Sul Capo I del Titolo VIII del DLgs.81/2008 – Disposizioni generali”) ed alla norma UNI EN 14255-3:2008.

### 5.02 – Cosa sono e dove sono presenti, sono prodotte o vengono utilizzate le ROA nei luoghi di lavoro ?

La radiazione ottica comprende le componenti dello spettro elettromagnetico di lunghezza d'onda minore dei campi elettromagnetici (trattati al Capo IV del Titolo VIII del DLgs.81/2008) e maggiore di quelle delle radiazioni ionizzanti (trattate dal DLgs.230/1995 e s.m.).

L'intervallo delle lunghezze d'onda delle ROA è compreso tra 100 nm e 1 mm (con le bande spettrali degli infrarossi –IR–, del visibile –VIS– e dell'ultravioletto –UV–) mentre l'energia ( $E=h\nu$ ) è compresa tra  $10^{-3}$  e 12 eV (vedi **Tabella 2.1**)

Le sorgenti di radiazioni ottiche possono inoltre essere classificate in **coerenti** e **non coerenti**.

Le prime emettono radiazioni in fase fra di loro (i minimi e i massimi delle radiazioni coincidono), mentre le seconde emettono radiazioni sfasate (vedi **Figura 2.2**).

I L.A.S.E.R. (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) sono sorgenti di radiazioni ottiche artificiali coerenti, mentre tutte le altre sono non coerenti.

I laser sono dispositivi che emettono radiazioni ottiche di un'unica lunghezza d'onda, direzionali e di elevata intensità.

**Tabella 2.1:** rappresentazione delle bande spettrali delle ROA ( $\lambda$  = lunghezza d'onda,  $\nu$  = frequenza ed E = energia).  
 In Letteratura si possono trovare limiti di banda leggermente diversi

Banda	IR-C	IR-B	IR-A	VISIBILE	UV-A	UV-B	UV-C
$\lambda$ (nm)	10 <sup>6</sup> ÷ 3000	3000 ÷ 1400	1400 ÷ 780	780 ÷ 400	400 ÷ 315	315 ÷ 280	280 ÷ 100
$\nu$ (GHz)	300 ÷ 0,4 × 10 <sup>6</sup>			0,4 × 10 <sup>6</sup> ÷ 0,75 × 10 <sup>6</sup>	0,75 × 10 <sup>6</sup> ÷ 3 × 10 <sup>6</sup>		
E (eV)	~ 10 <sup>-3</sup> ÷ 1,6			1,6 ÷ 3,3	3,3 ÷ 12		

**Figura 2.2**



La lunghezza d'onda è determinata principalmente<sup>2</sup> dal materiale attivo impiegato e può trovarsi sia nell'infrarosso, sia nel visibile, sia nell'ultravioletto.

Le sorgenti di radiazioni ottiche artificiali nelle attività lavorative sono molteplici. Nelle **Tablelle 2.3** e **2.4** vengono forniti due elenchi non esaustivi dei principali campi di applicazione.

**Tabella 2.3**

<b>ESEMPI DI SORGENTI NON COERENTI*</b>	
IR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riscaldatori radianti</li> <li>• Forni di fusione metalli e vetro</li> <li>• Cementerie</li> <li>• Lampade per riscaldamento a incandescenza</li> <li>• Dispositivi militari per la visione notturna</li> </ul>
VISIBILE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sorgenti di illuminazione artificiale (lampade ad alogenuri metallici, al mercurio, sistemi LED ...)</li> <li>• Lampade per uso medico (fototerapia neonatale e dermatologica) / estetico</li> <li>• Luce pulsata –IPL (Intense Pulsed Light)–</li> <li>• Saldatura</li> </ul>
UV	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sterilizzazione</li> <li>• Essiccazione inchiostri, vernici</li> <li>• Fotoincisione</li> <li>• Controlli difetti di fabbricazione</li> <li>• Lampade per uso medico (es.: fototerapia dermatologica) e/o estetico (abbronzatura) e/o di laboratorio</li> <li>• Luce pulsata –IPL–</li> <li>• Saldatura ad arco / al laser</li> </ul>
* Alcune delle sorgenti di cui sopra emettono non solo nella banda di riferimento, ma anche in quelle vicine	

**Tabella 2.4**

<b>ESEMPI DI SORGENTI LASER</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Applicazioni mediche e mediche per uso estetico</li> <li>• Applicazioni per solo uso estetico (depilazione)</li> <li>• Telecomunicazioni, informatica</li> <li>• Lavorazioni di materiali (taglio, saldatura, marcatura e incisione)</li> </ul>

<sup>2</sup> In alcuni casi il sistema può essere pilotato in modo che dallo stesso mezzo attivo possa essere generata una lunghezza d'onda dimezzata rispetto a quella fondamentale. L'esempio più noto e applicato è il laser Nd:YAG che, in funzione delle applicazioni, può essere costruito per emettere alla lunghezza d'onda di 1064 (IR), 532 (VIS) o 266 nm (UV).

**ESEMPI DI SORGENTI LASER**

- Metrologia e misure
- Applicazioni nei laboratori di ricerca
- Beni di consumo (lettori CD e “bar code” ...) e intrattenimento (laser per discoteche e concerti ...)

**5.03 – Da quando il Capo V del Titolo VIII del DLgs.81/2008 è pienamente in vigore ?**

Il Capo I del Titolo VIII del DLgs.81/2008 è pienamente in vigore per tutti gli obblighi in esso richiamati ed in tutti i settori produttivi dal 01/01/2009, mentre per il Capo V (ROA) il legislatore ha previsto l'entrata in vigore il 26/04/2010.

Si sottolinea comunque il principio affermato in generale all'art.28 e ribadito relativamente agli agenti fisici all'art.181, che impegna il datore di lavoro alla valutazione di tutti i rischi per la salute e la sicurezza, inclusi quelli derivanti da esposizioni alle radiazioni ottiche artificiali, in relazione al quale esiste quindi l'obbligo (sanzionabile) alla valutazione ed all'adozione delle idonee misure preventive e protettive per eliminare o minimizzare il rischio.

Per quanto riguarda i compiti di vigilanza, fino alla data del 26/04/2010 non saranno richiedibili e sanzionabili le inottemperanze agli obblighi specificamente previsti dal Capo V del Titolo VIII del DLgs.81/2008, ma resteranno validi, richiedibili e sanzionabili i principi generali affermati nel Titolo I e nel Capo I del Titolo VIII.

In questo contesto, data anche la vicinanza temporale con la scadenza legislativa, si raccomanda sin da ora di utilizzare le disposizioni del Capo V del Titolo VIII del DLgs.81/2008.

**5.04 – Quali sono i rischi per la salute e la sicurezza che si vogliono prevenire?**

In generale i rischi che la legislazione intende prevenire sono quelli per la salute e la sicurezza che possono derivare dall'esposizione alle radiazioni ottiche artificiali o dal loro impiego durante il lavoro, con particolare riguardo ai rischi dovuti agli effetti nocivi sugli occhi e sulla cute.

La tipologia di effetti dell'esposizione dipende dalla lunghezza d'onda della radiazione incidente, mentre dall'intensità dipendono sia la possibilità che questi effetti si verificano che la loro gravità.

L'interazione della radiazione ottica con l'occhio e la cute può provocare conseguenze dannose come riportato nella **Tabella 4.1**.

Oltre ai rischi per la salute dovuti all'esposizione diretta alle radiazioni ottiche artificiali esistono ulteriori rischi indiretti, quali:

- sovraesposizione a luce visibile: disturbi temporanei visivi, quali abbagliamento, accecamento temporaneo;
- rischi di incendio e di esplosione innescati dalle sorgenti stesse e/o dal fascio di radiazione;

e ulteriori rischi associati alle apparecchiature/lavorazioni che utilizzano ROA quali stress termico, contatti con superfici calde, rischi di natura elettrica ....

Poiché le sorgenti laser possono generare radiazioni di elevatissima intensità, i danni conseguenti possono risultare estremamente gravi.

**Tabella 4.1:** principali effetti dannosi della radiazione ottica sull'occhio e la pelle

Regione spettrale	Occhio	Pelle
Ultravioletto C (da 100 nm a 280 nm)	Fotocheratite Fotocongiuntivite	Eritema (scottatura della pelle)
Ultravioletto B (da 280 nm a 315 nm)		
Ultravioletto A (da 315 nm a 400 nm)	Cataratta fotochimica	Reazione di fotosensibilità
Visibile (da 400 nm a 780 nm)	Lesione fotochimica e termica della retina	
Infrarosso A (da 780 nm a 1400 nm)	Cataratta bruciatura della retina	Bruciatura della pelle
Infrarosso B (da 1400 nm a 3000 nm)	Cataratta, bruciatura della cornea	
Infrarosso C (3000 nm a 1 mm)	Bruciatura della cornea	
		Tumori cutanei Processo accelerato di invecchiamento della pelle

Per alcuni tipi di sorgenti laser vanno presi in considerazione anche rischi di natura chimica e biologica (nei laser a coloranti; nei fumi, aerosol e polveri associati all'impiego), rischi correlati all'uso di sistemi criogenici (es.: dovuti ai gas di raffreddamento della sorgente) e di radiazioni collaterali (ionizzanti e ottiche) concomitanti al funzionamento della sorgente stessa.

#### **5.05 – Quali caratteristiche deve avere il “personale adeguatamente qualificato” che effettua la valutazione del rischio ?**

Fermi restando i principi generali fissati dal Titolo I del DLgs.81/2008, i riferimenti legislativi vanno ricercati tanto nell'art.32 quanto nell'art.181 del DLgs.81/2008 ove si afferma che il personale qualificato deve avere specifiche conoscenze in materia di rischi da agenti fisici. In questo contesto la dicitura “personale qualificato” definisce correntemente un operatore che abbia sostenuto un corso di qualificazione conclusosi con una valutazione positiva e documentabile dell'apprendimento.

In assenza di qualsiasi riferimento su durata e contenuti del corso, sui soggetti (enti/aziende) autorizzati alla valutazione ed all'espressione della certificazione finale, si suggerisce di giudicare il “personale qualificato” essenzialmente sulla base del curriculum (richiedendo un curriculum specifico nel settore ed in particolare la partecipazione ad almeno un corso teorico-pratico sulla materia), del rispetto delle norme di buona tecnica e di buona prassi (apparecchiature adeguate, modalità tecniche appropriate) e del prodotto finale del proprio lavoro (una relazione tecnica con tutti gli elementi richiesti dal Capo V, Titolo VIII, DLgs.81/2008; vedi **Punto 5.20**).

Indicazioni sui requisiti di questa figura professionale che potrebbero orientare la scelta del datore di lavoro sono contenute nei documenti “*La figura professionale dell'esperto nella valutazione dei rischi da campi elettromagnetici (0 Hz–300 GHz) e da radiazione ottica coerente e incoerente*” e “*Profili professionali degli Esperti per la valutazione delle radiazioni ottiche non coerenti-ERO e coerenti-ASL/TSL*” redatti a cura della CIIP (Consulta Interassociativa Italiana per la Prevenzione) e disponibili sul sito web della Consulta medesima ([HTTP://WWW.OSPEDALESICURO.EU/](http://www.ospedalesicuro.eu/)) che, in particolare definiscono i profili professionali dell'Esperto nella valutazione dei rischi derivanti da Radiazioni Ottiche non coerenti (ERO), dell'Addetto alla Sicurezza Laser in ambito sanitario (ASL) e del Tecnico per la Sicurezza Laser negli ambiti industriali, di ricerca e nei settori civili e ambientali (TSL).

#### **5.06 – Come si può effettuare la valutazione del rischio di esposizione alle ROA?**

Per effettuare la valutazione del rischio di esposizione alle ROA lo schema di flusso consigliato è il seguente:

- 1) Conoscenza delle sorgenti: è necessario preliminarmente censire le sorgenti ROA (attenzione a non limitarsi a consultare inventari spesso non correttamente aggiornati) ed acquisirne i dati forniti dai fabbricanti o, in loro assenza, da documenti tecnici o lavori presenti in Letteratura che trattano sorgenti analoghe. Utilizzare, ove disponibile, la classificazione delle sorgenti secondo le norme tecniche specifiche o la conformità a standard tecnici, può consentire la “giustificazione” che permette di non effettuare una valutazione



approfondita del rischio in quanto trascurabile (vedi **Punto 5.07**), ovvero di stabilire direttamente (senza effettuare misurazioni - vedi **Punto 5.13**) il superamento o meno dei valori limite.

- 2) Conoscenza delle modalità espositive: tutte le attività che comportano o possono comportare l'impiego di sorgenti ROA devono essere censite e conosciute a fondo; in particolare devono essere individuate le tipologie di sorgenti, le modalità di impiego ed i luoghi in cui sono operanti, acquisendo, se possibile, i "layout" o le planimetrie dove sono installate le sorgenti. Per potere valutare i lavoratori a rischio e la loro effettiva esposizione è importante acquisire anche i tempi, le distanze e le modalità di esposizione per le sorgenti non coerenti, mentre per quelle laser è importante verificare anche eventuali riflessioni.
- 3) Esecuzione di misure: nel caso non siano disponibili i dati del fabbricante o non vi siano riferimenti a standard tecnici specifici, è necessario effettuare delle misure strumentali secondo le indicazioni fornite da norme tecniche specifiche (vedi **Punti 5.14 e 5.15**). Le misure devono essere eseguite con strumentazione adeguatamente tarata, dotata di caratteristiche idonee ai parametri da rilevare (vedi **Punto 5.17**).
- 4) Esecuzione di calcoli: partendo dai dati forniti dal fabbricante, dai dati di letteratura o dai valori misurati, mediante appositi calcoli si ottengono le grandezze necessarie al confronto con i valori limite (es.: dall'irradianza spettrale fornita dal costruttore o misurata, si stima l'irradianza efficace).
- 5) Confronto con i valori limite: i risultati acquisiti dalle fasi precedenti (dai dati dei produttori, dai dati di bibliografia, da misure strumentali o da calcoli) devono essere confrontati con i valori limite previsti nell'Allegato XXXVII del DLgs.81/2008 per stabilire il possibile superamento o meno di tali valori.

Utili riferimenti per la conduzione della valutazione del rischio da ROA non coerenti sono presenti nell'allegato A delle norme UNI EN 14255-1 e UNI EN 14255-2. Tale approccio può essere esteso alla valutazione del rischio da radiazioni laser che ha valido riferimento anche nella norma CEI EN 60825-1 e nelle guide per l'utilizzatore (CEI 76 fascicolo 3849R e fascicolo 3850R per le varie applicazioni) e nella norma CEI 76-6 (identica alla IEC 60825-8) fascicolo 5928 sulle problematiche nelle applicazioni mediche.

### **5.07 – Quali sono le condizioni nelle quali la valutazione del rischio può concludersi con la "giustificazione" secondo cui la natura e l'entità dei rischi non rendono necessaria una valutazione più dettagliata ?**

Costituisce esperienza condivisa che talune sorgenti di radiazioni ottiche, nelle corrette condizioni d'impiego, non danno luogo ad esposizioni tali da presentare rischi per la salute e la sicurezza. In questi casi è giustificato non dover procedere ad una valutazione del rischio più dettagliata.

Richiamato che inizialmente occorre sempre individuare (censire) ogni sorgente di radiazione ottica artificiale (vedi **Punto 5.06**), il termine "giustificazione" riportato dal legislatore nell'art.181, comma 3, si riferisce a tutte quelle situazioni espositive per le quali non è necessario effettuare un approfondimento della valutazione. D'altra parte l'approfondimento della valutazione è necessario in tutti quei casi di esposizione a ROA i cui effetti negativi non possono essere ragionevolmente esclusi.

Sono giustificabili tutte le apparecchiature che emettono radiazione ottica non coerente classificate nella *categoria 0* secondo lo standard UNI EN 12198:2009 (vedi **Punto 5.11**), così come le lampade e i sistemi di lampade, anche a LED, classificate nel gruppo “*Esente*” dalla norma CEI EN 62471:2009 (vedi anche **Punto 5.11 e Punto 5.13**)<sup>3,4</sup>.

Esempio di sorgenti di gruppo “*Esente*” sono l’illuminazione standard per uso domestico e di ufficio, i monitor dei computer, i display, le fotocopiatrici, le lampade e i cartelli di segnalazione luminosa. Sorgenti analoghe, anche in assenza della suddetta classificazione, nelle corrette condizioni di impiego si possono “giustificare”. Tutte le sorgenti che emettono radiazione laser classificate nelle classi 1 e 2 (attenzione: non 1M e 2M, ma neppure le apparecchiature di classe 1 o 2 che contengono sorgenti di classe superiore: vedi **Punto 5.13**) secondo lo standard IEC 60825-1 (vedi **ALLEGATO 1**) sono giustificabili.

Per le altre sorgenti occorrerà effettuare una valutazione del rischio più approfondita.

#### **5.08 – E’ disponibile un elenco di situazioni lavorative che devono essere certamente valutate ?**

La **Tabella 8.1** riporta le principali sorgenti non coerenti di radiazione ottica che vanno valutate ai fini della prevenzione del rischio per i lavoratori. Le sorgenti di radiazioni UV sono tratte dalla pubblicazione edita dall’ICNIRP dal titolo *Protecting workers from ultraviolet radiation (ICNIRP 14/2007)*.

**Tabella 8.1:** Principali sorgenti ROA non coerenti delle quali si dovrebbe approfondire la valutazione del rischio

<b>Sorgente</b>	<b>Possibilità di sovraesposizione</b>	<b>Note</b>
Arco elettrico (saldatura elettrica)	Molto elevata	Le saldature ad arco elettrico (tranne quelle a gas) a prescindere dal metallo, possono superare i valori limite previsti per la radiazione UV per tempi di esposizione dell’ordine delle decine di secondi a distanza di un metro dall’arco. I lavoratori, le persone presenti e di passaggio possono essere sovraesposti in assenza di adeguati precauzioni tecnico-organizzative

<sup>3</sup> Dato che i criteri su cui si basano le norme possono in alcuni casi non essere sovrapponibili a quelli del DLgs.81/2008, può accadere che apparecchiature in categoria 0 o lampade esenti possano far superare i valori limite di esposizione (vedi banda UVA e danno termico retinico).

<sup>4</sup> Poiché le norme tecniche citate in questo capoverso sono di recente emanazione, per tutte le sorgenti antecedenti ad esse si consiglia di rivolgersi al fabbricante per ottenere le necessarie informazioni. In mancanza di queste, occorrerà procedere con una valutazione del rischio più approfondita.

Sorgente	Possibilità di sovraesposizione	Note
Lampade germicide per sterilizzazione e disinfezione	Elevata	Gli UVC emessi dalle lampade sono utilizzati per sterilizzare aree di lavoro e locali in ospedali, industrie alimentari e laboratori
Lampade per foto-indurimento di polimeri, fotoincisione, "curing"	Media	Le sorgenti UV sono usualmente posizionate all'interno di apparecchiature, ma l'eventuale radiazione che può fuoriuscire attraverso aperture o fessure è in grado di superare i limiti in poche decine di secondi
"Luce Nera" usata nei dispositivi di test e controllo non distruttivi (eccetto lampade classificate nel gruppo "Esente" secondo CEI EN 62471:2009)	Bassa – Media o Elevata in relazione all'applicazione	Il rischio è riconducibile all'emissione di UVA associata alla radiazione visibile. Lampade UVA sono utilizzate in dispositivi quali quelli dedicati al controllo e all'ispezione dei materiali o per il controllo delle banconote; analoghe sorgenti sono usate nei locali per intrattenimento quali discoteche, pub e nei concerti. I sistemi impiegati in metallurgia, superano il limite per l'esposizione a UVA per tempi dell'ordine di 1 – 2 ore, rispetto ad attività che possono essere protratte per tutto il turno lavorativo.
Lampade/sistemi LED per fototerapia	Elevata	La radiazione UV è utilizzata per le terapie in dermatologia e la "luce blu" è utilizzata nell'ambito di attività sanitarie (es.: fototerapia dell'ittero neonatale, chirurgia refrattiva).
Lampade ad alogenuri metallici	Bassa (Elevata se visione diretta)	Sono utilizzate nei teatri, in ambienti vasti (es.: supermercati) e aperti per l'illuminazione esterna e possono superare sia i limiti per gli UV che per la radiazione visibile e in particolare per la "luce blu" per visione diretta della sorgente
Fari di veicoli	Bassa (Elevata se visione diretta)	Possibile sovraesposizione da luce blu per visione diretta protratta per più di 5-10 minuti: potenzialmente esposti i lavoratori delle officine di riparazione auto

Sorgente	Possibilità di sovraesposizione	Note
Lampade scialitiche da sala operatoria	Bassa (Elevata se visione diretta)	Per talune lampade i valori limite di esposizione per luce blu possono essere superati in 30 minuti in condizioni di visione diretta della sorgente
Lampade abbronzanti	Media – Elevata	Le sorgenti utilizzate in ambito estetico per l'abbronzatura possono emettere sia UVA che UVB, i cui contributi relativi variano a seconda della loro tipologia (vedi <b>ALLEGATO 2</b> ). Queste sorgenti superano i limiti per i lavoratori per esposizioni dell'ordine dei minuti.
Lampade per usi particolari eccetto lampade classificate nel gruppo "Esente"	Media – Elevata	Si tratta di lampade fluorescenti non per illuminazione generale quali quelle utilizzate in acquari e terrari. Queste lampade presentano elevate irradiazioni UVB che possono portare a sovraesposizioni in pochi minuti, soprattutto a distanze ravvicinate.
Lampade per uso generale e lampade speciali classificate nei gruppi 1,2,3 ai sensi della norma CEI EN 62471:2009	Bassa-Media-Elevata in relazione alla classificazione	Inclusi sistemi LED
Corpi incandescenti quali metallo o vetro fuso, ad esempio nei crogiuoli dei forni di fusione con corpo incandescente a vista e loro lavorazione	Elevata-Molto elevata	Nel corso della colata e in prossimità dei crogiuoli le esposizioni a IRB-IRC possono superare i valori limite per tempi di esposizione dell'ordine di pochi secondi.
Riscaldatori radiativi a lampade	Medio-basso	Emissioni di radiazioni infrarosse potenzialmente superiori ai valori limite
Apparecchiature con sorgenti IPL per uso medico o estetico	Elevata-Molto elevata	Emissioni di radiazioni ottiche potenzialmente molto superiori ai valori limite anche per pochi secondi

Per quanto riguarda la radiazione laser, tutte le apparecchiature che emettono radiazione ottica coerente classificate nelle classi 1M, 2M 3R, 3B e 4 (nella nuova classificazione) o nelle classi 3A, 3B e 4 (nella vecchia classificazione) secondo lo standard IEC 60825-1 (vedi **ALLEGATO 1**) vanno valutate.

In alcuni casi, ad esempio nella lavorazione di materiali con sorgenti laser, possono essere prodotte emissioni secondarie non coerenti, che devono essere valutate.

### 5.09 – Quali fonti sono utilizzabili per la valutazione del rischio ?

L'articolo 216 del DLgs.81/08 precisa che *“il datore di lavoro valuta e, quando necessario, misura e/o calcola i livelli delle radiazioni ottiche a cui possono essere esposti i lavoratori...”* in conformità alle norme CIE e CEN per quanto riguarda le radiazioni non coerenti e le norme IEC per i laser.

Allo stato attuale i riferimenti per le misurazioni delle radiazioni ottiche non coerenti sono:

- UNI EN 14255-1:2005 per gli UV;
- UNI EN 14255-2:2006 per il visibile e l'infrarosso;
- UNI EN 14255-4:2007 sulla terminologia e le grandezze da utilizzare per le misurazioni.

È anche utile ricordare la pubblicazione ICNIRP *“Guidelines on limits of exposure to broad-band incoherent optical radiation (0,38 to 3  $\mu$ m)”* pubblicata su *Health Physics, September 1997, Vol.73, N.3* e scaricabile dal sito dell'ICNIRP: [www.icnirp.org/documents/broadband.pdf](http://www.icnirp.org/documents/broadband.pdf).

I valori limite di esposizione (VLE) per le ROA non coerenti sono contenuti nell'Allegato XXXVII-Parte I del DLgs.81/2008.

Altre norme che trattano la valutazione e la misura in ambiti specifici sono:

- UNI EN 12198-1:2009 / UNI EN 12198-2:2009 / UNI EN 12198-3:2008 per le radiazioni emesse dal macchinario;
- CEI EN 62471:2009 per la valutazione della sicurezza fotobiologica delle lampade e dei sistemi di lampade.

Allo stato attuale i riferimenti per le misurazioni delle radiazioni laser sono le norme CEI-EN 60825-1:2009 fascicolo 9891 (anche denominata “nuova classificazione”) e CEI-EN 60825-1 fascicolo 4405 R (anche denominata “vecchia classificazione”).

I VLE per le ROA coerenti sono contenuti nell'Allegato XXXVII-Parte II del DLgs.81/2008.

Altre norme che trattano la valutazione e la misura in ambiti specifici sono:

- UNI EN ISO 11553-1:2009 / UNI EN ISO 11553-2:2009 sui requisiti di sicurezza per macchine laser e laser portatili.
- UNI EN ISO 11554:2008 sui metodi di prova per determinare la potenza e l'energia di fasci laser ad onda continua e ad impulsi

Tanto per le radiazioni laser quanto per quelle non coerenti, ulteriori fonti di cui tenere conto sono le informazioni reperibili in pubblicazioni scientifiche ed i dati della sorveglianza sanitaria dove attuata (art.216, c.2, lettera h).

### 5.10 – Come gestire la valutazione del rischio per i soggetti particolarmente sensibili ?

Il rispetto dei valori limite di esposizione non necessariamente tutela taluni dei soggetti particolarmente sensibili indicati al **Punto 5.24** (si vedano le pubblicazioni ICNIRP *“Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation ...”*, pagg. 174-175 e pag.185 e *“Guidelines on limits of exposure to broad-band incoherent optical*

*radiation (0,38 to 3  $\mu\text{m}$ )*", pag.551. La valutazione del rischio per questi soggetti andrà effettuata in strettissimo collegamento con il Medico Competente.

### 5.11 – In quali casi e con quali modalità i fabbricanti sono tenuti a fornire informazioni sui livelli di emissione di ROA ?

Le attrezzature che emettono radiazioni ottiche artificiali devono essere corredate dalle informazioni sulle emissioni, in conformità a specifiche norme tecniche che fanno riferimento ai seguenti filoni principali:

- la direttiva europea 2006/42/CE (nuova direttiva macchine) recepita con il DLgs.27/01/2010 n.17, in vigore dal 06/03/2010 (che ha sostituito la precedente direttiva macchine, la 98/37/CE, recepita con DPR 459/96);
- la direttiva 93/42/CE (direttiva dispositivi medici) recepita con DLgs.46/97, in vigore fino al 20/03/2010; dopo tale data il riferimento sarà alla Direttiva 2007/47/CE, in attesa di recepimento, e alla direttiva 98/79/CE (direttiva dispositivi medici diagnostici in vitro), recepita con DLgs.332/00, attualmente in vigore.

Tra le categorie di attrezzature non ricomprese dalle suddette norme principali, ricordiamo invece le lampade e i sistemi di lampade, anche a LED, per le quali il riferimento è alla direttiva 2006/95/CE (direttiva bassa tensione) ed i lettini abbronzanti e le lampade UV per uso estetico, per i quali si rimanda all'**ALL.2**.

#### Radiazioni ottiche non coerenti

Il DLgs. 27/01/2010 n.17 prevede che se una **macchina** emette radiazioni non ionizzanti (quindi comprese anche le ROA) che possono nuocere all'operatore o alle persone esposte, soprattutto se portatrici di dispositivi medici impiantati (per le ROA: il cristallino artificiale), il costruttore deve riportare nel manuale di istruzioni le relative informazioni.

Qualora manchino norme specifiche di prodotto, la norma UNI EN 12198:2009 consente al fabbricante di assegnare alla macchina una categoria in funzione del livello di emissione di radiazioni secondo i valori riportati nella appendice B della suddetta norma. Sono contemplate tre categorie di emissione, per le quali sono previste diverse misure di protezione, informazione, addestramento, riassunte nella **Tabella 11.1**.

**Tabella 11.1**

Categoria	Restrizioni e misure di prevenzione	Informazioni e addestramento
0	Nessuna restrizione	Nessuna informazione necessaria
1	Restrizioni: possono essere necessarie la limitazione dell'accesso e misure di protezione	Informazioni su pericoli, rischi ed effetti secondari
2	Restrizioni speciali e misure di protezione sono essenziali	Informazioni su pericoli, rischi ed effetti secondari; l'addestramento può essere necessario

Le macchine rientranti nelle categorie 1 e 2 devono riportare una marcatura specifica comprendente i seguenti elementi:

- il segnale di sicurezza rappresentante il tipo di emissione di radiazione;
- il numero di categoria (categoria 1 o categoria 2);

- il riferimento alla norma UNI EN 12198:2009.

In **Figura 11.2** è mostrato ad esempio una marcatura specifica per una apparecchiatura di categoria 1.

**Figura 11.2**



Si ricorda che la norma UNI EN 12198-1:2009 non riguarda l'emissione di radiazione laser né le sorgenti di radiazione fissate a una macchina che sono utilizzate unicamente per l'illuminazione (sorgenti luminose primarie o lampade).

Le lampade e i sistemi di lampade sono invece classificati in 4 gruppi (le 4 classi di rischio evidenziate in **Tabella 11.3**) secondo lo standard CEI EN 62471:2009. Questa norma prevede metodi di misura e classificazione ed anche se non definisce vincoli specifici per la marcatura, rappresenta attualmente lo stato dell'arte in termini di informazioni sulla sicurezza fotobiologica delle lampade e dei sistemi di lampade (compresi i LED).

**Tabella 11.3**

<b>Gruppo</b>	<b>Stima del Rischio</b>
<b>Esente</b>	Nessun rischio fotobiologico
<b>Gruppo 1</b>	Nessun rischio fotobiologico nelle normali condizioni di impiego
<b>Gruppo 2</b>	Non presenta rischio in condizioni di riflesso naturale di avversione alla luce o effetti termici
<b>Gruppo 3</b>	Pericoloso anche per esposizioni momentanee

Per quanto riguarda i **dispositivi medici** (ad es. apparecchiature per diagnosi e terapia) ed i dispositivi medici diagnostici in vitro (ad es. apparecchiature di laboratorio, cappe di manipolazione) il fabbricante è tenuto a dichiararne la conformità ai requisiti delle pertinenti Direttive attenendosi alle prescrizioni in esse contenute, in relazione ai rischi e alle emissioni di radiazioni ottiche potenzialmente pericolose (allegato I, par. 11 della Direttiva 93/42/CE o 2007/47/CE dal 21 marzo 2010 e allegato I, par. 5 e par. 8 della Direttiva 98/79/CE). In particolare, il fabbricante deve fornire le indicazioni nella documentazione allegata al dispositivo circa la corretta installazione, le avvertenze e/o le precauzioni da prendere per l'uso, le specifiche istruzioni di utilizzazione, le informazioni necessarie riguardanti la natura, il tipo, l'intensità e la distribuzione delle radiazioni ed una pertinente

etichettatura. I fabbricanti sono inoltre tenuti ad indicare la conformità a specifiche norme di prodotto (IEC, EN, UNI, CEI) ove esistenti.

#### Radiazioni laser

Anche in questo caso, quando una **macchina** emette radiazioni che possono nuocere all'operatore o alle persone esposte, soprattutto se portatrici di dispositivi medici impiantati (per le ROA: il cristallino artificiale), il costruttore deve riportare nel manuale di istruzioni le relative informazioni.

Ogni qual volta si utilizzino apparecchiature che emettono radiazioni laser, i fabbricanti sono tenuti a fornire informazioni: classificazione, targhettatura e indicazione dei requisiti di sicurezza.

Le norme UNI EN ISO 11553-1 e UNI EN ISO 11553-2 del 2009 sono le norme armonizzate che trattano dei requisiti generali di sicurezza delle macchine laser e dei laser portatili.

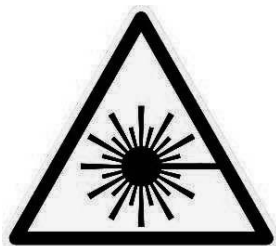
Per la classificazione, la targhettatura, i requisiti tecnici di sicurezza necessari in funzione della classe di appartenenza, le informazioni per l'utilizzatore, le norme UNI EN ISO 11553-1 e UNI EN ISO 11553-2:2009 rimandano alla CEI-EN 60825-1:2009 (vedi **ALLEGATO 1**) che precisa anche i valori di LEA (limite di emissione accessibile, vale a dire livello massimo di radiazioni emesso corrispondente alla classe del laser).

Dal punto di vista delle informazioni di sicurezza il fabbricante deve apporre una o più targhette su ogni apparecchio laser. Al simbolo che riporta il pittogramma del laser (vedi **Figura 11.4**) deve essere associata, tranne che per la classe 1, una ulteriore targhetta (vedi esempio in **Figura 11.5**) che riporta:

- gli avvertimenti relativi all'utilizzo in sicurezza del laser;
- la classe del laser, la massima potenza della radiazione laser emessa, le lunghezze d'onda emesse, la durata dell'impulso (se il caso);
- la norma usata per la classificazione.
- se l'emissione della radiazione laser è invisibile (esterna, totalmente o in parte, all'intervallo delle lunghezze d'onda della radiazione visibile) deve essere indicato sulla targhetta.

Ad ogni protezione che, una volta rimossa o spostata, permetta l'accesso ad una radiazione laser che supera il LEA della classe 1 devono essere affisse ulteriori targhette. Per la classe 1 e la classe 1M, invece che sulle targhette affisse sull'apparecchio, le indicazioni possono essere incluse nelle informazioni per l'utilizzatore.

**Figura 11.4**



**Figura 11.5**





Inoltre, se durante le operazioni di assistenza alla macchina possono essere superati i LEA della classe 1, il costruttore deve comunque indicare sul libretto di uso e manutenzione tutte le informazioni sulla classe del laser, sulle caratteristiche della radiazione emessa e le relative procedure di sicurezza da adottare in ogni possibile circostanza.

Quando la protezione degli occhi risulta indispensabile, anche solo per talune operazioni, devono essere fornite dal costruttore anche tutte le indicazioni necessarie per la scelta di DPI oculari (vedi **ALLEGATO 6**).

Per quanto riguarda i **dispositivi medici** ed i dispositivi medici diagnostici *in vitro* le regole di classificazione delle sorgenti sono le stesse utilizzate per le “macchine” mentre per quanto riguarda targhettatura e indicazioni dei requisiti di sicurezza si deve far riferimento all'allegato I, par. 11 della 93/42/CE o 2007/47/CE dal 21 marzo 2010 e allegato I, par. 5 e par. 8 della 98/79/CE.

La norma IEC 60601-2-22:2007 (attenzione: la norma CEI attualmente in vigore è ancora la 60601-2-22:1997) sugli apparecchi elettromedicali tratta della sicurezza degli apparecchi laser terapeutici e diagnostici di sola classe 3B e 4.

#### **5.12 – Ai fini della valutazione del rischio, è sempre necessario misurare e/o calcolare ?**

Secondo l'art.216 del D.Lgs.81/2008, nell'ambito della valutazione dei rischi il datore di lavoro valuta e, quando necessario, misura e/o calcola i livelli delle radiazioni ottiche a cui possono essere esposti i lavoratori.

Essendo le misurazioni strumentali generalmente costose sia in termini economici che di tempo, è da preferire, quando possibile, la valutazione dei rischi che non richieda misurazioni.

Innanzitutto occorre verificare se le sorgenti sono “giustificabili” secondo quanto evidenziato al **Punto 5.07**.

Se le sorgenti non sono giustificabili, la valutazione senza misurazioni può essere effettuata quando si è in possesso di dati tecnici forniti dal fabbricante (comprese le classificazioni delle sorgenti o delle macchine secondo le norme tecniche pertinenti), o di dati in letteratura scientifica o di dati riferiti a situazioni espositive analoghe.

Anche l'analisi preliminare della situazione lavorativa e della sorgente talvolta permettono di evitare la necessità di effettuare le misure. In questo caso, in generale è necessario conoscere e riportare nel documento di valutazione dei rischi:

- il numero, la posizione e la tipologia delle sorgenti da considerare,
- la possibilità di riflessioni (scattering) della radiazione da pareti, apparecchiature, oggetti contenuti nell'ambiente;
- i dati spettrali della sorgente; lo spettro può essere determinato ricavandolo dalle specifiche tecniche fornite dal costruttore;
- se l'emissione della sorgente è costante o variabile;
- la distanza operatore-sorgente e le caratteristiche del campo visivo professionale;
- il tempo di permanenza dell'operatore nella posizione esposta.

A titolo di esempio le misure o i calcoli non si rendono necessari:

- nel caso delle saldatrici ad arco, dove è noto che con qualsiasi corrente di saldatura e su qualsiasi supporto i tempi per cui si raggiunge una

sovrapposizione per il lavoratore addetto risultano dell'ordine delle decine di secondi. Pertanto, pur essendo il rischio estremamente elevato, l'effettuazione delle misure e la determinazione esatta dei tempi di esposizione è del tutto superflua per l'operatore addetto; ulteriori valutazioni possono essere richieste se l'addetto alla saldatura deve essere assistito da altro personale o opera in prossimità di altri;

- nel caso di sorgenti classificate in accordo con lo standard UNI EN 12198:2009 (per le macchine) o lo standard CEI EN 62471:2009 (lampade o sistemi di lampade) dove i dati di classificazione consentono una ragionevole valutazione dei livelli di esposizione.

### **5.13– Come si effettua la valutazione dei livelli di esposizione senza eseguire misure?**

#### Radiazioni ottiche non coerenti

Nel caso di ROA non coerenti emesse da macchine, la classificazione in categorie secondo la norma UNI EN 12198-1:2009 stabilisce una relazione con la pertinente irradianza efficace. Nelle appendici B2, B4 e B5 di tale norma sono riportate le tabelle di correlazione tra i valori dell'irradianza e la categoria della macchina per i diversi tipi di radiazione ottica (UV, VIS, IR). Qualora il fabbricante fornisca il valore dell'irradianza o della radianza, si potrà effettuare il confronto con i valori limite riportati in Allegato XXXVII, parte 1 del DLgs.81/2008, se del caso con gli opportuni calcoli. Se invece viene fornita solo la categoria (com'è sufficiente per il rispetto della norma), per il confronto con i limiti di Legge, nel caso di apparati di categoria 1, si potrà prudenzialmente utilizzare il valore più elevato di irradianza o radianza dell'intervallo riportato nell'appendice della norma tecnica. Per quelle di categoria 2, poiché non vengono definiti valori di irradianza o radianza massimi, ma solo maggiori di una soglia, per accertarsi del rispetto dei valori limite si dovranno eseguire delle misure strumentali.

Nel caso di esposizione a lampade o sistemi di lampade la valutazione può essere eseguita a partire, ove disponibile, dalla classificazione del fabbricante secondo la norma CEI EN 62471:2009, confrontando i tempi di esposizione (per gli occhi: visione diretta della sorgente da parte dei lavoratori) con i tempi massimi indicati nella norma oppure i valori di emissione della classe con i valori limite dell'Allegato XXXVII, se del caso con gli opportuni calcoli. Per quelle di categoria 3, per accertarsi del rispetto dei valori limite si dovranno eseguire delle misure strumentali. La classificazione di sicurezza, pur essendo uno strumento di fondamentale importanza per lo studio e la valutazione delle ROA emesse dalle sorgenti, presenta i seguenti limiti:

- si riferisce alla radiazione ottica emessa, che non necessariamente coincide con il livello di esposizione del lavoratore;
- non tiene conto di rischi addizionali, come il rischio elettrico, radiazione collaterale, fumi, rumore, ecc...;
- si riferisce all'uso normale del prodotto e non si applica alla manutenzione o all'assistenza, o quando il dispositivo originale è parte di una installazione complessa;

- si riferisce al singolo prodotto e non tiene conto di esposizioni cumulative a sorgenti multiple;
- non tiene conto dell'eventuale attenuazione supplementare fornita dall'apparecchio illuminante.

I prodotti sono classificati a una distanza che produce una illuminanza di 500 lux per i sistemi di illuminazione generale e a 200 mm dalla sorgente per le altre applicazioni: può non essere rappresentativa di tutte le condizioni d'uso

In generale, in assenza di informazioni precise la valutazione dei livelli di esposizione deve avvenire mediante misurazioni strumentali.

Nel caso dei dispositivi medici e per i dispositivi diagnostici in vitro vale quanto indicato nel **Punto 5.11** e il confronto con i valori limite avviene o direttamente con il dato fornito dal fabbricante o con la grandezza da questo calcolata.

#### Radiazioni laser

Nel caso di radiazioni laser emesse da macchine, la classificazione riportata nella norma CEI EN 60825-1:2009 stabilisce una relazione con il livello di radiazione emessa. In tale norma sono riportate le tabelle di correlazione tra la classe di rischio della macchina e i valori del livello di radiazione emessa per i diversi tipi di radiazione ottica (UV, VIS, IR). Qualora il fabbricante fornisca il valore del livello di radiazione emessa si potrà effettuare il confronto con i corrispondenti valori limite riportati in Allegato XXXVII, parte 2 del DLgs.81/2008, se del caso con gli opportuni calcoli.

Se invece viene fornita solo la classificazione (com'è sufficiente per il rispetto della norma), bisogna sottolineare che si è certi del non superamento dei valori limite solo se si ha a che fare con laser della classe 1 e della classe 2<sup>5</sup>. In tutti gli altri casi il superamento può verificarsi tutte le volte che il raggio intercetta l'occhio (per i laser di Classe 1M, 2M, 3A, 3R, 3B e 4) e potrebbe avvenire per la cute (sicuramente per le attrezzature di Classe 4, da valutarsi negli altri casi). Se però il raggio non intercetta mai (né occasionalmente, né accidentalmente) l'occhio o la cute, i valori limite sono rispettati anche in presenza di laser di Classe 1M, 2M, 3A, 3R, 3B e 4.

In questi casi la valutazione effettuata osservando le modalità lavorative e di esposizione in rapporto alla Classe del laser in uso può stabilire se i valori limite sono superati senza misurazioni.

È da precisare tuttavia che non è sufficiente soffermarsi sulla classificazione che riguarda gli apparati laser, ma occorre considerare anche quella dei sistemi laser che eventualmente li contengono. Quando sono presenti laser di elevata potenza all'interno di sistemi laser classificati come non pericolosi, in quanto racchiusi con barriere e sistemi di protezione adeguati, bisogna tenere presente che nel momento

---

<sup>5</sup> in realtà un laser di classe 2 può presentare rischi maggiori della classe 1 per esposizioni che durino più di 0,25 s e a condizione che non intervenga il riflesso istintivo di avversione alla luce (in classe 2 ci sono solo i laser che emettono nel visibile). I laser di classe 2 possono dunque essere considerati di rischio "nullo" (anche se sarebbe preferibile parlare di "rischio trascurabile") e come tali giustificabili (nel senso che non bisogna approfondire la valutazione dei rischi), a patto che il lavoratore sia informato del fatto (come del resto deve essere scritto sulle targhette) che non deve fissare intenzionalmente il fascio

in cui si accede, superando le protezioni alle aree prossime alla sorgente, ad. es. per operazioni di manutenzione, pulitura, allineamento delle ottiche, il lavoratore si può trovare di fronte ad una sorgente di Classe più elevata, ad es. la 4, e la valutazione del rischio per questi operatori deve necessariamente considerare tale evenienza.

#### **5.14 – Come si effettua la valutazione dei livelli di esposizione eseguendo misure?**

##### Radiazioni ottiche non coerenti

Se è noto che la sorgente non emette radiazione UV, ma ha un'emissione essenzialmente nel visibile e vicino infrarosso, è possibile effettuare una misurazione preliminare di luminanza della stessa o di ricavarla da una misura di illuminamento effettuata con un normale luxmetro (da cui calcolare poi la luminanza). Infatti, se la luminanza di una sorgente non supera le 10.000 cd/m<sup>2</sup>, non saranno superati i relativi limiti previsti a tutela del rischio retinico (ICNIRP, "Guidelines on limits of exposure to broad-band inchoerent optical radiation (0.38 to 3  $\mu$ m)").

Questa procedura, che prevede comunque un semplice calcolo e una semplice misura, è certamente un approccio meno oneroso alla caratterizzazione spettroradiometrica della sorgente.

Negli altri casi, metodi validi per effettuare le misure sono gli stessi riportati nelle norme citate al **Punto 5.09**.

##### Radiazioni laser

Ad eccezione delle sorgenti giustificabili (vedi **Punto 5.07**) e di quelle situazioni nelle quali dai dati disponibili è possibile ottenere i valori di confronto con i livelli limite dell'Allegato XXXVII la valutazione dei livelli di esposizione si effettua mediante misurazioni.

Indicazioni tecniche e operative per effettuare le misure sono riportati nella norma CEI EN 60825-1. Qualora vi siano più valori limite di esposizione applicabili ad una data sorgente o condizione di lavoro, è sufficiente procedere ad una verifica con misure del valore limite più restrittivo.

#### **5.15 – Quali sono le specifiche indicazioni per le misurazioni di esposizioni a sorgenti pulsate di radiazioni coerenti e non coerenti ?**

Le indicazioni metodologiche per l'effettuazione delle misurazioni per questo tipo di sorgenti sono riportate nelle norme:

- CEI EN 62471:2009 *Sicurezza fotobiologica delle lampade e sistemi di lampade*
- CEI EN 60825-1:2009 *Sicurezza degli apparecchi laser*

#### **5.16 – Come interpretare i valori limite presenti nelle tabelle dell'Allegato XXXVII del DLgs.81/2008 ?**

I valori limite di esposizione alle radiazioni ottiche sono correlati direttamente ai possibili effetti sulla salute che sono stati accertati nelle esperienze lavorative sulla base di considerazioni di natura prettamente biologica: il rispetto di questi limiti fornisce un elevato livello di protezione della salute per i lavoratori esposti. Questi valori limite permettono anche di valutare il tempo massimo di permanenza in un

ambiente ove sia possibile una esposizione, misurabile o calcolabile, a radiazioni non coerenti o laser senza subire danni alla salute.

Per i danni a lungo termine si rimanda per un maggiore approfondimento all'**ALLEGATO 3**.

A differenza di quanto avviene per i campi elettromagnetici e per le radiazioni ionizzanti, per le ROA non esistono ulteriori livelli di protezione per la popolazione.

I VLE per le radiazioni non coerenti emesse da sorgenti artificiali sono riportati nell'Allegato XXXVII-Parte I quelle delle radiazioni laser nell'Allegato XXXVII-Parte II. Le formule e i parametri da utilizzare per la valutazione dell'esposizione dipendono dall'intervallo di lunghezza d'onda in cui si colloca lo spettro della radiazione emessa dalla sorgente, dalle caratteristiche di emissione e da quelle di esposizione. I risultati delle valutazioni dell'esposizione devono essere poi confrontati con i corrispondenti valori limite delle grandezze radiometriche considerate e indicati negli allegati citati.

Per una determinata sorgente di radiazioni ottiche possono essere pertinenti differenti valori limite di esposizione che in questo caso devono essere tutti rispettati contemporaneamente.

### **5.17 – Quali sono le tipologie degli strumenti di misura e qual è la periodicità della taratura ?**

La strumentazione per la misura delle grandezze fisiche relative alle ROA non coerenti (irradianza efficace, radianza efficace, esposizione radiante efficace) deve essere in grado di acquisire la distribuzione spettrale della potenza irradiata da una sorgente (o ricevuta da una superficie) oppure le corrispondenti grandezze integrate nell'intervallo spettrale pertinente alla grandezza efficace da misurare. Nel primo caso la strumentazione sarà costituita da uno spettroradiometro; nel secondo, da un radiometro a larga banda. Tali strumenti dovranno essere dotati di un'opportuna ottica di raccolta delle radiazioni: un correttore di coseno o una sfera integratrice qualora si debbano fare misure di irradianza, un'ottica telescopica o un'ottica priva di lenti, ma dotata di diaframmi circolari che delimitino il campo di vista, nel caso si effettuino misure di radianza. Queste ottiche potranno essere solidali con lo spettroradiometro (o con la sonda del radiometro) o collegate allo strumento (rivelatore) mediante ottiche di collimazione e/o fibre ottiche. Le misure di esposizione radiante si otterranno integrando (off-line) per la durata dell'esposizione il dato di irradianza efficace, oppure verranno fornite automaticamente dalla strumentazione (dosimetro elettronico). Le sonde dei radiometri dovranno inoltre essere equipaggiate di filtri che riproducano la risposta spettrale dei pertinenti spettri d'azione così come definiti nell'Allegato XXXVII, parte I del DLgs.81/2008.

Gli spettroradiometri e i radiometri sono utilizzabili per tutto l'intervallo spettrale delle radiazioni ottiche, salvo il diverso tipo di sensore che equipaggerà lo strumento. In generale i sensori sensibili nel visibile potranno operare utilmente anche nell'UV, mentre i sensori sensibili alla radiazione IR si basano su una tecnologia diversa.

Sono molto apprezzati per le loro dimensioni compatte, la loro relativa economicità, la versatilità e facilità d'uso, gli spettroradiometri compatti a CCD (Charge Couplet Device).

Nel campo della radiazione laser, la strumentazione utilizzata per le misure della potenza e dell'energia della radiazione deve rispondere ad una serie di specifiche fissate nelle norme di buona tecnica, ed in particolare nella norma CEI 76-3 (CEI EN 61040).

Occorre poi ricordare che nel campo della radiazione ottica coerente, le misurazioni, oltre che per definire i livelli di esposizione, si effettuano anche per stabilire le misure di prevenzione e protezione (es.: caratteristiche degli schermi, dei DPI ecc.) o assumono un carattere di controllo di qualità e la tipologia di strumenti di misura viene spesso decisa anche sulla base di tali esigenze. In **ALLEGATO 5** si riportano ad esempio i parametri che potrebbero essere valutati e le caratteristiche della strumentazione necessaria per i controlli di qualità delle apparecchiature laser medicali.

La periodicità della taratura non è fissata da leggi, ma si raccomanda in primo luogo di attenersi a quanto specificato dal costruttore nel manuale di impiego. In assenza di istruzioni specifiche, alla luce di quanto indicato dalle norme di buona tecnica metrologica, è importante che il laboratorio di misura effettui una taratura iniziale (all'acquisto della strumentazione) e adotti una periodicità massimo biennale per le tarature successive.

La taratura deve essere eseguita presso laboratori che garantiscano la riferibilità ai campioni internazionali di misura (centri SIT, EA o ILAC). Si ricorda che la taratura periodica delle apparecchiature e la riferibilità metrologica ai campioni nazionali e internazionali è un requisito indispensabile per l'accreditamento dei laboratori in conformità alla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025 o equivalente.

Ulteriori approfondimenti sulla scelta e sui requisiti della strumentazione di misura delle ROA sono riportati in **ALLEGATO 4**.

### **5.18 – Quali misure tecniche e organizzative adottare all'esito della valutazione ?**

Scopo delle misure di tutela è quello di eliminare o ridurre al minimo tutti i rischi (diretti o indiretti) per la salute e la sicurezza derivanti dall'esposizione a radiazioni ottiche di livello pericoloso ed eventuali altri rischi associati.

Il DLgs.81/2008 richiede che vengano adottate specifiche azioni di prevenzione solo qualora la valutazione evidenzi la possibilità di superamento dei VLE oppure la sorveglianza sanitaria evidenzi alterazioni apprezzabili dello stato di salute dei lavoratori correlate all'esposizione a ROA.

#### Radiazioni ottiche non coerenti

Oltre all'adozione delle misure di tutela previste dai manuali di istruzione delle attrezzature di lavoro (macchine) marcate CE, una volta verificata l'indispensabilità o insostituibilità della sorgente o dell'attività-sorgente, per limitare o prevenire l'esposizione, si possono adottare soluzioni tecniche e procedurali quali:

- 1) il contenimento della sorgente all'interno di ulteriori idonei alloggiamenti schermanti completamente ciechi oppure di attenuazione nota, in relazione alle lunghezze d'onda di interesse; ad esempio, la radiazione UV si può schermare con finestre di vetro o materiali plastici trasparenti nel visibile;
- 2) l'adozione di schermi ciechi o inattinici a ridosso delle sorgenti (es.: i normali schermi che circondano le postazioni di saldatura, come da UNI EN 1598:2004);

- 3) la separazione fisica degli ambienti nelle quali si generano ROA potenzialmente nocive dalle postazioni di lavoro vicine;
- 4) l'impiego di automatismi (interblocchi) per disattivare le sorgenti ROA potenzialmente nocive (es.: lampade germicide a raggi UV) sugli accessi ai locali nei quali queste sono utilizzate;
- 5) la definizione di "zone ad accesso limitato", contrassegnate da idonea segnaletica di sicurezza, ove chiunque acceda deve essere informato e formato sui rischi di esposizione alla radiazione emessa dalle sorgenti in esse contenute e sulle appropriate misure di protezione, soluzione particolarmente utile per evitare esposizioni indebite, vale a dire di lavoratori non direttamente coinvolti nelle operazioni con sorgenti ROA potenzialmente nocive, nonché esposizioni di soggetti particolarmente sensibili.

#### Radiazioni laser

La norma CEI EN 60825-1 fissa le principali misure di tutela per l'installazione e l'impiego dei laser e richiede, in funzione della classe dell'apparato laser, specifiche misure di prevenzione, la cui opportunità deve essere valutata nel contesto specifico.

In generale, tali misure sono riconducibili a:

- 1) schermare adeguatamente il fascio al termine del suo percorso utile;
- 2) trattare o proteggere le eventuali superfici riflettenti presenti sul percorso del fascio e per le specifiche lunghezze d'onda al fine di evitarne la riflessione o la diffusione;
- 3) collegare i circuiti del locale o della porta ad un connettore di blocco remoto;
- 4) inserire una abilitazione dello strumento mediante comando a chiave, hardware o software;
- 5) inserire un attenuatore di fascio;
- 6) installare segnaletica di sicurezza e segnali di avvertimento sugli accessi alle aree (ZLC e ZNRO, vedi Punto 5.25) o agli involucri di protezione;
- 7) predisposizione di procedure per l'accesso in sicurezza alle aree a rischio (es.: evitare oggetti riflettenti introdotti dal personale).

#### **5.19 – Quali sono i criteri di scelta dei DPI per la protezione degli occhi e del viso da radiazioni ottiche ?**

Al fine di proteggere i lavoratori dai rischi che possono provocare danni agli occhi e al viso, una volta identificati e valutati i rischi ed adottate tutte le misure concretamente attuabili per la loro eliminazione o riduzione, il datore di lavoro ha l'obbligo di adottare anche i dispositivi di protezione degli occhi e del viso più efficaci per contrastare i tipi di rischio presenti.

Per la protezione di occhi e viso si utilizzano occhiali (con oculare doppio o singolo), maschere (del tipo a scatola o a coppa) e ripari facciali (per saldatura o altro uso).

Per i rischi per gli occhi e il viso da radiazioni riscontrabili in ambiente di lavoro, le norme tecniche di riferimento sono riportate in **Tabella 19.1**.

Tabella 19.1

<b>NORMA</b>	<b>ARGOMENTO</b>
UNI EN 166: 2004	Protezione personale dagli occhi - Specifiche
UNI EN 167: 2003	Protezione personale degli occhi - Metodi di prova ottici
UNI EN 168: 2003	Protezione personale degli occhi - Metodi di prova non ottici
UNI EN 169: 2003	Protezione personale degli occhi - Filtri per saldatura e tecniche connesse - Requisiti di trasmissione e utilizzazioni raccomandate
UNI EN 170: 2003	Protezione personale degli occhi - Filtri ultravioletti - Requisiti di trasmissione e utilizzazioni raccomandate
UNI EN 171: 2003	Protezione personale degli occhi - Filtri infrarossi - Requisiti di trasmissione e utilizzazioni raccomandate
UNI EN 172: 2003	Protezione personale degli occhi - Filtri solari per uso industriale
UNI EN 175: 1999	Protezione personale degli occhi - Equipaggiamenti di protezione degli occhi e del viso durante la saldatura e i procedimenti connessi
UNI EN 207: 2004	Protezione personale degli occhi - Filtri e protettori dell'occhio contro radiazioni laser (protettori dell'occhio per laser)
UNI EN 208: 2004	Protezione personale degli occhi - Protettori dell'occhio per i lavori di regolazione sui laser e sistemi laser (protettori dell'occhio per regolazione laser)
UNI EN 379: 2004	Protezione personale degli occhi - Filtri automatici per saldatura
UNI 10912: 2000	Dispositivi di protezione individuale - Guida per la selezione, l'uso e la manutenzione dei dispositivi di protezione degli occhi e del viso per attività lavorative.



### Radiazioni ottiche non coerenti

I DPI destinati a prevenire gli effetti acuti e cronici delle radiazioni sull'occhio devono poter assorbire la maggior parte dell'energia irradiata nelle lunghezze d'onda nocive. Non devono alterare in modo eccessivo la trasmissione della parte non nociva dello spettro visibile, la percezione dei contrasti e la distinzione dei colori qualora le condizioni prevedibili d'impiego lo richiedano. Le lenti inoltre non devono deteriorarsi o perdere le loro proprietà per effetto dell'irraggiamento emesso in normali condizioni di impiego.

Tutti i dispositivi di protezione degli occhi e del viso da radiazioni ottiche appartengono almeno alla II categoria del DLgs.475/92 e pertanto comportano l'obbligo di una formazione specifica all'uso.

I dispositivi di protezione degli occhi e del viso, oltre alla marcatura CE, devono avere obbligatoriamente la marcatura specifica sia dell'oculare che della montatura, entrambe rappresentate da una sequenza orizzontale di lettere e numeri che stanno ad indicare le capacità protettive e le caratteristiche delle due parti del dispositivo. La nota informativa che accompagna il DPI contiene le spiegazioni che permettono di interpretare il significato della marcatura e si rivela particolarmente utile poiché la marcatura utilizza diversi codici alfanumerici stabiliti dalle norme tecniche specifiche.

L'oculare presenta un codice alfanumerico prima del marchio di identificazione del fabbricante che, se funzionale alla riduzione dell'esposizione a radiazioni ottiche non coerenti, nella prima posizione presenta un numero di scala che identifica il tipo di protezione da radiazioni luminose. Il numero di scala è una combinazione di numero di codice (che identifica la regione spettrale per la quale i filtri sono destinati) e numero di graduazione (che rappresenta la capacità del filtro di trattenere la radiazione incidente pericolosa), staccati da un trattino. Se compare un solo numero si deve intendere che si tratta di un protettore per saldatura (i relativi filtri non hanno infatti uno specifico numero di codice) e il singolo numero identificherà direttamente la graduazione.

Per maggiori dettagli si veda l'**ALLEGATO 6**.

Occorre infine ricordare che la protezione complessiva del lavoratore si avvale spesso di DPI che non riguardano solo la protezione di occhi e volto. Ad esempio, nelle lavorazioni che comportano l'esposizione dell'operatore alle radiazioni emesse da archi elettrici, torce al plasma, ecc. (radiazione UV, visibile e infrarossa) la protezione si attua prescrivendo al lavoratore di utilizzare, oltre alle maschere munite di idonei filtri o agli elmetti provvisti di filtri elettronici a cristalli liquidi, i guanti da saldatore e indumenti resistenti al calore (es.: grembiule).

Per inciso occorre anche che nell'ambiente dove si lavora con tali protezioni il microclima sia regolato di conseguenza.

### Radiazioni laser

I DPI oculari specifici per radiazioni laser devono essere utilizzati in tutte le zone pericolose dove è possibile il superamento dei valori limite di esposizione.

La norma europea UNI EN 207 descrive i requisiti cui i filtri laser devono rispondere ed elenca i livelli protettivi possibili, indicati da un numero di graduazione espresso con il simbolo **L**, seguito da un numero da 1 a 10.

Per ogni livello protettivo è indicato il fattore spettrale massimo di trasmissione per lunghezza d'onda, nonché le densità di potenza e/o di energia utilizzata per i test di

prova; tali test vengono eseguiti per le varie tipologie di laser (a onda continua, pulsata, a impulsi giganti e a impulsi a modo accoppiato), ognuna contraddistinta da una lettera identificativa (rispettivamente **D, I, R e M**).

Per calcolare il livello protettivo necessario ad un determinato laser, la norma tecnica sopra citata fornisce le formule necessarie ed una tabella di riferimento (riportata in **ALLEGATO 6 – Tabella A6.G**) per poter eseguire gli opportuni calcoli; in alternativa, si consiglia di far riferimento ai fabbricanti di occhiali antilaser, fornendo tutte le caratteristiche del laser da cui ci si deve proteggere.

Oltre al livello protettivo, ai fini della scelta del dispositivo idoneo, è necessario prendere in considerazione anche:

- la trasmissione luminosa per avere la visione più nitida possibile;
- il riconoscimento dei colori;
- il campo visivo che deve essere il più vasto possibile.

Inoltre i protettori degli occhi devono restare aderenti al volto, permettendo comunque una ventilazione sufficiente per evitare l'appannamento. La montatura e i ripari laterali devono dare una protezione equivalente a quella assicurata dalle lenti. È comunque opportuno precisare che, anche indossando un occhiale protettivo, non si deve per nessun motivo fissare il raggio; i test di prova effettuati sugli occhiali prevedono una resistenza dell'occhiale stesso per un periodo di almeno 10 secondi e per 100 impulsi, ma non necessariamente oltre.

Per quanto riguarda le operazioni di puntamento e allineamento del raggio laser esistono delle protezioni specifiche i cui requisiti sono indicati in un'altra norma tecnica, la UNI EN 208.

Si tratta di occhiali che proteggono durante la regolazione di laser, con emissione nel campo spettrale visibile da 400 a 700 nm, in cui il raggio è visibile. Anche in questo caso, i filtri certificati secondo la norma appena citata non devono essere utilizzati per guardare direttamente nel raggio, ma solo per la protezione da visione accidentale.

La stessa norma, come sempre, prevede una scala di protezioni: nella marcatura apposta sull'occhiale il livello protettivo è contrassegnato dalla lettera **R**, seguita da un numero di graduazione da 1 a 5 (vedi **ALLEGATO 6 - Tabella A6.H**).

## **5.20 – Alla luce delle indicazioni del Capo V, Titolo VIII, DLgs.81/2008 come deve essere strutturata e che cosa deve riportare la Relazione Tecnica ?**

Il Documento redatto sotto la responsabilità del Datore di lavoro a conclusione della valutazione del rischio sulla base della Relazione Tecnica deve essere datato (con data certa o attestata) e contenere quanto indicato all'art.28 comma 2 del DLgs.81/2008 (ed in particolare il piano delle azioni per la riduzione del rischio). Si fornisce di seguito uno schema di riferimento per la stesura della Relazione Tecnica redatta dal "personale qualificato":

### **1. Premessa**

- Obiettivo della valutazione;
- Luogo e data della valutazione;
- Caratterizzazione del luogo e delle posizioni di lavoro e individuazione degli apparati in grado di emettere radiazioni ottiche (layout);

- Definizione delle principali caratteristiche delle sorgenti di radiazione ottica e in particolare potenza, dimensioni, temperature operative (nel caso di forni di fusione metalli e vetro), spettro di emissione, categoria della sorgente (nel caso delle radiazioni non coerenti) o classe di appartenenza (nel caso dei laser).
  - Lista degli eventuali standard riferibili agli apparati/sorgenti;
  - Eventuale dimostrazione di giustificazione dell'apparato.
- 1.1. Nel caso non siano effettuati né misurazioni né calcoli:
    - Descrizione delle condizioni di utilizzo dell'apparato: processo di lavoro, tempi di esposizione, posizione del lavoratore rispetto all'apparato durante le fasi che comportano esposizione a radiazione ottica;
    - Fonti informative dei singoli dati utilizzati (dati del produttore, buone prassi, dati di letteratura).
  - 1.2. Nel caso siano effettuate misurazioni:
    - Descrizione delle condizioni di utilizzo dell'apparato: processo di lavoro, tempi di esposizione, posizione del lavoratore rispetto all'apparato durante le fasi che comportano esposizione a radiazione ottica;
    - Caratteristiche della strumentazione di misura e riferimenti dell'ultima taratura;
    - Posizioni di misura;
    - Condizioni della sorgente durante la misura (le misure devono essere effettuate nelle diverse modalità operative o nelle condizioni di utilizzo della macchina più sfavorevoli, se identificabili);
    - Condizioni in cui sono state effettuate le misure: posizione dell'operatore, posizione degli altri lavoratori oltre l'operatore, tempo speso nelle postazioni, operazioni, manutenzione e riparazione a distanze dalle sorgenti inferiori a quelle raccomandate dalle istruzioni delle ditte fabbricanti, ecc.;
    - Durata delle misure.
  - 1.3. Nel caso vengano effettuate valutazioni tramite calcolo:
    - Software ed algoritmi usati;
    - Norme tecniche, buone prassi, linee guida o altri documenti pertinenti a cui ci si è riferiti per l'effettuazione delle valutazioni e dei calcoli.
- 2. Risultati delle valutazioni e/o misure e/o calcoli**
- Valori valutati (dichiarati dal fabbricante e desunti dal libretto di istruzioni del macchinario ovvero disponibili in Letteratura) e/o misurati e/o calcolati;
  - Incertezze associate ai valori così disponibili.
  - In relazione al tipo di sorgente ed alla utilizzazione dei risultati, può essere opportuno elaborare questi ultimi in modo da poterli presentare in termini di:
  - Lunghezze d'onda;
  - Risultati di analisi puntuali in ambienti/condizioni particolari (nei pressi di "hot spot", presenza schermi, previsioni di efficacia di interventi di bonifica, ecc.).

### **3. Conclusioni con indicazione delle misure di prevenzione e protezione proposte**

Vanno riportati:

- i livelli di rischio identificati (si raccomanda di indicare i dati di esposizione individuale) con riferimento ai VLE previsti dall'Allegato XXXVII del DLgs.81/2008;
- le specifiche condizioni espositive ove si fosse riscontrato il superamento del VLE;
- la presenza di apprezzabili alterazioni dello stato di salute degli esposti desunta dai dati della sorveglianza sanitaria (richiedere la relazione sanitaria anonima e collettiva o riscontro al Medico Competente);
- gli interventi (strutturali e/o procedurali) che si propone siano messi in atto dall'azienda;
- le caratteristiche dei DPI che si propone siano adottati nelle differenti condizioni espositive;
- l'indicazione delle aree proposte per l'accesso limitato;
- la segnaletica che si propone sia apposta nei vari ambienti.

#### **5.21 – Quando far partire la informazione / formazione ?**

Per quanto riguarda l'esposizione a radiazione ottica non coerente si raccomanda di attivare l'informazione / formazione dei lavoratori quando la valutazione dei rischi non può concludersi con la cosiddetta "giustificazione" di non dover effettuare una valutazione dei rischi più dettagliata (vedi **Punto 5.07**).

Relativamente alla radiazione laser l'informazione/formazione ai lavoratori è dovuta quando si utilizzano sorgenti di classe diversa dalla 1.

#### **5.22 – Quali sono i contenuti della informazione e formazione dei lavoratori ?**

L'informazione e la formazione dei lavoratori professionalmente esposti a ROA devono sempre comprendere:

- 1) descrizione del tipo di ROA utilizzate nel lavoro in oggetto;
- 2) definizione, entità e significato dei valori limite di esposizione alle ROA utilizzate;
- 3) rischi per la salute e la sicurezza che possono derivare dall'esposizione alle ROA, con particolare riguardo a quelli sugli occhi e sulla cute;
- 4) controindicazioni specifiche all'esposizione, con elencazione delle condizioni di salute che classificano un lavoratore come particolarmente sensibile, ad es. presenza di lesioni oculari, alla pelle, ecc.;
- 5) risultati della valutazione e/o misurazione e/o calcolo dei livelli di esposizione alle ROA;
- 6) circostanze nelle quali i lavoratori hanno diritto a una sorveglianza sanitaria e obiettivi della stessa;
- 7) modalità per individuare e segnalare gli effetti negativi per la salute derivanti dall'esposizione alle ROA;
- 8) risultati anonimi e collettivi della sorveglianza sanitaria sugli effetti delle ROA;
- 9) misure di protezione e prevenzione adottate per eliminare o ridurre al minimo i rischi derivanti dalle ROA, quali:

- uso corretto delle attrezzature;
  - uso corretto dei dispositivi di prevenzione collettiva (es.: schermature);
  - procedure di lavoro corrette;
  - quando e come indossare correttamente i DPI e relative indicazioni e controindicazioni sanitarie all'uso;
- 10) conoscenza della segnaletica relativa alle ROA e criteri utilizzati per la sua collocazione.

### **5.23 – Quando è necessario far partire la sorveglianza sanitaria ?**

Premesso che in ogni caso deve essere previsto un tempestivo controllo del Medico Competente ove si fosse riscontrata un'esposizione superiore ai valori limite, in considerazione del fatto che la sorveglianza sanitaria di cui all'art.218 del DLgs. 81/08 è effettuata con lo scopo di prevenire tutti gli effetti dannosi derivanti dall'esposizione, appare logico attivare gli accertamenti sanitari preventivi e periodici certamente per quei lavoratori che, sulla base dei risultati della valutazione del rischio, debbano indossare DPI degli occhi o della pelle in quanto altrimenti potrebbero risultare esposti a livelli superiori ai valori limite di legge (nonostante siano state adottate tutte le necessarie misure tecniche di prevenzione, mezzi di protezione collettiva nonché misure, metodi o procedimenti di riorganizzazione del lavoro). Con specifico riferimento alla radiazione ultravioletta e alla luce blu, possono essere messi in atto interventi mirati di sorveglianza sanitaria finalizzata alla prevenzione dei danni a lungo termine quando le esposizioni, anche se inferiori ai valori limite, si possono protrarre nel tempo (mesi, anni) (vedi **ALLEGATO 3**).

La sorveglianza sanitaria è di norma annuale.

Per quanto riguarda i soggetti particolarmente sensibili, che potrebbero essere esposti ad un rischio significativo anche a valori inferiori ai limiti di legge, saranno individuate dal Medico Competente la periodicità dei controlli sanitari e le misure protettive specifiche da mettere in atto in relazione alla tipologia ed entità dell'esposizione ed alle condizioni di suscettibilità individuale emerse dal controllo sanitario.

### **5.24 – Quali sono i soggetti particolarmente sensibili al rischio ?**

Viene di seguito fornito un elenco, da ritenersi non esaustivo, di soggetti particolarmente sensibili (ove non diversamente specificato si intende a tutto lo spettro ottico):

- donne in gravidanza: per quanto disposto agli artt.28 e 183 del DLgs.81/08 nonché all'art.11 del DLgs.151/01, in assenza di sicure informazioni reperibili nella letteratura scientifica, sarà cura del Medico Competente valutare l'eventuale adozione di cautele specifiche. Particolare attenzione va riservata alla possibile azione sinergica di condizioni microclimatiche e IR: per esempio nel caso di lavoratrici operanti in prossimità di forni;
- minorenni: in assenza di sicure informazioni reperibili nella letteratura scientifica, sarà cura del Medico Competente valutare l'eventuale adozione di cautele specifiche. Si ricorda comunque che la legislazione vieta di adibire gli adolescenti - ad eccezione dei casi derogati dalla competente Direzione Provinciale del Lavoro - alle lavorazioni, ai processi e ai lavori quali le

lavorazioni nelle fonderie, la produzione dei metalli ferrosi e non ferrosi e loro leghe e la saldatura e taglio dei metalli con arco elettrico o con fiamma ossidrica o ossiacetilenica, che possono comportare esposizioni considerevoli a ROA;

- albi e individui di fototipo 1 per esposizione a radiazioni UV;
- i portatori di malattie del collagene (Sclerodermia e Lupus Eritematoso nelle sue varie forme, dermatomiosite, poliartrite nodosa, sindrome di Wegener, sindrome antifosfolipidi, ecc.) per esposizioni a radiazioni UV;
- i soggetti in trattamento cronico o ciclico con farmaci fotosensibilizzanti (quali ad esempio: antibiotici come le tetraciline ed i fluorochinoloni; antinfiammatori non steroidei come l'ibuprofene ed il naprossene; diuretici come la furosemide; ipoglicemizzanti come la sulfonilurea; psoraleni; acido retinoico; acido aminolevulinico, neurolettici come le fenotiazine; antiaritmici come l'amiodarone); vedasi **Tabella 24.1**;

**Tabella 24.1:** Agenti fotosensibilizzanti (da ICNIRP, 2004).

Agenti	Incidenza	Tipo di reazione	Intervallo delle lunghezze d'onda efficaci
<b>Agenti fotosensibilizzanti dopo somministrazione locale</b>			
<i>Solfonammidi e prodotti chimici associati</i> (schermi solari, sbiancanti ottici)	n.d.*	fototossica e fotoallergica	290 - 320 nm
<i>Disinfettanti</i> (composti di salicilanilide in saponi e deodoranti)	n.d.	fototossica e fotoallergica	290 - 400 nm
<i>Fenotiazine</i> (creme, coloranti e insetticidi)	n.d.	fototossica e fotoallergica	320 nm - Visibile
<i>Coloranti</i>	n.d.	Fototossica iperpigmentazione	Visibile
<i>Catrame di carbone e derivati</i> (composti fenolici)	n.d.	fototossica	340 - 430 nm
<i>Oli essenziali</i> (profumi e acque di colonia)	n.d.	fototossica iperpigmentazione	290 - 380 nm
<i>Composti furocumarinici</i> (psoraleni)	n.d.	fototossica iperpigmentazione	290 - 400 nm
<i>Solfuro di cadmio</i> (tatuaggi)	n.d.	fototossica	380 - 445 nm
<b>Agenti fotosensibilizzanti dopo somministrazione orale o parenterale</b>			
<i>Amiodarone</i>	Alta	fototossica	300 - 400 nm
<i>Diuretici a base di tiazide</i>	Media	fotoallergica	300 - 400 nm

Agenti	Incidenza	Tipo di reazione	Intervallo delle lunghezze d'onda efficaci
<i>Clorpromazina e fenotiazine associate</i>	Media	fototossica e fotoallergica	320 - 400 nm
<i>Acido nalidixico</i>	Alta	fototossica	320 - 360 nm
<i>Farmaci antinfiammatori non steroidei</i>	Bassa	fototossica e fotoallergica	310 - 340 nm
<i>Protriptilina</i>	Alta	fototossica	290 - 320 nm
<i>Psoraleni</i>	Alta	fototossica	320 - 380 nm
<i>Sulfamidici (batteriostatici e antidiabetici)</i>	Bassa	fotoallergica	315 - 400 nm
<i>Tetracicline (antibiotici)</i>	Media	fototossica	350 - 420 nm

\*n.d. = non disponibile

- i soggetti affetti da alterazioni dell'iride (colobomi, aniridie) e della pupilla (midriasi, pupilla tonica);
- i soggetti portatori di drusen (corpi colloidali) per esposizioni a luce blu;
- lavoratori che abbiano lesioni cutanee maligne o pre-maligne, per esposizioni a radiazioni UV;
- lavoratori affetti da patologie cutanee fotoindotte o fotoaggravate, per esposizioni a radiazioni UV e IR;
- lavoratori affetti da xeroderma pigmentosus, per esposizioni a radiazioni UV;
- soggetti epilettici per esposizioni a luce visibile di tipo intermittente, cioè tra i 15 e i 25 flash al secondo.

Ai fini della sorveglianza sanitaria devono essere cautelativamente considerati particolarmente sensibili al danno retinico di natura fotochimica i lavoratori che hanno subito un impianto IOL (Intra Ocular Lens; "cristallino artificiale"), in particolare se esposti a radiazioni tra 300 nm e 550 nm.

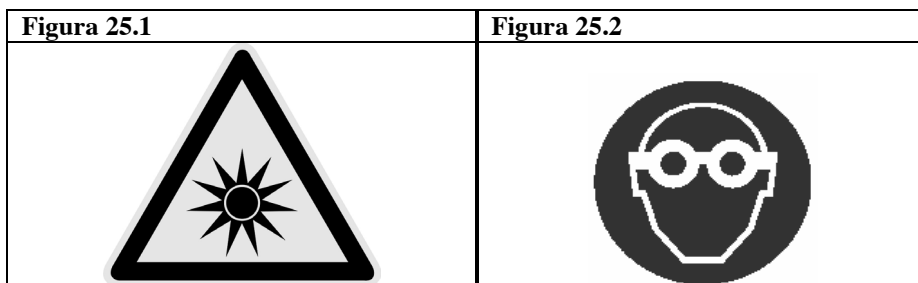
Maggiori approfondimenti al merito potranno essere desunti dalle informazioni reperibili nella letteratura medica specialistica.

### 5.25 – Qual è il ruolo della segnaletica e della delimitazione delle aree?

Ai sensi dell'art. 217, comma 2, del DLgs.81/2008 (ma anche dell'Allegato XXV, punti 3.2 e 3.3, richiamati dall'art.163 dello stesso Decreto), la segnaletica di identificazione della presenza di ROA entra in gioco nel caso di un'area in cui i lavoratori o le persone del pubblico possono essere esposti a rischi. In tal caso l'area va indicata tramite segnaletica e l'accesso alla stessa va limitato laddove ciò sia tecnicamente possibile e sussista un rischio di superamento dei valori limite di esposizione.

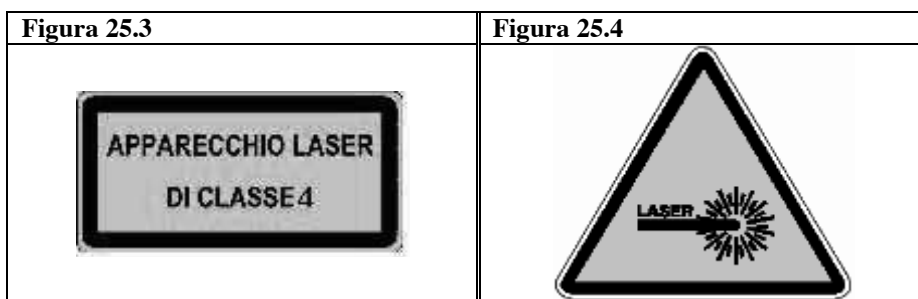
Nel caso delle radiazioni ottiche non coerenti, mancando uno specifico cartello di avvertimento, in attesa di chiarimenti normativi, si fornisce l'indicazione di utilizzare quello previsto per la marcatura delle macchine che emettono ROA non coerenti ai sensi della norma EN 12198, come riportato in **Figura 25.1**.

Nel caso in cui all'interno dell'area sia necessario l'utilizzo di DPI, quali ad esempio gli occhiali, all'ingresso deve essere esposto l'apposito segnale di prescrizione, ad esempio quello indicato nella **Figura 25.2**.



Nel caso di radiazione laser la segnaletica di identificazione della presenza di Zona Laser Controllata (ZLC) si trova nella norma CEI EN 60825-1:2009 in cui si richiede che agli accessi delle aree che contengono apparecchi laser di Classe 3B e Classe 4 siano affissi segnali di avvertimento indicanti la presenza di un laser con indicata la classe di appartenenza (vedi **Figura 25.3** e **25.4**).

Nel caso in cui all'interno della ZLC sia necessario l'utilizzo di DPI, quali ad esempio gli occhiali, all'ingresso deve essere esposto l'apposito segnale di prescrizione che nell'esempio fatto è ancora quello indicato nella **Figura 25.2**.



Se in un'area sono presenti una o più sorgenti laser, l'area, secondo la norma CEI EN 60825-1, viene suddivisa in "Zone" come di seguito indicato:

- Zona Laser Controllata (ZLC) = zona dove la presenza e l'attività delle persone al suo interno sono regolate da apposite procedure di controllo al fine della protezione dai rischi da radiazione;
- Zona Nominale Rischio Oculare (ZNRO) = zona all'interno della quale l'irradiazione o l'esposizione energetica del fascio supera l'esposizione massima permessa (EMP) per la cornea; essa include la possibilità di errato puntamento accidentale del fascio laser. Se la ZNRO comprende la possibilità di visione assistita otticamente, viene detta "ZNRO estesa".

La ZNRO è inclusa all'interno della ZLC.

Se l'area è delimitata da pareti fisiche di qualsiasi natura che risultano una barriera per la radiazione laser, eventualmente incidente la ZLC può coincidere con la



superficie individuata da tali pareti; diversamente deve essere implementato un accesso regolamentato all'interno della ZLC e della ZNRO.

### **5.26 – Quali sono le ricadute della legislazione sulla prevenzione e protezione dai rischi delle ROA sui DUVRI e sui PSC/POS ?**

Nel Documento unico di valutazione dei rischi interferenti (DUVRI) di cui all'art.26, comma 3, del D.Lgs 81/08, il datore di lavoro committente indicherà innanzitutto i luoghi e i tempi di lavoro nei quali i lavoratori potrebbero essere esposti a ROA e preciserà le misure di prevenzione e protezione da adottare (limitazione della durata delle esposizioni, attuazione di sfasamenti temporali o spaziali per evitare possibili interferenze, allontanamento dei lavoratori dalle sorgenti ROA, segregazione delle sorgenti ROA, impiego di adeguati DPI, ...).

Il tema dei rischi interferenti è particolarmente pertinente nel caso della protezione dei lavoratori che, anche in regime di sub-appalto, svolgono mansioni che prevedono la condivisione del sito e lo svolgimento di attività contigue in presenza di almeno una sorgente ROA. Al fine di una valutazione completa del rischio si raccomanda che il datore di lavoro committente si rapporti con le singole ditte esecutrici per ottenere informazioni sulle complessive emissioni delle sorgenti ROA, da trasferire all'interno del DUVRI.

Nel caso in cui sia evidenziata la presenza di esposizioni a ROA anche di bassa entità ma interferenti, il datore di lavoro committente ne darà ugualmente comunicazione all'interno del DUVRI al fine di prevenire qualsiasi effetto sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori esposti appartenenti a gruppi particolarmente sensibili al rischio.

Il Coordinatore in materia di sicurezza e di salute durante la progettazione dell'opera (CSP), all'atto dell'elaborazione del Piano di sicurezza e di coordinamento (PSC; art.100, DLgs.81/2008), dovrà:

- 1) prendere in considerazione le sorgenti ROA che saranno poste in prossimità o all'interno dell'area del cantiere (ad es.: laser, stazioni di saldatura, stazioni di taglio metalli al plasma) valutandone i valori espositivi per i lavoratori;
- 2) descrivere, in caso di esposizione dei lavoratori a ROA, le prescrizioni operative, le misure preventive e protettive da adottare, comprese le modalità per la loro verifica;
- 3) individuare gli eventuali dispositivi di protezione individuale da utilizzare atti a ridurre al minimo tali rischi.

Il Piano operativo di sicurezza (POS) redatto dal datore di lavoro dell'impresa esecutrice, conterrà le informazioni relative alle attrezzature che potrebbero comportare l'esposizione a sorgenti ROA. Inoltre esso dovrà contenere le informazioni, relative ad eventuali possibili superamenti dei valori limite di esposizione, prevedendo in tal caso l'apposizione di idonea segnaletica indicante il pericolo. In presenza di sorgenti ROA nel POS dovranno comunque essere sempre indicate:

- 1) le misure preventive e protettive e le procedure complementari e di dettaglio adottate, integrative rispetto a quelle contenute nel PSC, per minimizzare e tenere sotto controllo il rischio stesso;
- 2) l'elenco dei dispositivi di protezione individuale, forniti ai lavoratori occupati in cantiere, per far fronte allo specifico rischio residuo;

- 3) la documentazione in merito all'informazione ed alla formazione, fornite ai lavoratori occupati in cantiere per il particolare rischio.

Il Coordinatore alla sicurezza in fase di esecuzione (CSE) adeguerà, se necessario, il PSC prevedendo supplementari misure di prevenzione e protezione o l'idonea informazione in relazione alle possibili interferenze tra le diverse attività lavorative presenti nel cantiere.

**5.27 – Quali sono le norme principali citate in questo documento ?**

I riferimenti delle principali norme tecniche di fonte CEI, UNI e IEC sono riportate con una breve descrizione in **ALLEGATO 7**, unitamente alle Pubblicazioni ICNIRP.

**ALLEGATO 1**  
**CLASSIFICAZIONE DELLE SORGENTI E SISTEMI LASER**

**Tabella A1.A**

**Classificazione attuale dei laser o “nuova classificazione” (dopo il 01/07/2005)**

La nuova classificazione prevede sette classi:

- 1) Classe 1 - Laser che sono sicuri nelle condizioni di funzionamento ragionevolmente prevedibili, incluso l'uso di strumenti ottici per la visione del fascio;
- 2) Classe 1M - Laser che emettono nell'intervallo di lunghezza d'onda tra 302,5 nm e 4000 nm che sono sicuri nelle condizioni di funzionamento ragionevolmente prevedibili, ma possono essere pericolosi se l'operatore impiega ottiche di osservazione all'interno del fascio (lenti d'ingrandimento, binoculari,...);
- 3) Classe 2 - Laser che emettono radiazione visibile nell'intervallo di lunghezze d'onda tra 400 e 700 nm; la protezione dell'occhio è normalmente assicurata dalle reazioni di difesa compreso il riflesso palpebrale. Questa reazione fornisce un'adeguata protezione nelle condizioni di funzionamento ragionevolmente prevedibili, incluso l'uso di strumenti ottici per la visione del fascio;
- 4) Classe 2M - Laser che emettono radiazione visibile nell'intervallo di lunghezze d'onda tra 400 e 700 nm; la protezione dell'occhio è normalmente assicurata dalle reazioni di difesa compreso il riflesso palpebrale; comunque, la visione del fascio può essere pericolosa se l'operatore impiega ottiche di osservazione all'interno del fascio (lenti d'ingrandimento, binoculari,...);
- 5) Classe 3R - Laser che emettono nell'intervallo di lunghezze d'onda tra 302,5 e 10<sup>6</sup> nm, dove la visione diretta del fascio è potenzialmente pericolosa ma il rischio è più basso dei laser di Classe 3B; i requisiti del costruttore e le misure di controllo per il Responsabile delle attività sono meno restrittive che per i laser di Classe 3B;
- 6) Classe 3B - Laser che sono normalmente pericolosi nel caso di esposizione diretta del fascio; la visione della radiazione diffusa è normalmente non pericolosa;
- 7) Classe 4 - Laser che sono anche in grado di produrre riflessioni diffuse pericolose; possono causare lesioni alla pelle e potrebbero anche costituire un pericolo d'incendio. Il loro uso richiede un'estrema cautela.

Tabella A1.B

**Vecchia classificazione, ancora valida per i laser antecedenti al 01/07/2005**

La vecchia classificazione prevedeva cinque classi:

- 1) Classe 1 - Laser che sono sicuri nelle condizioni di funzionamento ragionevolmente prevedibili;
- 2) Classe 2 - Laser che emettono radiazione visibile nell'intervallo di lunghezze d'onda tra 400 e 700 nm; la protezione dell'occhio è normalmente assicurata dalle reazioni di difesa compreso il riflesso palpebrale;
- 3) Classe 3A - Laser che sono sicuri per la visione ad occhio nudo. Per i laser che emettono nell'intervallo di lunghezze d'onda tra 400 e 700 nm, la protezione dell'occhio è assicurata dalle reazioni di difesa compreso il riflesso palpebrale; per le altre lunghezze d'onda il rischio per l'occhio nudo non è superiore a quello della Classe 1. La visione diretta del fascio laser di Classe 3A con strumenti ottici (per es. binocoli, telescopi, microscopi) può essere pericolosa;
- 4) Classe 3B - La visione diretta del fascio di questi laser è sempre pericolosa; la visione di riflessioni diffuse è normalmente non pericolosa;
- 5) Classe 4 - Laser che sono anche in grado di produrre riflessioni diffuse pericolose; possono causare lesioni alla pelle e potrebbero anche costituire un pericolo d'incendio. Il loro uso richiede un'estrema cautela.

A titolo esemplificativo e non esaustivo si riportano di seguito il grado di pericolosità e le principali caratteristiche e requisiti di sicurezza associati alle differenti classi dei laser, attribuiti sulla base della nuova e della vecchia classificazione.

Tabella A1.C

TIPO DI LASER	PERICOLO	PRINCIPALI CARATTERISTICHE E REQUISITI DI SICUREZZA
<b>Classe 1</b>	<b>Nessuno</b>	<p>Nessuna prescrizione; il laser è innocuo in condizioni normali di esercizio</p> <p>Il LEA di questa classe è uguale a quello della classe 1M</p> <p>SEGNALETICA: Tipica dicitura posta sulla targhetta informativa APPARECCHIO LASER DI CLASSE 1</p>
<b>Classe 1M</b>	<b>Basso</b>	<p>Emettono radiazione nell'intervallo di lunghezza d'onda tra 302,5 nm e 4000 nm, sono sicuri nelle condizioni di funzionamento ragionevolmente prevedibili.</p> <p>Possono essere pericolosi se vengono utilizzate ottiche di osservazione (microscopi, binoculari, ecc..)</p> <p>SEGNALETICA: Tipica dicitura posta sulla targhetta informativa RADIAZIONE LASER - NON OSSERVARE DIRETTAMENTE CON STRUMENTI OTTICI, APPARECCHIO LASER DI CLASSE 1M</p>
<b>Classe 2</b>	<b>Basso</b>	<p>Emettono radiazione nell'intervallo di lunghezza d'onda tra 400 nm e 700 nm.</p> <p>Il LEA di questa classe è uguale a quello della classe 2M</p> <p>Normalmente le reazioni di difesa naturali compreso il riflesso palpebrale (0,25 s) sono sufficienti per la protezione dell'occhio.</p> <p>Non osservare direttamente il raggio laser. Non dirigere il raggio verso le persone.</p> <p>SEGNALETICA: Tipica dicitura posta sulla targhetta informativa RADIAZIONE LASER - NON FISSARE IL FASCIO APPARECCHIO LASER DI CLASSE 2</p>
<b>Classe 2M</b>	<b>Basso</b>	<p>Emettono radiazione nell'intervallo di lunghezza d'onda tra 400 nm e 700 nm.</p> <p>Normalmente le reazioni di difesa naturali compreso il riflesso palpebrale (0,25 s) sono sufficienti per la protezione dell'occhio.</p> <p>Possono essere pericolosi se vengono utilizzate ottiche di osservazione (microscopi, binoculari, ecc..)</p> <p>Non osservare direttamente il raggio laser. Non dirigere il raggio verso le persone.</p> <p>SEGNALETICA: Tipica dicitura posta sulla targhetta informativa RADIAZIONE LASER NON FISSARE IL FASCIO, NE' GUARDARE DIRETTAMENTE CON STRUMENTI OTTICI - APPARECCHIO LASER DI CLASSE 2M</p>

<b>TIPO DI LASER</b>	<b>PERICOLO</b>	<b>PRINCIPALI CARATTERISTICHE E REQUISITI DI SICUREZZA</b>
<b>Classe 3R</b>	<b>Medio</b>	<p>Emettono radiazione nell'intervallo di lunghezza d'onda tra 302,5 nm e 10<sup>6</sup> nm..</p> <p>La visione diretta del fascio è sconsigliata in ogni caso. Il rischio è comunque inferiore a quello del laser di classe 3B</p> <p>Non osservare direttamente il raggio laser. Non dirigere il raggio verso le persone. Consentire l'uso alle sole persone autorizzate Formare in modo specifico il personale addetto.</p> <p>Previsto il supporto del TSL (Tecnico Sicurezza Laser)</p> <p>Deve essere affissa una targhetta in prossimità di ogni apertura attraverso la quale viene emessa una radiazione laser che supera i LEA della classe 1 o 2</p> <p>SEGNALETICA: Tipica dicitura posta sulla targhetta informativa <b>RADIAZIONE LASER – EVITARE L'ESPOSIZIONE DIRETTA DEGLI OCCHI – APPARECCHIO LASER DI CLASSE 3R</b></p>
<b>Classe 3B</b>	<b>Medio</b>	<p>Sono normalmente pericolosi in caso di visione diretta del fascio. Le riflessioni diffuse sono normalmente sicure.</p> <p>Non dirigere il raggio verso le persone. Consentire l'uso alle sole persone autorizzate Formare in modo specifico il personale addetto. Utilizzare solo in zona confinata e sorvegliata Evitare le esposizioni indebite e adottare i necessari provvedimenti per l'accesso alla zona laser</p> <p>Previsto il supporto del TSL</p> <p>Devono riportare una targhetta in prossimità di ogni apertura attraverso la quale viene emessa radiazione laser che supera i LEA della classe 1 o 2</p> <p>SEGNALETICA: Tipica dicitura posta sulla targhetta informativa <b>RADIAZIONE LASER – EVITARE L'ESPOSIZIONE AL FASCIO – APPARECCHIO LASER DI CLASSE 3B</b></p>
<b>Classe 4</b>	<b>Alto</b>	<p>Sono normalmente pericolosi in caso di visione diretta del fascio e sono anche in grado di produrre riflessioni diffuse pericolose. Possono causare lesioni alla pelle e potrebbero costituire un pericolo d'incendio. Il loro uso richiede estrema cautela.</p> <p>Non dirigere il raggio verso le persone. Consentire l'uso alle sole persone autorizzate Formare in modo specifico il personale addetto. Utilizzare solo in zona confinata e sorvegliata Evitare le esposizioni indebite e adottare i necessari provvedimenti per l'accesso alla zona laser.</p> <p>Previsto il supporto del TSL</p>

TIPO DI LASER	PERICOLO	PRINCIPALI CARATTERISTICHE E REQUISITI DI SICUREZZA
		Devono riportare una targhetta in prossimità di ogni apertura attraverso la quale viene emessa una radiazione laser che supera i LEA della classe 1 o 2 SEGNALLETICA: Tipica dicitura posta sulla targhetta informativa RADIAZIONE LASER- EVITARE L'ESPOSIZIONE DEGLI OCCHI E DELLA PELLE ALLA RADIAZIONE DIRETTA O DIFFUSA – APPARECCHIO LASER DI CLASSE 4

Tabella A1.D

TIPO DI LASER	PERICOLO	Principali caratteristiche e requisiti di sicurezza
Classe 1	Nessuno	DESCRIZIONE: Laser intrinsecamente sicuri o sicuri per il loro progetto tecnico. L'EMP (Esposizione massima permessa) non è mai superata PRESCRIZIONI: Utilizzo senza prescrizioni SEGNALLETICA: Tipica dicitura posta sulla targhetta informativa: "APPARECCHIO LASER DI CLASSE 1 IN ACCORDO CON LA NORMA CEI 76-2"
Classe 2	Basso	DESCRIZIONE: Sono compresi in questa classe i laser ad emissione continua e nel visibile, con potenza $\leq 1$ mW. Normalmente le reazioni di difesa naturali compreso il riflesso palpebrale (0,25 s) sono sufficienti per la protezione dell'occhio. Sono possibili danni in caso di esposizione prolungata. PRESCRIZIONI: Non direzionare il fascio verso gli occhi. Interrompere il fascio al termine del suo percorso utile. SEGNALLETICA: Tipica dicitura posta sulla targhetta informativa: "RADIAZIONE LASER NON FISSARE IL FASCIO - APPARECCHIO LASER DI CLASSE 2 IN ACCORDO CON LA NORMA CEI 76-2"
Classe 3A	Basso	DESCRIZIONE: Raggio laser pericoloso se osservato tramite strumenti ottici (microscopi, binoculari, ecc..). Questi laser possono emettere radiazioni sia nel campo del visibile che in quello invisibile. PRESCRIZIONI: Proteggere gli occhi. Non direzionare il fascio verso gli occhi. Interrompere il fascio al termine del suo percorso utile. Formare in modo specifico il personale addetto.

<b>TIPO DI LASER</b>	<b>PERICOLO</b>	<b>Principali caratteristiche e requisiti di sicurezza</b>
		<p><b>SEGNALLETICA:</b> Tipica dicitura posta sulla targhetta informativa: "RADIAZIONE LASER NON FISSARE IL FASCIO NE' AD OCCHIO NUDO NE' TRAMITE UNO STRUMENTO OTTICO - APPARECCHIO LASER DI CLASSE 3A IN ACCORDO CON LA NORMA CEI 76-2"</p>
<p><b>Classe 3B</b></p>	<p><b>Medio</b></p>	<p><b>DESCRIZIONE:</b> La visione diretta del fascio o tramite riflessione speculare è sempre pericolosa ma in certe circostanze può essere visto tramite riflessione diffusa. Questi laser possono emettere radiazioni sia nel campo del visibile che in quello invisibile.</p> <p><b>PRESCRIZIONI:</b> Proteggere gli occhi e la pelle. Non direzionare il fascio verso gli occhi. Interrompere il fascio al termine del suo percorso utile. Impedire le emissioni non volute. Formare in modo specifico il personale addetto. Prescritti connettore di blocco, comando a chiave, attenuatore di fascio, indicatore di emissione.</p> <p><b>SEGNALLETICA:</b> Tipica dicitura posta sulla targhetta informativa: "RADIAZIONE LASER EVITARE L'ESPOSIZIONE AL FASCIO - APPARECCHIO LASER DI CLASSE 3B IN ACCORDO CON LA NORMA CEI 76-2". Riportano un'etichetta nella quale è indicata l'apertura di emissione.</p>
<p><b>Classe 4</b></p>	<p><b>Alto</b></p>	<p><b>DESCRIZIONE:</b> Sono i laser più pericolosi, hanno una potenza tale da causare seri danni agli occhi e alla pelle anche se il fascio è diffuso. Possono costituire un potenziale rischio di incendio, possono causare fuoriuscita di materiale tossico e costituiscono pericolo di elettrocuzione a causa delle tensioni di alimentazione molto elevate.</p> <p><b>PRESCRIZIONI:</b> Proteggere gli occhi e la pelle. Non direzionare il fascio verso gli occhi. Interrompere il fascio al termine del suo percorso utile. Impedire le emissioni non volute. Formare in modo specifico il personale addetto. Prescritti connettore di blocco, comando a chiave, attenuatore di fascio, indicatore di emissione.</p> <p><b>SEGNALLETICA:</b> Tipica dicitura posta sulla targhetta informativa: "RADIAZIONE LASER EVITARE L'ESPOSIZIONE DELL'OCCHIO O DELLA PELLE ALLA RADIAZIONE DIRETTA O DIFFUSA - APPARECCHIO LASER DI CLASSE 4 IN ACCORDO CON LA NORMA CEI 76-2". Riportano un'etichetta nella quale è indicata l'apertura di emissione.</p>



**ALLEGATO 2**  
**LETTINI ABBRONZANTI E LAMPADE UV PER USO ESTETICO**

La norma armonizzata in vigore che regola l'uso dei lettini abbronzanti e delle lampade UV per uso estetico è la CEI EN 60335-2-27 (quarta edizione luglio 2005) con gli emendamenti CEI EN 60335-2-27/A1 (2009) e CEI EN 60335-2-27/A2 (2009), che deve essere utilizzata congiuntamente alla norma CEI EN 60335-1 "Sicurezza degli apparecchi elettrici d'uso domestico e similare – Sicurezza – Parte 1: Norme generali" (2008).

Tale norma prescrive che gli apparecchi UV siano classificati dal costruttore in uno dei seguenti 4 tipi, che devono riportare l'indicatore del numero appropriato del tipo di apparecchio nella seguente forma: "UV di tipo X", dove X è uno dei seguenti numeri:

Tipo 1: Effetto biologico prodotto dalle radiazioni con lunghezze d'onda superiori a 320 nm. Irradianza relativamente elevata da 320 nm a 400 nm. Sono destinati ad essere usati nei centri di abbronzatura, sotto la supervisione di persone adeguatamente addestrate.

Tipo 2: Effetto biologico prodotto dalle radiazioni con lunghezze d'onda sia inferiori che superiori a 320 nm. Irradianza relativamente elevata da 320 nm a 400 nm. Sono destinati ad essere usati nei centri di abbronzatura, sotto la supervisione di persone adeguatamente addestrate.

Tipo 3: Effetto biologico prodotto dalle radiazioni con lunghezze d'onda sia inferiori che superiori a 320 nm. Irradianza limitata nell'intera banda UV. Possono essere usate da persone non specializzate.

Tipo 4: Effetto biologico prodotto dalle radiazioni con lunghezze d'onda inferiori a 320 nm. Sono destinati ad essere usati nei centri di abbronzatura, sotto la supervisione di persone adeguatamente addestrate, e seguendo le avvertenze mediche.

I limiti dell'irradianza efficace eritemale per i differenti tipi di apparecchi UV sono riportati nella seguente **Tabella A2.A**.

**Tabella A2.A**

Tipo di apparecchio UV	Irradianza efficace eritemale (W/m <sup>2</sup> )	
	250 nm < λ < 320 nm	320 nm < λ < 400 nm
1	< 0,0005	≥ 0,15
2	da 0,0005 a 0,15	≥ 0,15
3	< 0,15	< 0,15
4	≥ 0,15	< 0,15

λ è la lunghezza d'onda della radiazione

Gli apparecchi UV devono riportare un avvertimento che abbia il seguente significato:

- Attenzione: le radiazioni ultraviolette possono danneggiare gli occhi e la pelle. Leggere attentamente le istruzioni. Portare gli occhiali di protezione.
- Certi farmaci o cosmetici possono aumentare la sensibilità.
- Gli apparecchi UV la cui luminanza sia superiore a 100.000. cd/m<sup>2</sup> devono riportare un avvertimento che abbia il seguente significato: “Attenzione: luce intensa. Non fissare l'emettitore”.

Gli apparecchi UV di tipo 4 devono riportare la segnalazione “da usare solo seguendo le avvertenze mediche”.

Per quanto riguarda questa ultima tipologia di apparecchi, si richiama quanto espresso nel documento ICNIRP “Problemi sanitari connessi con l'uso di apparecchiature abbronzanti per scopi cosmetici” tradotto in Italiano dall'Istituto Superiore di Sanità (ISS) e consultabile al sito: [www.iss.it/site/sole/icnirp/appar.html](http://www.iss.it/site/sole/icnirp/appar.html)

*“Le apparecchiature di tipo 4, caratterizzate da elevati livelli di emissioni nella regione UVB (280÷315 nm) devono essere usate su prescrizione del medico e non a scopo abbronzante, principalmente a causa della ben nota associazione tra UVB e tumori della pelle”.*

Inoltre la norma CEI EN 60335-2-27/A2 (2009), che integra le precedenti edizioni del 2005 e 2009, prescrive al punto 32.101:

*“Gli apparecchi non devono presentare un pericolo tossico o analogo. Gli apparecchi che hanno degli emettitori UV non devono emettere radiazioni che abbiano un'irradiazione efficace totale superiore a 0.3 W/m<sup>2</sup>, ponderata conformemente allo spettro d'azione dell'eritema”.*

**ALLEGATO 3**  
**APPROFONDIMENTI SULLA PROTEZIONE DAI RISCHI PER LA SALUTE A LUNGO**  
**TERMINE**

I valori limite di esposizione per le radiazioni non coerenti emesse da sorgenti artificiali, riportati nelle Tabelle dell'Allegato XXXVII-Parte I, sono stati determinati dall'ICNIRP sulla base degli effetti sulla salute, connessi ad esposizioni acute e croniche, per i quali è stato possibile determinare una soglia di induzione del danno. La limitazione delle esposizioni al di sotto delle soglie assicura pertanto che i lavoratori non subiscano i danni da esposizione acuta e quei danni da esposizione cronica per i quali sono state determinate soglie di insorgenza (per es.: danni sul cristallino da esposizione cronica a infrarossi –cataratta dei vetrai-).

Nel caso delle esposizioni alla radiazione ultravioletta, il rispetto dei VLE previene l'insorgenza di effetti quali l'eritema, la fotocheratite, la fotoconjuntivite e la cataratta da esposizione acuta, ma non previene totalmente il rischio di effetti a lungo termine indotti dall'esposizione cronica, quali la fotocancerogenesi cutanea, il fotoinvecchiamento cutaneo e i danni oculari da esposizione cronica, per i quali non sono state determinate soglie di induzione.

Analogo discorso vale per quanto riguarda il danno retinico di natura fotochimica, detto anche rischio da “luce blu” in quanto indotto prevalentemente dalla radiazione visibile blu (lunghezza d'onda compresa tra circa 380 e 490 nm), con massima efficacia tra i 440 e i 442 nm. Tale danno, infatti, è prevenuto rispettando i VLE per quanto riguarda la possibile insorgenza di danni acuti, mentre il rispetto di questi stessi limiti non può, allo stato attuale delle conoscenze, prevenire in assoluto il danno retinico da esposizione cronica legato alla dose totale accumulata dal lavoratore durante lunghi periodi (anni, decine d'anni).

Gli effetti a lungo termine delle ROA possono quindi, in linea di principio, verificarsi anche se sono rispettati gli attuali limiti di esposizione, ricordando tuttavia che la limitazione delle esposizioni al di sotto delle soglie di induzione degli effetti acuti contribuisce a diminuire la dose che il lavoratore esposto accumula durante la sua vita lavorativa, e riduce la probabilità (per effetti stocastici quale la fotocancerogenesi cutanea) o la gravità (per effetti deterministici quale il fotoinvecchiamento cutaneo) degli effetti a lungo termine.

Per quanto concerne gli effetti oculari da luce blu, vanno sottolineati alcuni aspetti che li differenziano sostanzialmente rispetto agli altri effetti delle ROA. Il primo è che la “dose accumulata”, dalla quale è verosimile dipendono gli effetti a lungo termine, è in questo caso di difficile quantificazione<sup>6</sup> poiché dipende da più variabili, alcune di non agevole valutazione, quali: il diametro pupillare, le condizioni clinico-oftalmiche, la tipologia dei compiti svolti. Un secondo aspetto è connesso alle aree retiniche coinvolte. Infatti, gli effetti causati da un'esposizione a medio/lungo termine sarebbero assai più gravi (invalidanti) sotto il profilo occupazionale, ma anche sociale, ove, anziché i soli bastoncelli, fossero colpiti anche i coni (situati nella fovea), dai quali dipende in modo esclusivo la visione “al dettaglio”, la visione

---

<sup>6</sup> Una difficile quantificazione della dose accumulata si riscontra anche nel caso della radiazione UV, poiché essa dipende dagli spettri di azione biologici, non ancora ben definiti, relativi agli effetti a lungo termine.

cromatica e la stereopsi. È da notare infine come i rischi per la salute connessi alla luce blu siano spesso sottovalutati, o addirittura ignorati, probabilmente anche a causa del fatto che la radiazione visibile produce un effetto neuro-psico-sensoriale che difficilmente si tende ad associare ad un rischio per la salute.

Altre misure che, allo stato delle conoscenze scientifiche, possono essere prese per prevenire i danni a lungo termine, con particolare riferimento alla radiazione ultravioletta e alla luce blu, consistono nell'evitare le esposizioni indebite di lavoratori non direttamente coinvolti nella particolare attività lavorativa che utilizza sorgenti di ROA, nell'eliminare sorgenti di luce blu ove esse non siano essenziali per i particolari compiti lavorativi da svolgere in un dato ambiente, e nel ridurre le esposizioni al più basso livello possibile. Accanto a queste misure di prevenzione primaria, pure utili possono risultare mirati interventi di sorveglianza sanitaria.

Infine, relativamente alla radiazione laser occorre osservare che dal punto di vista scientifico non c'è nessun motivo di ritenere che la radiazione coerente non causi gli stessi effetti a lungo termine della radiazione incoerente e che quindi ad essa non si applichino le stesse considerazioni relative alla mancata identificazione di soglie di induzione del danno. Nel caso delle esposizioni lavorative alla radiazione laser, tuttavia, le esposizioni sono normalmente solo di tipo accidentale, non croniche, e non sono ad oggi note esposizioni continuative, o comunque per lunghi periodi, tali da richiedere una generalizzazione della sorveglianza sugli effetti a lungo termine. Resta ferma l'esigenza di attivare la sorveglianza sanitaria qualora la valutazione del rischio ne evidenzi la necessità.

#### ALLEGATO 4 APPROFONDIMENTI SULLA STRUMENTAZIONE DI MISURA

Tipicamente, i diversi tipi di rivelatori delle radiazioni ottiche hanno un intervallo di lavoro che non si estende sull'intero spettro delle ROA o quantomeno non si dimostrano idonei a tale impiego o per insufficiente sensibilità o per mancanza di un comportamento lineare. Pertanto, per le verifiche del rispetto dei limiti di esposizione relativamente all'intervallo spettrale UV-VIS-IR, sarà necessario utilizzare strumentazione specifica per le tre bande: alcuni strumenti presentano un intervallo di lavoro che copre sia l'UV che il VIS (comunemente con sensori in silicio), mentre i sensori per l'IR sono di tipo diverso (comunemente adottano sensori CCD a semiconduttore InGaAs o termopile se a banda larga).

La strumentazione necessaria ad acquisire le grandezze che andranno confrontate con i valori limite di esposizione, deve essere in grado di misurare l'irradianza efficace (dalla quale si determina eventualmente la corrispondente esposizione radiante) su una superficie che rappresenta l'organo bersaglio oggetto di tutela, nelle condizioni tipiche o più gravose di esposizione, oppure la radianza efficace di una sorgente nella direzione di osservazione dell'operatore esposto a radiazione visibile-IR-A<sup>7</sup>, che potranno essere fornite in forma integrata rispetto ad uno specifico intervallo spettrale oppure in forma "spettrale" se il dato si riferisce a piccole porzioni contigue dello spettro (dell'ordine del nanometro). Si sottolinea che il dato integrato può essere fornito anche da uno spettroradiometro.

Le grandezze radiometriche così ottenute, al fine di ricavare le rispettive "grandezze efficaci", dovranno essere "ponderate" (la convoluzione dello spettro con lo spettro d'azione permetterà di ottenere il corrispondente spettro efficace) secondo gli spettri d'azione biologici di interesse riportati in Allegato XXXVII, parte I, del DLgs.81/2008. Tale ponderazione potrà essere attuata dopo la misurazione operando sui dati "spettrali" (utilizzando un foglio di calcolo o un software)<sup>8</sup>, oppure prima della misura interponendo tra sorgente e rivelatore uno specifico filtro capace di riprodurre le caratteristiche di interazione tessuto-radiazione, attenuando selettivamente la radiazione incidente secondo rapporti spettrali simili a quello dello spettro d'azione.

Gli strumenti in grado di fornire le misure prima descritte sono i "Radiometri", a loro volta suddivisi in "Radiometri a larga banda" ed in "Spettroradiometri"; i primi forniscono le grandezze integrate dell'intera banda misurata, mentre i secondi le rispettive grandezze spettrali. Tra questi ultimi vengono spesso privilegiati gli spettroradiometri compatti a CCD con uscita in fibra ottica, per il basso costo e la praticità d'uso. Le loro prestazioni sono generalmente adeguate per misure nel

---

<sup>7</sup> per le definizioni si rimanda al Capo V del Titolo VIII del DLgs.81/2008.

<sup>8</sup> Attualmente i software di gestione degli spettroradiometri non hanno ancora implementato gli spettri d'azione d'interesse protezionistico, pertanto non sono al momento in grado di fornire direttamente i dati delle grandezze efficaci. Tuttavia alcuni software sono programmabili e permettono l'aggiunta di nuove funzionalità. Le stesse case produttrici stanno mostrando interesse verso le esigenze tecniche di chi opera nel settore della sicurezza e probabilmente già nel breve periodo provvederanno ad implementare le funzionalità necessarie al valutatore.

campo del VIS-IRA, mentre per accurate misure nell'UV vanno preferiti strumenti con doppio monocromatore, per il loro più efficiente abbattimento della stray light (luce diffusa)<sup>9</sup>.

I radiometri a banda larga invece, a differenza degli spettroradiometri, non forniscono il dato spettrale, informazione questa molto utile per orientare efficacemente le strategie di misura e di valutazione. Tali strumenti trovano il loro campo ottimale d'impiego nelle misure per la verifica periodica delle caratteristiche di emissione di sorgenti già caratterizzate in precedenza.

In funzione delle grandezze radiometriche da misurare (irradianza, radianza e grandezze ad esse correlate), la strumentazione (anche quella a banda larga) dovrà essere corredata di specifiche ottiche per la raccolta delle radiazioni. La corretta misura dell'irradianza prevede che il contributo della radiazione incidente sia proporzionale al coseno dell'angolo d'incidenza calcolato rispetto alla normale alla superficie ricevente, pertanto l'ottica di raccolta per la misura dell'irradianza dovrà essere dotata di un diffusore piano o emisferico (correttore di coseno) o una sfera integratrice. Invece, per le misure di radianza sarà necessario equipaggiare lo spettroradiometro con un'ottica avente un campo di vista ristretto, costituita da una lente semplice ed un diaframma (apertura limitante), sostanzialmente un teleobiettivo<sup>10</sup> eventualmente equipaggiato di un puntatore (sistema reflex, telemetro oppure laser). In alternativa sarà necessario utilizzare un gruppo ottico privo di lenti dotato di una serie di diaframmi che delimitino il campo inquadrato, il cui impiego non richiede il posizionamento ad una specifica distanza, purché la sorgente riempi completamente il campo di vista del sistema. L'ottica di raccolta potrà eventualmente essere accoppiata al radiometro mediante fibra ottica.

Più in dettaglio, l'ottica di raccolta determina l'angolo di accettazione del sensore (cioè l'area sottesa dal campo di vista del sensore che dovrebbe essere pari al valore dell'angolo effettivo con cui l'occhio vede la sorgente a causa dei movimenti oculari, valore stabilito pari a 11 mrad<sup>11</sup>), riproducendo le caratteristiche ottiche dell'occhio (lente-cristallino, diaframma-pupilla, sensore-retina). La radianza della sorgente è legata all'irradianza sul sensore - la retina, attraverso una funzione spettrale di trasferimento che dipende solo dalle caratteristiche costruttive dell'obiettivo, cioè dalle caratteristiche fisiologiche dell'occhio, ed indipendente dalla distanza sorgente-osservatore. Tale funzione di trasferimento associata alla sonda per la misura della radianza altro non è che la funzione che esprime i

---

<sup>9</sup> la stray light può portare ad una sovrastima anche notevole delle misure radiometriche nell'UV. Gli strumenti a singolo monocromatore possono essere utilizzati per misure nell'UV, a condizione di correggere la misura valutando il contributo della luce diffusa per le diverse componenti spettrali (molti software di gestione degli strumenti permettono di implementare funzioni per la correzione di tale fenomeno); poiché l'effetto dovuto alla stray light cambia al variare dello spettro della sorgente osservata, tale correzione non permetterà mai di raggiungere le prestazioni di uno strumento con doppio monocromatore.

<sup>10</sup> la sonda dovrà essere posta ad una distanza dalla sorgente pari a quella di messa a fuoco del sistema ottico.

<sup>11</sup> come indicato nel punto j-k-1, della tabella 1.1 dell'allegato XXXVII del DLgs.81/2008, che riporta i valori limite di esposizione

coefficienti spettrali della curva di taratura in radianza (funzione della lunghezza d'onda) della sonda di misura (tale dato si desume dal certificato di taratura). In altre parole il radiometro misura sempre un valore di irradianza sul sensore, che, moltiplicato per il corrispondente fattore di taratura spettrale, permette di calcolare il corrispondente valore di radianza della sorgente (se si moltiplica l'irradianza "spettrale" per lo spettro d'azione per la funzione di trasferimento si ottiene la corrispondente radianza "spettrale efficace").

In alternativa all'uso dell'ottica per la misura della radianza, si può procedere, come indicato nella norma CEI EN 62471 (2009), ad una misura di irradianza, dopo aver schermato la parte della sorgente eccedente l'angolo di accettazione. Tale parametro è determinato dal rapporto del diametro della superficie circolare sottesa dall'angolo solido determinato dall'angolo di accettazione e la distanza tra sorgente- detector. La scelta della distanza di misura e del diametro della superficie schermante deve determinare un setup di misura tale per cui l'angolo di accettazione del sensore sia uguale all'angolo effettivo con cui l'occhio vede la sorgente a causa dei movimenti oculari. Un setup di misura ove questo angolo di accettazione fosse inferiore al valore stabilito comporterebbe la sovrastima della misura. Il valore di questo angolo non va confuso con quello che sottende la sorgente, la cui determinazione è esclusivamente finalizzata alla determinazione del corretto valore limite di esposizione da applicare a tutela dei lavoratori in funzione delle condizioni di esposizione.

I requisiti prestazionali della strumentazione radiometrica da utilizzarsi per la valutazione dei rischi di esposizione a radiazioni ottiche sono riportati nella norma CEI EN 62471 (Allegato B). Una vasta serie di spettroradiometri a singolo monocromatore con rivelatore a CCD ed uscita in fibra ottica sono disponibili sul mercato, offrendo una soluzione relativamente economica e flessibile alle necessità del valutatore.

La grande possibilità di "personalizzare" tali strumenti (selezionando ad esempio parametri come: intervallo spettrale di lavoro, risoluzione, efficienza quantica del sensore, ecc.), adattandoli alle necessità più disparate, li rende strumenti molto versatili con potenzialità molto elevate. Bisogna tuttavia sceglierne molto accuratamente le caratteristiche al fine di garantire i requisiti prestazionali richiesti nonché un grado accettabile di incertezza nella misura delle grandezze radiometriche.

Alcuni parametri importanti di cui tener conto nella scelta della configurazione dello strumento sono:

- il mezzo disperdente del monocromatore;
- la dispersione angolare che per i reticoli aumenta all'aumentare del numero di incisioni per mm;
- "l'angolo di blaze" del reticolo: variando l'angolazione delle incisioni del reticolo è infatti possibile indirizzare una maggiore quantità di radiazione in uno specifico ordine di diffrazione, aumentando il segnale al rivelatore in un determinato intervallo spettrale (d'altra parte il segnale all'esterno dell'intervallo spettrale diminuisce).

Le proprietà del reticolo unitamente alla focale del sistema ottico che costituiscono lo spettroradiometro determinano l'intervallo spettrale utile per quella determinata configurazione. La risoluzione spettrale dello strumento è in relazione sia alla

configurazione del sistema, sia alle dimensioni dell'apertura della fenditura posta all'ingresso dello strumento stesso (quanto più è piccola tanto maggiore è la risoluzione spettrale ma tanto più bassa è l'intensità che può giungere al rivelatore), sia infine alle dimensioni del rivelatore (le dimensioni del pixel se il rivelatore è un CCD). Si sottolinea che la risoluzione spettrale non va spinta oltre il limite del manometro, onde evitare di penalizzare eccessivamente la dinamica dello strumento. Nel caso in cui l'ottica di raccolta dello strumento sia una fibra ottica, l'apertura limitante sarà data dal diametro della fibra nel caso questa sia inferiore alle dimensioni della fenditura (aumenterà di conseguenza la risoluzione spettrale). La risoluzione spettrale dello spettroradiometro dovrà permettere misure con step di 1 nm nell'UV e al massimo 5 nm nell'IRA, questo poiché nell'UV si incontrano frequentemente sorgenti con spettro di righe<sup>12</sup> mentre nell'IR le sorgenti più comuni sono principalmente assimilabili a corpi neri.

La misura delle caratteristiche di emissione dei LED richiede, anche nel visibile, caratteristiche prestazionali superiori a quelle necessarie per misure nell'UV.

I radiometri a larga banda invece offrono il vantaggio di una grande rapidità e semplicità di misura che li rende strumenti molto versatili per una indagine di screening, tuttavia la pesatura spettrale operata dai filtri non riesce sempre a riprodurre il comportamento dello spettro d'azione comportando di conseguenza un errore sulla determinazione delle grandezze efficaci. Un altro errore che spesso si può associare all'uso di tali strumenti è dato dalla risposta spettrale che spesso si estende oltre i limiti dell'intervallo di lunghezze d'onda definito per le grandezze efficaci.

Le caratteristiche della strumentazione di misura da impiegare sono riportate in dettaglio nelle norme tecniche riportate nel **Punto 5.09**. Ulteriori utili riferimenti si possono dedurre dalla lettura della pubblicazione "Measurements of Optical Radiation Hazards. A reference book based on presentations given by health and safety experts on optical radiation hazards", Gaithersburg, Maryland, USA, September 1-3, 1998. Munich: ICNIRP/CIE-Publications; 1999 e delle altre linee guida ICNIRP, liberamente scaricabili dal relativo sito internet.

Come già anticipato, la strumentazione utilizzata nel campo della radiazione laser per le misure della potenza e dell'energia della radiazione deve rispondere ad una serie di specifiche fissate nelle norme di buona tecnica, ed in particolare nella norma CEI 76-3 (CEI EN 61040). Tutte le informazioni relative a questi parametri devono essere contenute nelle specifiche tecniche fornite all'acquisto dello strumento o nel certificato di taratura.

Tutti i rivelatori, gli strumenti e gli apparati per la misurazione della radiazione laser devono essere tarati correttamente, devono superare la prova di sovraccarico e devono essere conformi alle prescrizioni minime indicate nella norma CEI 76-3, al punto 3.1. Dovrà essere indicata la classe di precisione di appartenenza.

---

<sup>12</sup> una corretta valutazione del dato spettrale riferito ad una riga di emissione richiede che lo strumento abbia (se il rivelatore è un CCD) una risoluzione spettrale tale da risolvere lo spettro della riga almeno con 5 pixel



**ALLEGATO 5**  
**CONTROLLI DI QUALITÀ SU APPARECCHIATURE LASER MEDICALI**

**1. Controlli su parametri fisici per ogni tipologia di laser**

1.a Misura della potenza media (laser CW e laser pulsati con frequenza di ripetizione maggiore o uguale a 3 Hz)

Strumentazione di misura:	Power/energy meter calibrato con testa adeguata alla tipologia di laser:
Metodo di misura:	Si imposta sull'apparecchio laser la massima potenza media. Si misura la potenza su 1 minuto di emissione, con periodo di campionamento inferiore a 0,1 sec. Si imposta sull'apparecchio laser la minima potenza media. Si misura la potenza su 1 minuto di emissione, con periodo di campionamento inferiore a 0,1 sec. Nota: per effettuare la misura è opportuno rimuovere dall'apparecchio laser eventuali sistemi ottici complessi (es. micromanipolatori) che possono introdurre attenuazioni non trascurabili della potenza di uscita.
Risultato accettabile:	Per ciascun livello di potenza misurato, il valore massimo e il valore minimo misurati (oppure il valor medio più o meno due volte la deviazione standard) non devono scostarsi più del 20% dal valore nominale impostato.

1.b Misura dell'energia per impulso (laser pulsati con frequenza di ripetizione inferiore a 3 Hz)

Strumentazione di misura:	Power/Energy meter calibrato con testa adeguata alla tipologia di laser:
Metodo di misura:	Si imposta sull'apparecchio laser la massima energia per impulso. Si misurano le energie di 10 impulsi. Si imposta sull'apparecchio laser la minima energia per impulso. Si misurano le energie di 10 impulsi. Nota: per effettuare la misura è opportuno rimuovere dall'apparecchio laser eventuali sistemi ottici complessi (es. micromanipolatori) che possono introdurre attenuazioni non trascurabili della potenza di uscita.
Risultato accettabile:	Per ciascun livello di energia misurato, il valore massimo e il valore minimo misurati (oppure il valor medio più o meno due volte la deviazione standard) non devono scostarsi più del 20% dal valore nominale impostato.

1.c Misura durata impulso e del treno di impulsi ( laser pulsati)

Strumentazione di misura:	Oscilloscopio Fotodiodo adeguato alla tipologia di laser.
Metodo di misura:	Si imposta sull'apparecchio laser la massima durata di impulso, e dove questa non indicata, la massima energia di impulso. Si misurano le durate di impulso al 50% su 10 impulsi, registrando i valori massimo e minimo. Si imposta sull'apparecchio laser la minima durata di impulso, e dove questa non indicata, la minima energia di impulso. Si misurano le durate di impulso al 50% su 10 impulsi, registrando i valori massimo e minimo.
Risultato accettabile:	Il valore massimo e il valore minimo di durata di impulso misurati devono rientrare all'interno del range di durata di impulso dichiarato dal fabbricante nel manuale d'uso.

1.d Misura della frequenza di ripetizione degli impulsi (laser pulsati)

Strumentazione di misura:	Oscilloscopio. Fotodiodo adeguato alla tipologia di laser.
Metodo di misura:	Si misura per 10 volte la frequenza di ripetizione, per ciascun valore impostabile. Si registrano i valori massimo e minimo e si calcola il valor medio e la deviazione standard.
Risultato accettabile:	I valori di frequenza di ripetizione misurati non devono scostarsi più del 5% dai valori nominali impostati (il valore medio più due volte la deviazione standard, oppure i valori max e min).

1.e Controllo allineamento fascio di lavoro - fascio di puntamento

Strumentazione di misura:	Carta termica, calibro.
Metodo di misura:	Si posiziona la carta termica ad una distanza pari alla distanza dell'area di lavoro nell'uso normale. Si misurano i diametri degli spot del fascio di lavoro e del fascio di puntamento, e la distanza tra i centri degli spot.
Risultato accettabile:	Lo scostamento tra i centri dei due spot non deve superare il 50% del diametro maggiore. Il diametro dello spot del fascio di puntamento non deve superare di oltre 1,5 volte il diametro dello spot del fascio di lavoro.

1.f Misura divergenza fascio laser

Strumentazione di misura:	Analizzatore di fascio
Metodo di misura:	Si misura in due sezioni differenti il diametro $d_{63}$ ovvero il diametro minimo che contiene il 63% della

potenza (o energia) totale del fascio laser.  
Si calcola la divergenza in base ai due diametri misurati e alla loro distanza sull'asse del fascio, secondo la formula:

$$\varphi = 2 \arctan \left( \frac{d'_{63} - d_{63}}{2r} \right).$$

Risultato accettabile: La divergenza misurata deve essere maggiore o uguale a quella dichiarata dal fabbricante nel manuale d'uso.

## 2. Controlli su laser con sistema di trasmissione a fibra rimovibile

### 2.a Verifica integrità estremità fibra

Metodo di verifica: Analisi visiva; verifica con fascio di puntamento per la testa di uscita e con lampada esterna per la testa di ingresso.

Risultato accettabile: Entrambe le estremità della fibra devono risultare integre.

### 2.b Verifica rendimento fibra (fibra + manipolo)

Strumentazione di misura: Power/Energy meter calibrato con testa adeguata alla tipologia di laser:

Metodo di misura: Spezzone di fibra  
Si imposta sull'apparecchio laser la massima potenza media.

Si misura la potenza in uscita dalla fibra (o fibra + manipolo se presente). Si rimuove la fibra e l'eventuale manipolo, e si inserisce uno spezzone di fibra lungo non più di 10 cm. Si misura la potenza in uscita dallo spezzone di fibra e si calcola il rendimento della fibra + eventuale manipolo.

Risultato accettabile: Il rendimento non deve essere inferiore all'85% .

## 3. Controlli per laser a CO2 con manipolo o microscopio finale

### 3.a Verifica rendimento accoppiatore

Strumentazione di misura: Power/Energy meter calibrato con testa adeguata alla tipologia di laser:

Metodo di misura: Si imposta sull'apparecchio laser la massima potenza media. Si misura la potenza in uscita dal sistema di focalizzazione. Si rimuove il sistema di focalizzazione e si misura la potenza in uscita.

Risultato accettabile: Il rendimento non deve essere inferiore all'85%, e non deve essere inferiore al 70% nel caso di sistemi ottici complessi (es. micromanipolatori).

**ALLEGATO 6**  
**SPECIFICHE DEI DPI PER LA PROTEZIONE DA RADIAZIONI OTTICHE**

**1) Radiazioni non coerenti**

Sono riportate di seguito i numeri di codice identificativi per tipo di protezione da radiazioni luminose:

- 2 filtro per ultravioletti, il riconoscimento dei colori può risultare alterato
- 2 C filtro per ultravioletti con buon riconoscimento dei colori
- 4 filtro per infrarossi
- 5 filtro solare senza requisiti per gli infrarossi
- 6 filtro solare con requisiti per infrarossi

Relativamente agli UV, per aiutare l'utente nella scelta del livello protettivo, la norma tecnica UNI EN 170 riporta alcune indicazioni sulla graduazione da utilizzarsi in determinate situazioni secondo la **Tabella A6.A** con la precisazione che le indicazioni riportate non sono applicabili a lavoratori con fotofobia o a quelli sottoposti a trattamento medico che possono essere particolarmente sensibili alla radiazione ottica. Inoltre tali filtri non sono adatti per l'osservazione diretta di sorgenti brillanti quali le lampade ad arco allo xeno ad alta pressione o gli archi di saldatura, per i quali deve essere utilizzato un DPI conforme alla norma UNI EN 169.

**Tabella A6.A**

<b>N° di scala</b>	<b>Percezione del colore</b>	<b>Applicazioni tipiche</b>	<b>Sorgenti tipiche (esempi)</b>
2-1,2 2-1,4 2-1,7	Può essere alterata, salvo se il filtro è marcato <b>2C</b>	Da utilizzare con sorgenti che emettono prevalentemente radiazione UV a lunghezza d'onda minori di 313 nm e quando l'abbagliamento non è un fattore importante. Questo copre le bande UVC (da 100 nm a 280 nm) e la maggior parte delle bande UVB (da 280 nm a 315 nm).	Lampade a vapori di mercurio a bassa pressione, come le lampade utilizzate per stimolare la fluorescenza o "luci nere", le lampade attiniche e le lampade germicide.
2-2 2-2,5		Da utilizzare con sorgenti che emettono una forte radiazione contemporaneamente nel campo spettrale UV e nel campo visibile e perciò è richiesta l'attenuazione della radiazione visibile	Lampade a vapori di mercurio a media pressione, come le lampade fotochimiche
2-3 2-4			Lampade a vapori di mercurio ad alta pressione e lampade a vapori di alogenuri metallici, come le lampade solari per solarium

N° di scala	Percezione del colore	Applicazioni tipiche	Sorgenti tipiche (esempi)
2-5			Sistemi a lampade pulsanti. Lampade a vapori di mercurio ad alta ed altissima pressione come le lampade solari per solarium

Nel caso specifico tanto maggiore è il numero del livello di graduazione del filtro, tanto più elevato è il livello di protezione dalle radiazioni UV.

Anche il numero di scala dei filtri di protezione dalle **radiazioni solari** è formato dal numero che indica il tipo di protezione da radiazioni luminose, questa volta con codice **5** o **6**, e dal numero di graduazione del filtro uniti da un trattino.

I filtri di codice **5** garantiscono protezione nel campo spettrale dell'ultravioletto e della luce visibile. Se il filtro è in grado di garantire anche la protezione da radiazioni infrarosse il codice identificativo è il **6**.

Tanto maggiore è il numero di livello di graduazione del filtro, tanto superiore è il livello di protezione dalle radiazioni solari.

La **Tabella A6.B**, ripresa dalla norma UNI EN 172, riporta il livello protettivo ed il relativo filtro (designazione) da utilizzarsi in alcune situazioni.

**Tabella A6.B**

Numero di scala	Designazione e uso
5-1,1 6-1,1	Solo per certi filtri solari fotocromatici allo stato chiaro
5-1,4 6-1,4	Filtro molto chiaro
5-1,7 6-1,7	Filtro chiaro
5-2 6-2	Filtro medio, generico raccomandato per la maggior parte degli usi
5-2,5 6-2,5	Filtro scuro, utilizzato generalmente in Europa centrale
5-3,1 6-3,1	Filtro molto scuro, utilizzato ai tropici ed ai sub-tropici, per l'osservazione del cielo, in alta montagna, zone innevate, zone d'acqua luminose, pianure sabbiose, cave di gesso e calcare
5-4,1 6-4,1	Filtro estremamente scuro, da utilizzarsi solo in condizioni di forte luminosità, non adatto per la guida

Il numero di scala dei filtri per la protezione dalle **radiazioni infrarosse** è formato dal numero di codice **4** e dal numero di graduazione relativo al filtro uniti da un trattino. La norma UNI EN 171 di riferimento individua 13 livelli protettivi con numeri di graduazione che vanno dall'1.2 al 10; a livello protettivo maggiore

corrisponde una minor trasmissione nel campo dell'infrarosso e contemporaneamente anche una minor trasmissione luminosa.

Poiché l'emissione di raggi infrarossi avviene tipicamente in presenza di lavorazioni ed impianti di fusione la norma tecnica fornisce indicazioni per la scelta del livello protettivo in base alla temperatura di fusione dei solidi in lavorazione, come riportando nella **Tabella A6.C** a seguito.

**Tabella A6.C**

Numero di scala	Applicazione tipica in termini di fonti di temperatura media [°C]
4 – 1.2	Fino a 1.050
4 – 1.4	1.070
4 – 1.7	1.090
4 – 2	1.110
4 – 2,5	1.150
4 – 3	1.190
4 – 4	1.290
4 – 5	1.390
4 – 6	1.510
4 – 7	1.650
4 – 8	1.810
4 – 9	1990
4 – 10	2.220

Dove il problema da radiazioni infrarosse è associato a una forte emissione di calore (come nelle fonderie e nelle lavorazioni del vetro) o quando l'esposizione è prolungata, è raccomandato l'uso di filtri con riflettanza maggiore nel campo dell'infrarosso al fine di aumentare la confortevolezza del portatore in quanto questo trattamento provoca un minor aumento della temperatura. Questi filtri sono marcati "Numero di scala – R".

Per i processi lavorativi nei quali il riconoscimento dei colori è importante è raccomandato l'utilizzo di filtri per infrarossi con capacità superiore di riconoscimento dei colori che sono marcati "4C-Numero di graduazione".

I dispositivi di protezione utilizzati nelle **operazioni di saldatura** sono schermi (ripari facciali) e maschere (entrambi rispondenti a specifici requisiti di adattabilità, sicurezza ed ergonomia), con filtri a graduazione singola, a numero di scala doppio o commutabile (quest'ultimo per es. a cristalli liquidi). I filtri per i processi di saldatura devono fornire protezione sia da raggi ultravioletti che infrarossi che da radiazioni visibili.

Il numero di scala dei filtri destinati a proteggere i lavoratori dall'esposizione alle radiazioni durante le operazioni di saldatura e tecniche simili è formato solo dal numero di graduazione corrispondente al filtro, mentre manca il numero di codice, che invece è presente invece negli altri filtri prima descritti. In funzione del fattore di trasmissione dei filtri, la norma UNI EN 169 prevede 19 numeri di graduazione.

Per individuare il corretto numero di scala dei filtri, è necessario considerare prioritariamente:

- per la saldatura a gas, saldo-brasatura e ossitaglio: la portata di gas ai cannelli;
- per la saldatura ad arco, il taglio ad arco e al plasma jet: l'intensità della corrente.

Ulteriori fattori da tenere in considerazione sono:

- la distanza dell'operatore rispetto all'arco o alla fiamma; se l'operatore è molto vicino può essere necessario una graduazione maggiore;
- l'illuminazione locale dell'ambiente di lavoro;
- le caratteristiche individuali.

Tra la saldatura a gas e quella ad arco vi sono, inoltre, differenti livelli di esposizione al calore: con la prima si raggiungono temperature della fiamma che vanno dai 2500 °C ai 3000 °C circa, mentre con la seconda si va dai 3000 °C ai 6000 °C fino ai 10.000 °C tipici della saldatura al plasma.

Per aiutare la scelta del livello protettivo, la norma tecnica riporta alcune indicazioni sul numero di scala da utilizzarsi (vedi **Tabelle A6.D, A6.E e A6.F**).

Esse si basano su condizioni medie di lavoro dove la distanza dell'occhio del saldatore dal metallo fuso è di circa 50 cm e l'illuminazione media dell'ambiente di lavoro è di circa 100 lx.

Tanto è maggiore il numero di scala tanto superiore è il livello di protezione dalle radiazioni che si formano durante le operazioni di saldatura e tecniche connesse.

**Tabella A6.D:** Numeri di scala per saldatura a gas e saldo-brasatura

Lavoro	$q \leq 70$	$70 < q \leq 200$	$200 < q \leq 800$	$q > 800$
Saldatura a gas e saldobrasatura	4	5	6	7
<b>Q</b> è la portata di acetilene, in litri all'ora. <b>NB:</b> In funzione delle condizioni di impiego, può essere utilizzato il numero di scala immediatamente superiore o inferiore				

**Tabella A6.E:** Numeri di scala per l'ossitaglio

Lavoro	$900 \leq q \leq 2000$	$2000 < q \leq 4000$	$4000 < q \leq 8000$
Ossitaglio	5	6	7
<b>Q</b> è la portata di ossigeno, in litri all'ora. <b>NB:</b> In funzione delle condizioni di impiego, può essere utilizzato il numero di scala immediatamente superiore o inferiore			

Il codice alfanumerico dell'oculare indica:

Posizione I: numero di scala, include solo il numero che identifica la graduazione del filtro

Posizione II: marchio di identificazione del fabbricante

Posizione III: classe ottica con valori di 1 (migliore), 2 o 3 (peggiore)

Posizione IV: livello di resistenza meccanica all'impatto di solidi che può essere A (migliore), B, F o S (peggiore) con, talvolta a seguito la lettera T per indicare oculari che resistono alle particelle ad alta velocità a temperature estreme;

**Tabella A6.F:** Utilizzazione raccomandata dei diversi numeri di scala per la saldatura ad arco

Processo	Corrente A																				
	1,5	6	10	15	30	40	60	70	100	125	150	175	200	225	250	300	350	400	450	500	600
Elettrodi rivestiti	8																				
MAG	8																				
TIG	8																				
MIG con metalli pesanti	9																				
MIG con leghe leggere	10																				
Taglio aria-arco	10																				
Taglio plasma-jet	9																				
Saldatura ad arco al microplasma	4																				
	1,5	6	10	15	30	40	60	70	100	125	150	175	200	225	250	300	350	400	450	500	600

Nota Il termine "metalli pesanti" si applica ad acciai, leghe di acciaio, rame e leghe corrotte, ecc.



Posizione V: numero che indica l'eventuale protezione da archi elettrici (8) o metalli fusi e solidi incandescenti (9)

Posizione VI: lettera K che indica l'eventuale lente antigraffio;

Posizione VII: lettera N che indica l'eventuale trattamento antiappannante

Pur essendo definita la sequenza, non sempre sono presenti tutti i numeri/lettere ed in tal caso la marcatura viene compattata. Ad esempio una marcatura dell'oculare: "2,5 X 1F 9 N" indica:

- numero di scala, che coincide con il solo numero di graduazione del filtro;
- X corrisponde al codice di identificativo del fabbricante;
- il numero 1 si riferisce alla classe ottica migliore;
- la lettera F indica il livello (basso) di resistenza meccanica;
- il numero 9 si riferisce alla protezione da metalli fusi e solidi caldi;
- la lettera N denota l'oculare con il trattamento antiappannante.

Anche la montatura presenta delle marcature ma il loro significato non interviene sulla protezione da radiazioni ottiche.

Quando la lente e la montatura formano un tutt'uno (es. occhiali panoramici con astine, occhiali a mascherina), il protettore deve essere marcato come per l'oculare seguito da un trattino, dalla norma tecnica di riferimento e altri simboli.

I filtri da saldatura con fattore di trasmissione luminosa variabile includono altri numeri tra cui i primi sono relativi alla graduazione più chiara e alla graduazione più scura separati dal simbolo "/".

Se la graduazione scura è controllata manualmente, dovranno essere marcati i limiti della gamma dei numeri di scala conseguibili separati da un trattino. Mentre nel caso di filtri per saldatura che commutano automaticamente la loro graduazione, il numero di scala dello stato più scuro deve essere preceduto dal simbolo "<" ed, eventualmente, da una "M" nel caso in cui sia anche possibile compensare manualmente lo stato scuro del filtro.

Ulteriori numeri si riferiscono alle classi di luce diffusa all'interno del filtro 1, 2 o 3 e alla classe di variazione del fattore di trasmissione luminosa che vanno aggiunte alla classe ottica, da questa e fra loro separate da una barra obliqua. Deve inoltre essere presente il numero della normativa europea di riferimento.

Ad esempio una marcatura dell'oculare: "5/11 – 13 X 1/3/2 EN 379" indica:

- un filtro con graduazione chiara 5, commutabile manualmente in graduazioni scure corrispondenti a numeri compresi fra 11 e 13.
- X corrisponde al codice di identificativo del fabbricante,
- i numeri 1/3/2 corrispondono alla classe ottica 1, classe di diffusione della luce 3 e classe di variazione del fattore di trasmissione luminosa 2.
- la dicitura EN 379 si riferisce alla normativa tecnica europea.

## 2) Radiazioni laser

I filtri degli occhiali utilizzati contro le radiazioni laser non sono sostituibili e quindi la marcatura può essere collocata sull'oculare o sulla montatura e deve riportare in sequenza i seguenti elementi:

- lunghezza(ε) d'onda o campo di lunghezze d'onda in nm in cui il filtro garantisce la protezione
- simbolo della condizione di prova per tipo di laser (D laser a onda continua, I laser a impulsi, R laser a impulsi giganti e M laser a impulsi a modo accoppiato).

- numero di graduazione
- marchio di identificazione del fabbricante
- livello di resistenza meccanica (ove applicabile).

Ad esempio una marcatura dell'oculare "633 DI L4 X S" indica:

- 633 è la lunghezza d'onda per la quale il protettore dell'occhio fornisce protezione;
- DI sono i simboli della condizione di prova per tipo di laser; in questo caso, significa che l'occhiale è idoneo sia per laser a onda continua (D) che a impulsi (I);
- L4 è numero di graduazione secondo la norma EN 207;
- X è marchio di identificazione del fabbricante;
- S corrisponde alla resistenza meccanica; in questo caso rappresenta una "robustezza incrementata".

Nella **Tabella A6.G** sono riportati i numeri di graduazione raccomandati per l'uso di filtri e protettori dell'occhio contro le radiazioni laser.

Nella **Tabella A6.H** sono invece riportati i numeri di graduazione raccomandati per i filtri e le montature dei protettori dell'occhio per i lavori di regolazione sui laser.

Anche i filtri degli occhiali utilizzati in queste operazioni non sono sostituibili e quindi la marcatura può essere collocata sull'oculare o sulla montatura.

La marcatura dei protettori dell'occhio per i lavori di regolazione sui laser deve riportare le seguenti informazioni:

- potenza massima del laser, in watt (W) ed energia massima di impulso, in joule (J);
- lunghezza d'onda, o campo di lunghezze d'onda (in nm), dalla quale il dispositivo deve proteggere;
- numero di graduazione;
- marchio di identificazione del fabbricante;
- marchio di certificazione se applicabile;
- lettera relativa alla resistenza meccanica (ove applicabile);
- sulla montatura le parole "protettori dell'occhio per regolazione" nella lingua del Paese in cui il DPI è venduto.

Ad esempio una marcatura dell'oculare "1 W  $2 \times 10^{-3}$  J 500 – 550 R4 X S" indica:

- 1 W è la massima potenza laser;
- $2 \times 10^{-3}$  J mostra l'energia massima d'impulso;
- 500 – 550 è la gamma di lunghezze d'onda da cui il dispositivo deve proteggere;
- R4, identifica il numero di graduazione cioè la protezione da utilizzare per interventi di regolazione su sistemi laser;
- X è il codice identificativo del fabbricante;
- S corrisponde alla resistenza meccanica; in questo caso rappresenta una "robustezza incrementata".

**Tabella A6.G:** Numeri di graduazione raccomandati per l'uso di filtri e protettori dell'occhio contro le radiazioni laser.

Numero di graduazione	Fattore spettrale massimo alla lunghezza d'onda del laser	Densità massima di potenza ( $E$ ) e/o energia ( $H$ ) nel campo di lunghezze d'onda									
		da 180 nm a 315 nm	da >315 nm a 1 400 nm								
		da >1 400 nm fino a 1 000 $\mu$ m									
		Tipo di laser/periodo di esposizione in s									
		D	I, R	M	D	I, R	M	D	I, R	M	
		$\geq 3 \cdot 10^4$	da $10^6$ a $3 \cdot 10^4$	$< 10^{-6}$	$> 5 \cdot 10^4$	da $10^{-9}$ a $5 \cdot 10^{-4}$	$< 10^{-9}$	$> 0,1$	da $10^{-9}$ a $0,1$	$< 10^{-9}$	
	$\tau(\lambda)$	$E_D$	$H_{I,R}$	$E_M$	$E_D$	$H_{I,R}$	$H_M$	$E_D$	$H_{I,R}$	$E_M$	$M$
		$W/m^2$	$J/m^2$	$W/m^2$	$W/m^2$	$J/m^2$	$W/m^2$	$W/m^2$	$J/m^2$	$W/m^2$	$W/m^2$
L1	$10^{-1}$	0,01	$3 \cdot 10^2$	$3 \cdot 10^{11}$	$10^2$	0,05	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$10^4$	$10^3$	$10^{12}$	
L2	$10^{-2}$	0,1	$3 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^{12}$	$10^3$	0,5	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$10^5$	$10^4$	$10^{13}$	
L3	$10^{-3}$	1	$3 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^{13}$	$10^4$	5	0,15	$10^6$	$10^5$	$10^{14}$	
L4	$10^{-4}$	10	$3 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^{14}$	$10^5$	50	1,5	$10^7$	$10^6$	$10^{15}$	
L5	$10^{-5}$	$10^2$	$3 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^{15}$	$10^6$	$5 \cdot 10^2$	15	$10^8$	$10^7$	$10^{16}$	
L6	$10^{-6}$	$10^3$	$3 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^{16}$	$10^7$	$5 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^2$	$10^9$	$10^8$	$10^{17}$	
L7	$10^{-7}$	$10^4$	$3 \cdot 10^8$	$3 \cdot 10^{17}$	$10^8$	$5 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^3$	$10^{10}$	$10^9$	$10^{18}$	
L8	$10^{-8}$	$10^5$	$3 \cdot 10^9$	$3 \cdot 10^{18}$	$10^9$	$5 \cdot 10^5$	$1,5 \cdot 10^4$	$10^{11}$	$10^{10}$	$10^{19}$	
L9	$10^{-9}$	$10^6$	$3 \cdot 10^{10}$	$3 \cdot 10^{19}$	$10^{10}$	$5 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^5$	$10^{12}$	$10^{11}$	$10^{20}$	
L10	$10^{-10}$	$10^7$	$3 \cdot 10^{11}$	$3 \cdot 10^{20}$	$10^{11}$	$5 \cdot 10^7$	$1,5 \cdot 10^6$	$10^{13}$	$10^{12}$	$10^{21}$	

NB: la grandezza in cui è espressa  $H_M$  è  $J/m^2$  e non  $W/m^2$  come erroneamente riportato nella norma (e nella tabella fedelmente)

**Tabella A6.H:** Numeri di graduazione raccomandati per i filtri e le montature dei protettori dell'occhio per i lavori di regolazione sui laser

Numero di graduazione	Fattore spettrale di trasmissione		Laser in emissione continua e laser a impulsi con durata dell'impulso $\geq 2 \cdot 10^{-4}$ s Potenza laser massima W	Laser a impulsi con durata dell'impulso $> 10^{-9}$ s fino a $2 \cdot 10^{-4}$ s Energia massima dell'impulso J
	Filtro	Montatura		
R 1	$10^2 < \tau(\lambda) \leq 10^{-1}$	$\tau(\lambda) \leq 10^{-1}$	0,01	$2 \cdot 10^{-6}$
R 2	$10^3 < \tau(\lambda) \leq 10^{-2}$	$\tau(\lambda) \leq 10^{-2}$	0,1	$2 \cdot 10^{-5}$
R 3	$10^4 < \tau(\lambda) \leq 10^{-3}$	$\tau(\lambda) \leq 10^{-3}$	1	$2 \cdot 10^{-4}$
R 4	$10^5 < \tau(\lambda) \leq 10^{-4}$	$\tau(\lambda) \leq 10^{-4}$	10	$2 \cdot 10^{-3}$
R 5	$10^6 < \tau(\lambda) \leq 10^{-5}$	$\tau(\lambda) \leq 10^{-5}$	100	$2 \cdot 10^{-2}$

**ALLEGATO 7**  
**PRINCIPALI NORME TECNICHE E PUBBLICAZIONI SCIENTIFICHE CITATE**

<b>NORME CEI-EN / IEC</b>	<b>DESCRIZIONE</b>
<p>CEI-EN 60825-1 fascicolo 4405 R</p> <p><b>Norma It. CEI EN 60825-1 – Class. CEI 76-2 – CT 76 – Fascicolo 6822 – Anno 2003 – Edizione Quarta</b> Inglese – Italiano Sicurezza degli apparecchi laser</p> <p>Parte 1: Classificazione delle apparecchiature, prescrizioni e guida per l'utilizzatore</p>	<p>Sicurezza degli apparecchi laser – Parte 1: classificazione delle apparecchiature, prescrizioni e guida per l'utilizzatore (VECCHIA CLASSIFICAZIONE)</p> <p>Questa Norma riporta le prescrizioni minime relative alla sicurezza degli apparecchi laser, che possono essere composti da un solo laser con o senza dispositivo di alimentazione separato, oppure può incorporare uno o più laser in un sistema complesso ottico, elettrico o meccanico.</p> <p>Le applicazioni dei laser a cui si riferisce la norma sono le più disparate, sia per dimostrare fenomeni fisici e ottici, sia per lavorare materiali, sia per la lettura e registrazione dei dati come per la trasmissione e visualizzazione dell'informazione. Sono inclusi i diodi che emettono luce (LED).</p> <p>Nel caso in cui un sistema laser costituisca una parte di un'apparecchiatura che è soggetta a un'altra norma per la sicurezza, ad esempio applicazione medica, si utilizza la presente norma che si applica in relazione ai rischi specifici derivanti dalle radiazioni laser.</p> <p>La Norma comprende la variante A2 CENELEC alla Pubblicazione base che modifica la classificazione delle apparecchiature della norma in modo rilevante.</p> <p>Si è quindi ritenuto utile mettere a disposizione la presente edizione che ingloba il contenuto della norma-base (CEI EN 60825-1:1998-05), la variante V1 (CEI EN 60825-1/A11:1999-01, che corrisponde all'A11 CENELEC:1996-10), e le varianti A1 e A2 (IEC e CENELEC), quest'ultima non esiste separatamente perché modifica in modo rilevante tutto il contenuto della norma base e relativa Variante.</p> <p>La Norma è parzialmente sostituita dalla CEI EN 60825-1:2009-07 (CEI 76-2 – fasc. 9891), dalla quale sono rimaste escluse le sezioni relative alla Guida per l'utilizzatore e ai requisiti applicabili ai LED.</p> <p>Indipendentemente dalla DOW (data di ritiro delle norma nazionali contrastanti) l'edizione 2003 della CEI EN 60825-1 continuerà a rimanere applicabile, in riferimento alle due sezioni escluse, fino a quando le stesse non verranno ripubblicate.</p> <p>E' altresì parzialmente sostituita dalla CEI EN 62471:2009-02 (CEI 76-9 – fasc. 9646E).</p>

NORME CEI-EN / IEC	DESCRIZIONE
<p><b>Norma It. CEI EN 60825-1 – Class. CEI 76-2 – CT 76 – Fascicolo 9891 – Anno 2009 – Edizione Quinta</b> Inglese – Italiano Sicurezza degli apparecchi laser Parte 1: Classificazione delle apparecchiature e requisiti</p>	<p>L'attuale edizione della Norma europea EN 60825-1 riporta i requisiti minimi relativi alla sicurezza degli apparecchi laser che emettono radiazioni laser con lunghezza d'onda compresa tra 180 nm e 1 mm. La Norma sostituisce parzialmente la EN 60825-1:1994 (+ Corrigendum Febbraio 1995) + A1:2002 + A2:2001 (+ corrigendum Aprile 2004). Rispetto all'edizione precedente, la guida per l'utilizzatore è stata rimossa ed è ora un documento separato (Parte 14). I LED (diodi che emettono luce) non rientrano più nello scopo di questa Parte 1 della EN 60825, ma potranno ancora essere oggetto di altre parti della serie EN 60825. Indipendentemente dalla DOW (data di ritiro delle norma nazionali contrastanti), fino a quando queste 2 sezioni (guida per l'utilizzatore e requisiti applicabili ai LED) escluse dall'attuale edizione non verranno pubblicate, la precedente edizione di febbraio 2003 della CEI EN 60825-1 continuerà a rimanere applicabile in riferimento alle 2 parti escluse.</p>
<p><b>Norma It. CEI EN 62471 – Class. CEI 76-9 – CT 76 – Fascicolo 9646 E – Anno 2009 – Edizione Prima</b> Inglese Sicurezza fotobiologica delle lampade e sistemi di lampade</p>	<p>Questa Norma recepisce la pubblicazione IEC 62471:2006/CIE S 009:2002 che, elaborata in base all'accordo tra CIE (International Commission on Illumination) e IEC, è stata pubblicata, dopo essere stata sottoposta al voto dei Comitati Nazionali IEC secondo la procedura di Fast Track, con il doppio logo IEC e CIE. Essa vuole dare indicazioni per la valutazione della sicurezza fotobiologica delle lampade e sistemi di lampade, inclusi gli apparecchi di illuminazione. Questa Norma viene pubblicata dal CEI in una prima fase nella sola lingua inglese, per consentire l'immediato utilizzo da parte degli utenti interessati, nel rispetto della data di pubblicazione fissata dagli Enti □ ormatore internazionali. Successivamente il CEI pubblicherà, in un nuovo fascicolo – ma come medesima edizione – la stessa Norma in versione italiano-inglese; tale nuova versione avrà la stessa validità della presente. Questa Norma recepisce il testo originale inglese della Pubblicazione IEC e pertanto consta delle sole pagine dispari.</p>
<p><b>Norma It. CEI EN 61040 – Class. CEI 76-3 – CT 76 – Fascicolo 3579</b></p>	<p>Questa Norma si applica agli strumenti e agli apparati che misurano la potenza e l'energia di radiazione laser nella gamma spettrale ottica (con lunghezza d'onda da 100 nm a 1 mm). Essa ha per oggetto di stabilire le definizioni, le prescrizioni minime e le procedure di prova adatte per le caratteristiche e le</p>

NORME CEI-EN / IEC	DESCRIZIONE
<p><b>R - Anno 1998 - Edizione Prima</b> Inglese - Italiano Rilevatori, strumenti e apparati per la misura della potenza e dell'energia della radiazione laser</p> <p><b>Norma It. CEI UNI EN ISO/IEC 17025 - Class. CEI 501-10 - CT 501 - Fascicolo 9528 - Anno 2008 - Edizione</b> Inglese - Italiano Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura</p>	<p>norme di fabbricazione di rivelatori, strumenti e apparati per la misura della potenza e dell'energia della radiazione laser. Questa Norma costituisce la ristampa senza modifiche, secondo il nuovo progetto di veste editoriale, della Norma pari numero ed edizione (Fascicolo 2137 E).</p> <p>La Norma indica i requisiti generali per la competenza dei laboratori ad effettuare prove e/o tarature, compreso il campionamento. Essa si applica alle prove e tarature eseguite utilizzando metodi normalizzati, non-normalizzati e metodi sviluppati da laboratori.</p>
<p><b>Norma It. CEI EN 60335-2-27 - Class. CEI 61-184 - CT 59/61 - Fascicolo 7753 - Anno 2005 - Edizione Quarta</b> Inglese - Italiano Sicurezza degli apparecchi elettrici d'uso domestico e similare Parte 2: Norme</p>	<p>Questa Norma si occupa della sicurezza degli apparecchi elettrici che incorporano gli emettitori per l'esposizione della pelle alle radiazioni ultraviolette o infrarosse, per uso domestico e similare, con tensioni nominali non superiori a 250 V monofase e a 480 V per gli altri. Nel campo di applicazione della Norma rientrano anche gli apparecchi non destinati all'uso domestico, ma che possono tuttavia costituire fonte di pericolo per le persone, come per gli apparecchi destinati ai centri per l'abbronzatura, saloni di bellezza e strutture similari. La Norma non si applica invece agli apparecchi destinati ad usi medicali. Vengono considerati i pericoli che gli apparecchi comunemente presentano in casa o nelle vicinanze, ma sono esclusi l'uso come gioco da parte di bambini o di persone inferme senza supervisione. Deve essere usata congiuntamente alla CEI EN 60335-1.</p>

NORME CE-EN / IEC	DESCRIZIONE
<p>particolari per apparecchi per il trattamento della pelle con raggi ultravioletti ed infrarossi</p> <p><b>Norma It. CEI EN 60335-2-27/A1 - Class. CEI 61-184;V1 - CT 59/61 - Fascicolo 9710 - Anno 2009 - Edizione</b> Inglese - Italiano</p> <p>Sicurezza degli apparecchi elettrici d'uso domestico e similare</p> <p>Parte 2: Norme particolari per apparecchi per il trattamento della pelle con raggi ultravioletti ed infrarossi per uso domestico e similare</p>	<p>Questa Modifica A1 aggiorna la Norma EN 60335-2-27 relativa alla sicurezza per apparecchi per il trattamento della pelle con raggi ultravioletti ed infrarossi per uso domestico e similare.</p> <p>Le principali modifiche riguardano:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Art. 3 "Definizioni": le definizioni per apparecchi UV di tipo1, 2, 3 e 4. sono state spostate nel nuovo Allegato BB; sono state inserite nuove definizioni (MED Minimal Erythemat dose, filtri UV, ecc....)</li> <li>- Art. 7 "Marcatura e istruzioni": modificate le istruzioni relative alla dose massima annuale di esposizione raccomandata.</li> <li>- Art. 22 "Costruzione": modificate regole e valori per i temporizzatori in relazione ai nuovi limiti di esposizione.</li> <li>- Art. 32 "Radiazione, tossicità": sono stati modificati i valori limite dell'irradiazione efficace. Sono state aggiornate le regole di calcolo dell'irradiazione efficace con l'uso dello spettro "non-melanoma" e di una nuova e più ampia tabella di fattori di ponderazione per ciascuna lunghezza d'onda.</li> <li>- "Allegato BB" Classificazione dettagliata degli apparecchi UV: nuovo allegato (normativo) con definizioni e classificazione dei tipi di apparecchi UV e i relativi limiti di irradiazione efficace.</li> </ul>
<p><b>Norma It. CEI EN 60335-2-27/A2 - Class. CEI 61-184;V2 - CT 59/61 - Fascicolo 9711 - Anno 2009 - Edizione</b> Inglese - Italiano</p> <p>Sicurezza degli apparecchi elettrici d'uso domestico e similare</p>	<p>Questa Modifica A2 aggiorna la Norma EN 60335-2-27 relativa alla sicurezza per apparecchi per il trattamento della pelle con raggi ultravioletti ed infrarossi per uso domestico e similare.</p> <p>Le principali modifiche riguardano:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Introduzione: vengono precisate le relazioni tra la Parte 1 e le Parti 2 delle norme e aspetti delle norme di tipo orizzontale.</li> <li>- Cap.1 Campo di applicazione : indicazioni relative a disabili, persone inesperte, bambini, ecc.</li> <li>- Cap.3 Definizioni : aggiunte per lampade UV fluorescenti e filtri UV</li> <li>- Cap.7 Marcatura ed istruzioni: modifiche per lampade UV fluorescenti .</li> </ul>



NORME CEI-EN / IEC	DESCRIZIONE
<p>domestico e similare            Parte 2: Norme particolari per apparecchi per il trattamento della pelle con raggi ultravioletti ed infrarossi per uso domestico e similare</p>	<p>Aggiunta di una lista dettagliata delle tipologie di persone che non devono usare gli apparecchi UV.            Elenco dettagliato delle istruzioni necessarie per gli emettitori UV.            - Cap.22 Costruzione: per le lampade UV fluorescenti vengono fornite le regole per determinare i limiti dell'intervallo del codice di equivalenza.            - Cap.32 Radiazione, tossicità, sono state aggiornate le regole per la determinazione delle distanze di esposizione e della misura dell'irradiazione            - Allegato CC Codice di equivalenza per lampade UV fluorescenti: nuovo allegato che definisce i codici con cui devono essere marcate le lampade UV fluorescenti.</p>
<p><b>IEC 60601-2-22</b>  <b>Ed. 3.0 b:2007</b>            Inglese            Medical electrical equipment - Part 2: Particular requirements for the safety of diagnostic and therapeutic laser equipment</p>	<p>Vale per la sicurezza di base e le prestazioni essenziali dei dispositivi laser sia per chirurgia, terapeutica, applicazioni di diagnostica medica, cosmetica e veterinaria destinati per l'uso sugli esseri umani o animali, classificati in classe 3B o come prodotto laser di classe 4, come definito da 3.22 e 3.23 in IEC 60825-1, di seguito denominato apparecchiature laser. Nella presente norma internazionale i diodi emettitori di luce (LED) sono inclusi ogni volta che la parola "laser" è usato. Questa terza edizione annulla e sostituisce la seconda edizione della IEC 60601-2-22, pubblicato nel 1995. Questa edizione costituisce una revisione tecnica. Questa terza edizione tiene conto delle edizioni recentemente pubblicate delle nuove norme generali IEC 60601-1 e la pubblicazione IEC 60825-1. Inoltre, affronta questioni tecniche e di sicurezza che sono sorte nel tempo a seguito della seconda edizione.</p>
<p><b>CEI EN 60601-2-22</b>  <b>1997</b>            Fascicolo 3495            Apparecchi elettromedicali            Parte 2: Norme particolari per la sicurezza degli apparecchi laser terapeutici e diagnostici</p>	<p>La Norma si applica agli apparecchi laser destinati all'applicazione della radiazione laser ai tessuti biologici a fini diagnostici e terapeutici, classificati come prodotti di classe 3B o 4.            In particolare precisa le caratteristiche di protezione contro i pericoli derivanti dalla radiazione luminosa di questo tipo di apparecchi e indica nel dettaglio i dati da inserire sulla targa o nella documentazione di accompagnamento. Indica infine alcuni dati particolari relativi alle parti collegate alla rete e componenti.</p>

NORME CEI-EN / IEC	DESCRIZIONE
<p><b>Norma It. CEI 76 - Class. CEI 76 - CT 76 - Fascicolo 3849 R - Anno 1998 - Edizione Prima</b> Italiano</p> <p>Guida per l'utilizzazione di apparati laser</p>	<p>La presente Pubblicazione contiene guide all'utilizzazione di apparati laser. Tali guide sono destinate a completare la Norma CEI 76-2 che recepisce il Documento di Armonizzazione CENELEC HD 482 S1 (IEC 825 - 1984) riguardante la sicurezza delle radiazioni di apparati laser, nelle loro diverse utilizzazioni. La presente serie di Guide ha lo scopo di fornire all'utilizzatore criteri di applicazione che permettano l'uso appropriato delle apparecchiature laser.</p> <p>Data la diversità delle utilizzazioni si è ritenuto opportuno fornire criteri d'impiego specifici prendendo in esame le applicazioni di maggior rilievo. Vengono presentate in questa prima Pubblicazione le guide seguenti:</p> <p>A - Guida per le applicazioni di apparati laser alle lavorazioni di materiali.                      B - Guida per le applicazioni di apparati laser per misure industriali, civili e ambientali; presentazioni di immagini e giochi di luce.                      C - Guida per le applicazioni di apparati laser a sistemi di telecomunicazioni e di trasmissioni dati per mezzo di fibre ottiche.                      D - Guida per le applicazioni cliniche di apparati laser medicali. Per tutte le applicazioni che non rientrano nelle categorie suddette valgono i criteri d'uso di tipo generale indicati nella Guida B in quanto applicabile.</p> <p>La presente Norma costituisce la ristampa senza modifiche, secondo il nuovo progetto di veste editoriale, della Norma pari numero ed edizione (Fascicolo 1284 G).</p>
<p><b>Norma It. CEI 76 - Class. CEI 76 - CT 76 - Fascicolo 3850 R - Anno 1998 - Edizione Prima</b> Italiano</p> <p>Guida per l'utilizzazione di apparati laser per laboratori di ricerca</p>	<p>La Pubblicazione contiene la Guida E per l'utilizzazione di apparati laser per laboratori di ricerca e specifica le misure di sicurezza e i mezzi di controllo da adottare nella messa a punto e nella modifica di laser e/o apparati laser. La Guida è destinata a completare la serie di Guide per l'utilizzatore pubblicate sull'argomento e si affianca alla Norma CEI 76-2 riguardante la sicurezza delle radiazioni di apparati laser.</p> <p>La presente Guida costituisce la ristampa senza modifiche, secondo il nuovo progetto di veste editoriale, della Guida pari numero ed edizione (Fascicolo 1381 G).</p>
<p><b>Norma It. CEI 76-6 - Class. CEI 76-6 - CT 76</b></p>	<p>La presente Guida fornisce informazioni al datore di lavoro e all'utilizzatore sull'uso sicuro dei laser e delle apparecchiature laser di classe 3B o 4 per applicazioni diagnostiche e terapeutiche in strutture</p>

NORME CEI-EN / IEC	DESCRIZIONE
<p>- Fascicolo 5928 - Anno 2001 - Edizione Prima Inglese - Italiano</p> <p>Sicurezza degli apparecchi laser</p> <p>Parte 8: Guida all'uso degli apparecchi laser in medicina</p>	<p>sanitarie.</p> <p>Descrive inoltre le misure di controllo raccomandate per la sicurezza dei pazienti, del personale, del personale addetto alla manutenzione e quanti altri abbiano a che fare con tali tipi di apparecchi.</p> <p>Le problematiche trattate dalla seguente Guida sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sistemi di trasmissione del fascio;</li> <li>- effetti biologici della radiazione laser;</li> <li>- rapporto di infortuni e situazioni pericolose;</li> <li>- elenco delle verifiche.</li> </ul>
NORME UNI	DESCRIZIONE
UNI EN 14255-1:2005	Misurazione e valutazione dell'esposizione personale a radiazioni ottiche non coerenti - Parte 1: Radiazioni ultraviolette emesse da sorgenti artificiali nel posto di lavoro
UNI EN 14255-2:2006	Misurazione e valutazione dell'esposizione personale a radiazioni ottiche non coerenti - Parte 2: Radiazioni visibili ed infrarosse emesse da sorgenti artificiali nei posti di lavoro
UNI EN 14255-3:2008	Misurazione e valutazione dell'esposizione personale a radiazioni ottiche non coerenti - Parte 3: Radiazioni UV emesse dal sole
UNI EN 14255-4:2007	Misurazione e valutazione dell'esposizione personale a radiazioni ottiche non coerenti - Parte 4: Terminologia e grandezze utilizzate per le misurazioni delle esposizioni a radiazioni UV, visibili e IR
UNI EN 12198-1:2009	Sicurezza del macchinario - Valutazione e riduzione dei rischi generati dalle radiazioni emesse dal macchinario - Parte 1: Principi generali
UNI EN 12198-2:2009	Sicurezza del macchinario - Valutazione e riduzione dei rischi generati dalle radiazioni emesse dal macchinario - Parte 2: Procedura di misurazione dell'emissione di radiazione
UNI EN 12198-3:2008	Sicurezza del macchinario - Valutazione e riduzione dei rischi generati dalle radiazioni emesse dal macchinario - Parte 3: Riduzione della radiazione per attenuazione o schermatura
UNI EN ISO 11553-1:2009	Sicurezza del macchinario - Macchine laser - Parte 1: Requisiti generali di sicurezza
UNI EN ISO	Sicurezza del macchinario - Macchine laser - Parte 2: Requisiti di sicurezza per macchine laser portatili

<b>NORME UNI</b>	<b>DESCRIZIONE</b>
<b>11553-2:2009</b>	
<b>UNI EN ISO 11554:2008</b>	Optica e fononica - Laser e sistemi laser - Metodi di prova della potenza del fascio, dell'energia e delle caratteristiche temporali
<b>UNI EN 166: 2004</b>	Protezione personale dagli occhi - Specifiche
<b>UNI EN 167: 2003</b>	Protezione personale degli occhi - Metodi di prova ottici
<b>UNI EN 168: 2003</b>	Protezione personale degli occhi - Metodi di prova non ottici
<b>UNI EN 169: 2003</b>	Protezione personale degli occhi - Filtri per saldatura e tecniche connesse - Requisiti di trasmissione e utilizzazioni raccomandate
<b>UNI EN 170: 2003</b>	Protezione personale degli occhi - Filtri ultravioletti - Requisiti di trasmissione e utilizzazioni raccomandate
<b>UNI EN 171: 2003</b>	Protezione personale degli occhi - Filtri infrarossi - Requisiti di trasmissione e utilizzazioni raccomandate
<b>UNI EN 172: 2003</b>	Protezione personale degli occhi - Filtri solari per uso industriale
<b>UNI EN 175: 1999</b>	Protezione personale degli occhi - Equipaggiamenti di protezione degli occhi e del viso durante la saldatura e i procedimenti connessi
<b>UNI EN 207: 2004</b>	Protezione personale degli occhi - Filtri e protettori dell'occhio contro radiazioni laser (protettori dell'occhio per laser)
<b>UNI EN 208: 2004</b>	Protezione personale degli occhi - Protettori dell'occhio per i lavori di regolazione sui laser e sistemi laser (protettori dell'occhio per regolazione laser)
<b>UNI EN 379: 2004</b>	Protezione personale degli occhi - Filtri automatici per saldatura
<b>UNI 10912: 2000</b>	Dispositivi di protezione individuale - Guida per la selezione, l'uso e la manutenzione dei dispositivi di protezione degli occhi e del viso per attività lavorative.
<b>UNI EN 1598:2004</b>	Salute e sicurezza in saldatura e tecniche connesse - Tende, strisce e schermi trasparenti per procedimenti di saldatura ad arco
<b>UNI EN 12254:2008</b>	Schermi per posti di lavoro in presenza di laser - Requisiti di sicurezza e prove

PUBBLICAZIONI	DESCRIZIONE
<p><b>Pubblicazioni ICNIRP</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “Guidelines on limits of exposure to broad-band incoherent optical radiation (0,38 to 3 <math>\mu\text{m}</math>)” pubblicata su <i>Health Physics, September 1997, Vol. 73, N.3</i> e scaricabile dal sito dell'ICNIRP: <a href="http://www.icnirp.org/documents/broadband.pdf">www.icnirp.org/documents/broadband.pdf</a></li> <li>• “Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelengths between 180 nm and 400 nm (incoherent optical radiation)” pubblicata su <i>Health Physics, August 2004, Vol. 87, N.2</i> e scaricabile dal sito dell'ICNIRP: <a href="http://www.icnirp.org/documents/UV2004.pdf">www.icnirp.org/documents/UV2004.pdf</a></li> <li>• “Protecting workers from ultraviolet radiation” (ICNIRP 14/2007). Scaricabile dal sito dell'ICNIRP: <a href="http://www.icnirp.org/documents/UVWorkers.pdf">www.icnirp.org/documents/UVWorkers.pdf</a></li> <li>• “Measurements of Optical Radiation Hazards. A reference book based on presentations given by health and safety experts on optical radiation hazards”, Gaithersburg, Maryland, USA, September 1-3, 1998. Munich: ICNIRP/CIE-Publications; 1999. ISBN 978-3-9804789-5-3.</li> </ul>
<p><b>Health Protection Agency, Radiation Protection Division</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “A Non-Binding Guide to the Artificial Optical Radiation Directive 2006/25/EC”, scaricabile dal sito <a href="http://www.hse.gov.uk/radiation/nonionising/aor-guide.pdf">http://www.hse.gov.uk/radiation/nonionising/aor-guide.pdf</a></li> </ul>
<p><b>Documenti CIIP</b> (Consulta Interassociativa Italiana per la Prevenzione)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “La figura professionale dell'esperto nella valutazione dei rischi da campi elettromagnetici (0 Hz–300 GHz) e da radiazione ottica coerente e incoerente.”</li> <li>• “Profili professionali degli Esperti per la valutazione delle radiazioni ottiche non coerenti-ERO e coerenti-ASL/TSL”</li> </ul> <p>Entrambi i documenti sono scaricabili dal sito della CIIP <a href="http://www.aias-sicurezza.it/minisiti/default.asp?id=52&amp;sx=01130000970&amp;nv=5">www.aias-sicurezza.it/minisiti/default.asp?id=52&amp;sx=01130000970&amp;nv=5</a></p>

## CREDITS Capo V



COORDINAMENTO  
TECNICO  
INTERREGIONALE  
DELLA PREVENZIONE  
NEI LUOGHI DI LAVORO

**Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro  
delle Regioni e delle Province autonome**

in collaborazione con:



**ISPEL - Istituto Superiore  
per la Prevenzione E la Sicurezza del  
Lavoro**



**Istituto Superiore di Sanità**

***Il testo è stato redatto dal Gruppo di lavoro composto da:***

Omar Nicolini (Az.USL Modena) con il ruolo di Coordinatore  
 Laura Argenti (INAIL – Contarp Emilia-Romagna)  
 Sandra Bernardelli (Az.USL Bologna)  
 Ivaldo Bernardini (Az.USL Bologna)  
 Massimo Borra (ISPEL – Dipartimento Igiene del Lavoro)  
 Riccardo Di Liberto (Policlinico S.Matteo – Pavia)  
 Pietro Fenocchi (Università di Modena)  
 Andrea Guasti (AOU Careggi – Firenze)  
 Nicola Marisi (ASL n.2 Lanciano Vasto Chieti)  
 Luca Mattioli (Az.USL Bologna)  
 Andrea Militello (ISPEL – Dipartimento Igiene del Lavoro)  
 Iole Pinto (AUSL 7 Siena)  
 Alessandro Polichetti (ISS - Dipartimento Tecnologie e Salute)  
 Silvano Orsini (ICP – Milano)  
 Paolo Paraluppi (ASL di Pavia)  
 Bruno Piccoli (Università Cattolica del Sacro Cuore di Roma)  
 Paolo Rossi (ISPEL – Dipartimento Igiene del Lavoro)  
 Alessandra Tomaselli (Università di Pavia)  
 Anna Maria Vandelli (Az.USL Modena)

***Il testo è disponibile:***

- 1) unitamente a tutti gli altri materiali realizzati dal Coordinamento Tecnico delle Regioni e delle Province autonome, all'indirizzo:  
[http://www.ausl.mo.it/dsp/spsal/spsal\\_lg\\_coord\\_interregionale.htm](http://www.ausl.mo.it/dsp/spsal/spsal_lg_coord_interregionale.htm)
- 2) unitamente a tutti gli altri materiali promossi o realizzati con la collaborazione di Ispesl: <http://www.ispesl.it>



## LISTA DI CONTROLLO SULLO STATO D'APPLICAZIONE DEL D.Lgs.81/2008 SULLA PROTEZIONE DEI LAVORATORI CONTRO I RISCHI DI ESPOSIZIONE AL RUMORE DURANTE IL LAVORO

Azienda USL di Modena – Dipartimento Sanità Pubblica – Servizio Prevenzione e Sicurezza Ambienti di Lavoro

### 1 - PRESENTAZIONE

Presentiamo di seguito una lista di controllo destinata in primo luogo ad accompagnare gli operatori dell'Organo di Vigilanza dei Dipartimenti di Sanità Pubblica dell'Azienda USL di Modena per la verifica dei principali aspetti di prevenzione dei rischi di esposizione al rumore basata sul D.Lgs.81/2008 così come integrato e corretto dal DLgs.106/2009.

La lista di controllo può anche essere utilizzata dai Datori di Lavoro o dai loro consulenti per verificare la corretta applicazione dei disposti del D.Lgs.81/2008.

### 2 - PROTOCOLLO/MODALITÀ OPERATIVE

#### 1) L'Azienda

- 1.1 Codice Istat (A.Te.Co.) attività prevalente \_\_\_\_\_
- 1.1.1 *produzione prevalente* \_\_\_\_\_
- 1.2 N° occupati a tempo indeterminato (compresi soci, minori e apprendisti) \_\_\_\_
- 1.3 N° occupati con contratti di lavoro non a tempo indeterminato (“*altri*”<sup>1</sup>) \_\_\_\_
- 1.4 N° lavoratori esterni (per appalti/contratti d’opera) \_\_\_\_\_
- 1.5 RLS:       aziendale                       territoriale                       assente

#### 2) La Valutazione

- 2.1 E’ disponibile<sup>2</sup> la valutazione del rumore (con “giustificazione” o con misurazioni-Relazione tecnica)?                      Sì                       No

---

<sup>1</sup> Per “altri” si intendono tutti quei lavoratori, definiti anche “atipici”, per i quali il datore di lavoro deve garantire le stesse tutele come se fossero lavoratori dipendenti; tra i contratti più frequenti rientrano: Stagionali, Co.Co.Pro, Contratto di somministrazione, Tirocinio formativo, Job Sharing

<sup>2</sup> Anche nelle aziende fino a 10 occupati è necessaria una valutazione, a firma del personale qualificato, a sostegno del Documento di Valutazione o dell’Autocertificazione



- 2.2 La valutazione considera le specifiche dell'art.190, comma 1<sup>3</sup>?  
Sì  No
- 2.3 La valutazione prevede misurazioni?  
No, non dovute  No, ma dovute  Sì
- 2.4 Riferendosi all'ultima valutazione effettuata (del \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_), indicare gli occupati (voci 1.2 + 1.3) esposti:  
 fino ad 80 dB(A) / 135 dB(C)<sub>picco</sub> n° \_\_\_\_\_  
 da 80 ad 85 dB(A) e da 135 a 137 dB(C)<sub>picco</sub> n° \_\_\_\_\_  
 da 85 a 87 dB(A) e da 137 a 140 dB(C)<sub>picco</sub> n° \_\_\_\_\_  
 oltre 87 dB(A) / 140 dB(C)<sub>picco</sub> n° \_\_\_\_\_
- 2.5 Sono stati determinati i L<sub>EX</sub> (giornalieri o settimanali) dei singoli lavoratori esposti a più di 80 dB(A)/135 dB(C)<sub>picco</sub>? Sì  No
- 2.6 Sono stati identificati sulla valutazione i luoghi di lavoro con L<sub>Aeq</sub> > 85 dB(A)/137 dB(C)<sub>picco</sub>? Sì  No
- 2.5 La valutazione è aggiornata? (assunzioni/dimissioni lav.; acquisti/alienazioni macchine, notevoli variazioni del lay-out aziendale; max ogni 4 anni)  
Sì  No
- 2.6 I lavoratori "altri" sono considerati e classificati in una fascia di rischio?  
Sì  No  Np.
- 2.7 La valutazione del rischio (giustificazione/stima/misura), complessivamente intesa è:  
carente  accettabile/buona
- 2.8 Indicare le eventuali carenze riscontrate (es.: sottostima del rischio, analisi incompleta delle persone esposte...): \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
- 2.9 Gli RLS sono stati consultati preventivamente e tempestivamente<sup>4</sup> in merito alla valutazione? No  Sì  Np.
- 2.10 La valutazione è stata effettuata da personale adeguatamente qualificato?  
No  Sì
- 2.11 Gli RLS sono stati informati dei risultati della valutazione?  
Sì  No  Np.

### 3) Misure tecniche, organizzative e procedurali (TOP)

- 3.1 Se l'azienda supera i valori superiori di azione è presente un programma di misure tecniche e organizzative che consideri le specifiche dell'art.192, comma 1?  
No  Sì

<sup>3</sup> In particolare: lavoratori particolarmente sensibili al rumore, sostanze ototossiche, vibrazioni, segnali di avvertimento, informazioni sull'emissione di rumore fornite dai costruttori, di attrezzature di lavoro alternative che riducono il rischio, informazioni raccolte dalla sorveglianza sanitaria e dalla letteratura scientifica

<sup>4</sup> fare riferimento al contenuto degli accordi interconfederali integrativi nazionali in tema di consultazione (es.: accordo nazionale del 22/06/1995)

- 3.2 Se l'azienda non supera i valori superiori di azione, nel Documento di valutazione è comunque presente un programma di miglioramento sul rischio rumore con misure TOP e relativi tempi di esecuzione?  
 No, non dovuto  No, ma dovuto  Sì
- 3.3 Se 3.1 o 3.2=sì, le misure TOP previste rispetto al rischio del luogo di lavoro sono: molto carenti  soddisfacenti  n.p.
- 3.4 Se 3.1 o 3.2=sì, il programma delle misure TOP indicato è rispettato?  
 Sì  No
- 3.5 Se 3.1 o 3.2=no, sono comunque presenti in azienda misure TOP ?  
 Sì  No
- Quali? \_\_\_\_\_
- 
- 3.6 Viene applicata una procedura per acquistare macchine meno rumorose?  
 No  raramente  spesso  sempre  nessun acquisto
- 3.7 Le macchine marcate CE o quelle con  $L_{Aeq} > 85 \text{ dB(A)}/140 \text{ dB}_{Linpicco}$  acquistate nell'ultimo anno sono tutte corredate da una adeguata informazione acustica?  
 Sì  No
- 3.8 Nelle aree con  $L_{Aeq} > 85 \text{ dB(A)}/137 \text{ dB(C)}_{picco}$  è esposta una segnaletica appropriata?  
 Sì  No  n.p.
- 3.9 Sono concretamente attuabili dall'azienda misure TOP non realizzate né programmate?
- 3.8.1 Alla sorgente (modifiche ciclo produttivo / sostituzione di macchinari / silenziatori / smorzanti ..)  
 Sì  No   
 specificare \_\_\_\_\_
- 3.8.2 Sulla propagazione (Separazione attività rumorose / cabine / schermi / trattamenti ambientali ..)  
 Sì  No   
 specificare \_\_\_\_\_
- 3.8.3 Sull'operatore (cabine di riposo acustico / turni / procedure ..)  
 Sì  No  specificare \_\_\_\_\_

#### 4) Uso dei DPI per la protezione dell'udito<sup>5</sup>

- 4.1 Il DdL ha fornito DPI a tutti i lavoratori (compresi gli "altri") il cui  $L_{EX}$  supera gli  $80 \text{ dB(A)}$  o  $p_{picco} > 135 \text{ dB(C)}$ ?  
 Sì  No
- 4.2 I DPI sono forniti in dotazione individuale o monouso?  
 Sì  No
- 4.3 Per la scelta dei DPI sono stati consultati i lavoratori o i RLS?  
 Sì  No
- 4.4 E' stata verificata l'efficacia<sup>6</sup> dei DPI scelti?  
 Sì  No
- 4.5 I DPI vengono indossati in modo corretto ?  
 Sì  No

<sup>5</sup> da compilare se vi sono esposti con  $L_{EX,8h} > 80 \text{ dB(A)}$  /  $p_{picco} > 135 \text{ dB(C)}$  o comunque in presenza di DPI uditivi

<sup>6</sup> E' richiesta una valutazione di efficienza coi metodi della EN 458 (es.: OBM, SNR) affiancata da una valutazione d'efficacia basata sul metodo di gestione del tema dei DPI-u (uso effettivo nelle situazioni a forte rischio, sistema di verifica dell'uso, buona manutenzione e conservazione ...) e sulla assenza di peggioramenti della funzionalità uditiva dei lavoratori sulla base dei dati riportati nella relazione sanitaria del Medico Competente o la giustificazione dell'origine extraprofessionale del peggioramento.

- 4.6 Esiste una procedura scritta che individui le fasi / lavorazioni in cui è obbligatorio l'uso dei DPI? Sì  No
- 4.7 L'azienda controlla il rispetto dell'obbligo di impiego dei DPI per chi ha esposizioni superiori agli 85 dBA di  $L_{EX} / p_{picco} > 137$  dB(C) o specifica prescrizione del medico competente? Sì  No
- 4.8 Tra i lavoratori soggetti all'obbligo dell'uso dei DPI, quanti effettivamente li impiegano? La maggior parte  Circa la metà  Minima parte
- 4.9 I lavoratori hanno un luogo idoneo dove riporre i DPI in caso di utilizzo non continuato? Sì  No

### 5) *Informazione / Formazione*

- 5.1 I lavoratori esposti a rischio (sia a tempo indeterminato che non) sono stati informati (mediante materiale informativo cartaceo o altro) sui rischi da esposizione a rumore e sulle modalità di prevenzione con le specifiche<sup>7</sup> dell'art.184 ? Sì  No
- 5.2 E' stata prevista una specifica informazione (eventualmente scritta sul DUVRI) reciproca tra il datore di lavoro dell'azienda appaltante e quello dell'azienda in appalto sui rischi da rumore interferenti ? Sì  No
- 5.2 Tale eventuale specifica informazione prevede anche delle modalità per evitare o contenere il più possibile i rischi da rumore interferenti ? Sì  No

### 6) *Medico competente e sorveglianza sanitaria*

- 6.1 Il Medico competente ha collaborato alla valutazione?  
No, non previsto  No, ma dovuta  Sì
- 6.2 Il Medico competente è stato informato dei risultati della valutazione?  
No, non previsto  No, ma dovuto  Sì
- 6.3 I lavoratori a tempo indeterminato sono sottoposti al controllo sanitario preventivo e periodico? Sì  No  Non dovuto
- 6.4 Il controllo sanitario preventivo e periodico è effettuato anche per i lavoratori "altri" che ne hanno diritto? Sì  No  Non dovuto
- 6.5 I lavoratori con  $L_{EX}$  compreso tra 80 e 85 dB(A) sono stati informati del loro diritto a poter richiedere il controllo audiometrico? Sì  No
- 6.6 L'azienda dispone di un resoconto anonimo e collettivo dei risultati degli ultimi controlli audiometrici ("Relazione Sanitaria")? Sì  No  Non dovuto

### 7) *Esito del controllo (o Attività di vigilanza dell'ASL) sul solo rischio rumore*

- 7.1 Prescrizioni; quante e su che temi:  
Valutazione: n° \_\_\_\_ Misure TOP: n° \_\_\_\_ DPI uditivi: n° \_\_\_\_  
Serv. San.: n° \_\_\_\_ Informazione-Formazione: n° \_\_\_\_

<sup>7</sup> In particolare: la natura dei rischi; i risultati delle valutazioni e misurazioni, le misure adottate e quando applicarle, le procedure di lavoro corrette, l'uso corretto dei DPI-u, come individuare e segnalare sintomi di danni all'udito, quando si ha diritto alla sorveglianza sanitaria.

- Altre (specificare) \_\_\_\_\_
- 7.2 Disposizioni; quante e su che temi:  
 Valutazione: n° \_\_\_\_ Misure TOP: n° \_\_\_\_ DPI uditivi: n° \_\_\_\_  
 Sorv. San.: n° \_\_\_\_ Informazione-Formazione: n° \_\_\_\_  
 Altre (specificare) \_\_\_\_\_
- 7.3 Segnalazioni al Ministero della Attività produttive, al Ministero del Lavoro e alla propria Regione delle inadempienze in tema di rumore riscontrate sulle macchine marcate CE a carico di produttori:  
 Sì  quante \_\_\_\_ No

### 3 - RIFERIMENTI

- DLgs.81/2008 e s.m.i.
- UNI 9432:2008
- **Metodologie e interventi tecnici per la riduzione del rumore negli ambienti di lavoro - Manuale di buona pratica** approvato dalla Conferenza dei Presidenti delle Regioni e Province autonome il 16/12/2004
- **Linee Guida per la valutazione del rischio rumore negli ambienti di lavoro;** ISPESL e CTIPL (Coordinamento Tecnico Interregionale per la Prevenzione nei luoghi di Lavoro), Atti del convegno dBA<sub>incontri</sub>2000, Modena 20/09/2000
- **Decreto Legislativo 81/2008 - Titolo VIII, Capo I, II, III, IV e V sulla prevenzione e protezione dai rischi dovuti all'esposizione ad agenti fisici nei luoghi di lavoro. Indicazioni operative;** CTIPL (Coordinamento Tecnico Interregionale per la Prevenzione nei luoghi di Lavoro) in collaborazione con ISPESL, 11 marzo 2010



- 2.3 E' disponibile<sup>2</sup> la valutazione delle vibrazioni HAV per tutti gli occupati?  
 No  o non per tutti gli occupati  
 Si  mediante "giustificazione" e per n. \_\_\_ occupati  
 Si  mediante "stima"<sup>3</sup> e per n. \_\_\_ occupati fonte \_\_\_\_\_  
 Si  mediante "misurazioni" e per n. \_\_\_ occupati
- 2.4 Riferendosi all'ultima valutazione effettuata (del \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_), indicare gli occupati (voci 1.2 + 1.3):
- |   |          |
|---|----------|
| Non a rischio ("giustificabili")                                | n° _____ |
| altri esposti con A(8) fino a 2,5 m/s <sup>2</sup>              | n° _____ |
| esposti con A(8) da 2,5 m/s <sup>2</sup> a 5,0 m/s <sup>2</sup> | n° _____ |
| esposti con A(8) oltre 5,0 m/s <sup>2</sup>                     | n° _____ |
| o con a <sub>w</sub> oltre 20 m/s <sup>2</sup>                  | n° _____ |
- 2.5 La valutazione del rischio (giustificazione/stima/misura), complessivamente intesa è: carente  accettabile/buona
- 2.6 Indicare le eventuali carenze riscontrate (es.: sottostima del rischio, analisi incompleta delle persone esposte...): \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
- 2.7 La valutazione è aggiornata? (assunzioni/dimissioni; acquisti/alienazioni di macchine) Si  No
- 2.8 I lavoratori "altri" sono considerati e classificati in una fascia di rischio? Si  No  Np.
- 2.9 Gli RLS sono stati consultati preventivamente e tempestivamente<sup>4</sup> in merito alla valutazione? Si  No  Np.
- 2.9 Gli RLS sono stati informati dei risultati della valutazione? Si  No  Np.

### 3) La Valutazione WBV

- 3.1. Nelle attività dell'azienda si fa uso di veicoli, di macchine o di attrezzature di lavoro che espongono a WBV (es.: da sedili, da piattaforme o piani)?  
 Si  No
- 3.2 I lavoratori, l'RLS e/o il Medico competente segnalano esposizioni a WBV?  
 Si  No
- 3.3 E' disponibile<sup>5</sup> la valutazione delle vibrazioni WBV per tutti gli occupati?  
 No  o non per tutti gli occupati  
 Si  mediante "giustificazione" e per n. \_\_\_ occupati

<sup>2</sup> Nelle aziende fino a 10 occupati non è necessario un Documento formale ex art.4, DLgs.81/2008, ma l'esecuzione della valutazione deve risultare da un report, anche informale, con l'elenco delle attrezzature/situazioni che espongono a rischio, con l'elenco degli esposti e la loro classificazione rispetto al valore d'azione ed a quello limite

<sup>3</sup> Per "stima" si intende la valutazione effettuata con accesso a dati da banche-dati, preferenzialmente, o dati dei fabbricanti; a fianco riportare la fonte esatta dei dati utilizzati per la valutazione

<sup>4</sup> fare riferimento al contenuto dell'accordo nazionale del 22/06/1995 o successivi

<sup>5</sup> Nelle aziende fino a 10 occupati non è necessario un Documento formale ex art.4, DLgs.626/94, ma l'esecuzione della valutazione deve risultare da un report, anche informale, con l'elenco delle attrezzature/situazioni che espongono a rischio, con l'elenco degli esposti e la loro classificazione rispetto al valore d'azione ed a quello limite



- 4.6 Le macchine/AdL<sup>8</sup> marchate CE acquistate nell'ultimo anno sono tutte corredate da una adeguata informazione sui livelli di rischio?  
 Sì  No
- 4.7 Sono concretamente attuabili dall'azienda misure TOP<sup>9</sup> non realizzate né programmate?  
 No  Sì
- specificare \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

### 5) *Usa dei DPI (guanti antivibranti x HAV)*

- 5.1 Esistono in azienda le condizioni che rendono il ricorso ai DPI particolarmente utile (lavorazioni al freddo / umido)?  
 Sì  No
- 5.2 Il DdL fornisce guanti antivibranti a tutti i lavoratori (compresi gli "altri") a rischio (il cui A(8) supera i 2,5 m/s<sup>2</sup> o per le lavorazioni nelle quali a<sub>w</sub> > 5,0 m/s<sup>2</sup>) e che operano in condizioni di freddo/umido ?  
 Sì  No
- 5.3 I guanti antivibranti forniti sono adeguati<sup>10</sup>? Sì  No
- 5.4 Esiste una comunicazione scritta che individui le fasi / lavorazioni in cui è obbligatorio l'uso dei DPI? Sì  No

### 6) *Informazione / Formazione (per HAV e WBV)*

- 6.1 I lavoratori esposti a rischio (sia a tempo indeterminato che non) sono stati informati (mediante materiale informativo cartaceo o altro) sui rischi da esposizione a vibrazioni e sulle modalità di prevenzione?  
 Sì  No
- 6.2 I lavoratori esposti a rischio (sia a tempo indeterminato che non) sono stati formati (in un incontro o in un altro modo appropriato) sui mezzi (collettivi e individuali) e le modalità di prevenzione e protezione dalle vibrazioni durante il lavoro?  
 Sì  No

### 7) *Sorveglianza sanitaria (per HAV e WBV)*

- 7.1 Il Medico competente ha collaborato alla valutazione?  
 No, non previsto  No, ma dovuta  Sì
- 7.2 Il Medico competente è stato informato dei risultati della valutazione?  
 No, non previsto  No, ma dovuta  Sì

<sup>8</sup> Per apporre il marchio CE i produttori devono indicare i valori di vibrazione al superamento di 2,5 m/s<sup>2</sup> per HAV e 0,5 m/s<sup>2</sup> per WBV oppure indicare che tali valori non sono superati

<sup>9</sup> Ad esempio, alla sorgente (modifiche alle tecnologie / sostituzione di macchinari ...), sulla propagazione (sedili e/o basamenti smorzanti / piattaforme isolate ...), sull'operatore (cabine disaccoppiate / turni / procedure ...)

<sup>10</sup> I guanti debbono essere certificati secondo la UNI EN ISO 10819:1998 ed avere un TR<sub>M</sub><1,0 e TR<sub>H</sub><0,6



- 7.3 Tutti i lavoratori che ne hanno diritto<sup>11</sup> (a tempo indeterminato e non) sono sottoposti al controllo sanitario preventivo e periodico?  
Sì  No
- 7.4 La periodicità adottata dal medico competente per la sorveglianza sanitaria specifica è adeguata<sup>12</sup>?  
Sì  No
- 7.5 L'azienda dispone di un resoconto anonimo e collettivo dei risultati degli ultimi controlli sanitari?  
Sì  No

**8) Esito del controllo (o Attività di vigilanza dell'ASL)**

- 8.1 Prescrizioni; quante e su che temi:  
Valutazione: n° \_\_\_\_ Misure TOP: n° \_\_\_\_ DPI uditivi: n° \_\_\_\_  
Sorv. San.: n° \_\_\_\_ Informazione-Formazione: n° \_\_\_\_  
Altre (specificare) \_\_\_\_\_
- 8.2 Disposizioni; quante e su che temi:  
Valutazione: n° \_\_\_\_ Misure TOP: n° \_\_\_\_ DPI uditivi: n° \_\_\_\_  
Sorv. San.: n° \_\_\_\_ Informazione-Formazione: n° \_\_\_\_  
Altre (specificare) \_\_\_\_\_
- 8.3 Segnalazioni al Ministero della Attività produttive, al Ministero del Lavoro e alla propria Regione delle inadempienze in tema di rumore riscontrate sulle macchine marcate CE a carico di produttori:  
Sì  quante \_\_\_\_ No

**3 - RIFERIMENTI**

- **DLgs.81/2008 aggiornato a marzo 2010**
- **Linee Guida per la valutazione del rischio vibrazioni negli ambienti di lavoro;** ISPESL e CTIPL (Coordinamento Tecnico Interregionale per la Prevenzione nei luoghi di Lavoro), Atti del convegno **dB A<sub>incontri</sub>2000**, Modena 20/09/2000

<sup>11</sup> Secondo l'art.204, DLgs.81/2008, gli esposti a HAV con  $A(8) > 2,5 \text{ m/s}^2$  o a WBV con  $A(8) > 0,5 \text{ m/s}^2$  e quelli per i quali si verificano le condizioni del comma 2

<sup>12</sup> La periodicità è di norma annuale; una diversa scelta deve essere motivata dal medico competente (art.7, c.1)



**Riassumendo ...**



## I FATTORI DI RISCHIO FISICI NEI LUOGHI DI LAVORO

**Omar Nicolini**

Azienda USL di Modena – Dipartimento di Sanità Pubblica - Servizio Prevenzione Sicurezza Ambienti di Lavoro

### 1 - GENERALITA'

Per rischio si intende la possibilità che un individuo o una popolazione vadano incontro ad una alterazione dello stato di salute in seguito all'interazione con uno o più fattori ambientali potenzialmente nocivi.

Tra i diversi fattori di rischio ambientali (chimici, biologici, meccanici ... ), quelli fisici costituiscono un importante sottoinsieme delle minacce potenziali poste sull'uomo e sull'ambiente naturale.

La definizione più consolidata dei rischi fisici è quella che si sofferma sull'interazione con gli organismi, che avviene prevalentemente per ingresso di energia più che di materia.

### 2 – DEFINIZIONI

Solitamente, i rischi fisici vengono suddivisi in rischi da onde meccaniche e rischi da onde elettromagnetiche.

Una ricognizione più analitica permette di distinguere all'interno delle onde meccaniche (onde elastiche generate da un movimento oscillatorio di un corpo rispetto alla sua posizione di equilibrio):

- ◆ le **vibrazioni**, che comportano l'ingresso nel corpo umano di energia meccanica mediante una superficie di continuità (frequenze da 0,1 a 400 Hz per le esposizioni al corpo intero e da 6,3 a 1.250 Hz per le esposizioni al sistema mano-braccio);
- ◆ i **rumori**, che sono vibrazioni trasmesse (normalmente) in aria, tali da eccitare l'apparato uditivo (frequenze da 20 Hz a 20 kHz);
- ◆ gli **ultrasuoni**, che sono energia acustica non più udibile (frequenze maggiori di 20 kHz);
- ◆ gli **infrasuoni**, anch'essi costituiti da energia acustica non udibile (frequenze minori di 20 Hz).

Allo spettro delle onde elettromagnetiche (radiazioni caratterizzate da un campo

elettrico e da un campo magnetico, perpendicolari l'uno all'altro ed entrambi perpendicolari alla direzione di propagazione) possono invece essere ricondotte:

- ◆ le **radiazioni ionizzanti (IR)** di natura elettromagnetica (raggi X e gamma, caratterizzate da energia sufficiente ( $> 12$  eV) a ionizzare gli atomi e le molecole). Delle radiazioni ionizzanti fanno inoltre parte, ma senza associazione alcuna con lo spettro delle onde elettromagnetiche, le radiazioni di natura corpuscolare (particelle alfa, beta, neutroni ...);
- ◆ le **radiazioni ottiche**; radiazioni non ionizzanti che, nei tre intervalli dell'ultravioletto (100-380 nm), del visibile (380-780 nm) e dell'infrarosso (780 nm - 1 mm), nonché nella variante dei **laser** (amplificazione di luce per emissione stimolata di radiazione, nell'intero spettro delle radiazioni ottiche) sono accomunate dai processi di eccitazione elettronica connessi al loro assorbimento;
- ◆ i **campi elettromagnetici**, radiazioni non ionizzanti suddivise, per quanto di interesse igienistico, nelle **microonde (MW)**, frequenze: 300 MHz - 300 GHz), **radiofrequenze (RF)**, frequenze: 100 kHz - 300 MHz), frequenze estremamente basse (**ELF**, frequenze  $< 3$  kHz) e **campi elettrici e magnetici statici**. Va specificato che nel caso delle radiazioni non ionizzanti si può parlare di onde elettromagnetiche in senso proprio solo per frequenze superiori a 100 kHz e per condizioni di campo lontano. Alle frequenze inferiori i campi elettrico e magnetico sono disaccoppiati tra loro e devono essere considerati come agenti fisici autonomi e indipendenti.

Infine vi è il **microclima**, vale a dire quell'insieme di parametri ambientali (temperatura, umidità, velocità dell'aria, temperatura radiante) e soggettivi (metabolismo, isolamento del vestiario) che caratterizzano l'interazione tra l'ambiente termico e il corpo umano.

### 3 – APPLICAZIONI

Quasi tutti questi fattori di rischio sono normalmente presenti negli ambienti di vita e di lavoro, ma diventano pericolosi se si eccedono determinati livelli. Resta il fatto che esistono fattori di rischio connessi all'esecuzione di certi tipi di attività ed altri ancora (ad esempio il rumore o le radiazioni ottiche connesse ai processi di saldatura) che possono essere considerati sottoprodotti delle attività umane o, come nel caso del microclima degli ambienti esterni, condizioni di riferimento nelle quali esercitare il proprio lavoro.

Esempi di campi specifici di applicazione sono la vibratura, la vagliatura e la distaffatura per le vibrazioni; le saldature di plastiche, le puliture di pezzi metallici o le omogeneizzazioni per gli ultrasuoni; la metrologia, l'olografia, il taglio e la saldatura per i laser (fasci di radiazioni ottiche con peculiari caratteristiche di monocromaticità, coerenza, unidirezionalità e brillantezza); le radiografie per scopi sanitari e industriali per le radiazioni ionizzanti. L'illuminazione artificiale è una vera e propria tecnologia, le IR sono utilizzate per essiccamenti e catalisi, le MW per riscaldamento industriale e civile (riscaldatori a perdite dielettriche ed a induzione

magnetica), le RF per radio-telecomunicazioni, ecc.

Esposizioni a microclimi freddi si riscontano frequentemente nell'industria alimentare ("ciclo del freddo"), mentre gli ambienti severi caldi sono in prossimità di processi di cottura o fusione (ceramica, metallurgia ...).

Poiché la medicina (diagnostica e terapia) utilizza pressoché tutti i campi di radiazioni elettromagnetiche e delle onde meccaniche, è sempre presente un'esposizione per gli operatori ed i pazienti.

#### **4 - ORGANI BERSAGLIO**

L'interazione tra gli agenti fisici e la materia vivente è fundamentalmente un assorbimento di energia cui seguono processi di rilassamento che si concludono sempre (anche se non sempre in via diretta) con una conversione dell'energia assorbita in energia termica.

In corrispondenza delle percezioni sensoriali (funzione uditiva e visiva), poiché l'energia in ingresso viene indirizzata in strutture specializzate, gli organi-bersaglio (in situazioni estreme) sono proprio la coclea e la retina, vale a dire quelle strutture deputate a trasformare l'energia incidente in impulsi fisiologici.

Gli assorbimenti non selettivi agiscono, invece, prevalentemente attraverso il sovrariscaldamento dei tessuti con una localizzazione del rischio che è funzione della capacità di penetrazione della energia. In questi casi si potrà verificare una compromissione dell'organo se si eccedono i limiti del sistema omeotermico.

Per le radiazioni ionizzanti gli organi bersaglio sono costituiti, oltre che dalla retina e dalla cute, anche dalle cellule stesse dell'individuo. La capacità di ionizzare, e quindi di rompere i legami molecolari, determina nuove forme chimiche molto attive, che di per sé sono già una mutazione, spesso in grado di indurre altre permanenti. Anche se vengono ancora correntemente individuate come organi critici le gonadi (per il possibile danno genetico) ed i tessuti emopoietici (danno somatico), è ormai accettato che tale concetto, in questo caso, deve ritenersi non rappresentativo della complessità del rischio.

Nelle radiazioni ottiche e nei laser gli organi bersaglio sono la retina, la cornea, il cristallino e, con un livello di sensibilità ovviamente inferiore, la cute.

Nelle RF e MW le aree interessate si estendono e possono giungere in profondità per la capacità di penetrazione delle radiazioni, tenendo ad ogni modo conto che con l'aumentare della frequenza la capacità di penetrazione tende a diminuire, e al di sopra di pochi GHz l'interazione è limitata alla sola strato superficiale della cute. Per gli effetti indotti dal riscaldamento, gli organi bersaglio sono le gonadi e il cristallino, per la loro scarsa vascolarizzazione. Al diminuire della frequenza iniziano a subentrare effetti non termici a carico dei tessuti elettricamente stimolabili, in particolare nervi e muscoli.

Nelle ELF gli effetti di stimolazione sono dominanti e gli organi bersaglio sono il sistema nervoso centrale e periferico e il cuore. Anche nel caso dei campi statici gli organi bersaglio sono il sistema nervoso centrale e quello cardiovascolare, tenendo conto che effetti avversi possono essere indotti dal movimento del soggetto esposto all'interno del campo.

Per le vibrazioni, almeno a livello di effetti acuti, esiste una correlazione tra l'organo bersaglio e la frequenza dell'onda. Infatti, dal punto di vista biodinamico, i diversi distretti e organi in cui il corpo umano può essere schematizzato si possono rappresentare matematicamente (in prima approssimazione) come sistemi meccanici a più gradi di libertà composti da masse mobili, molle elastiche e smorzatori viscosi. Se viene trasmessa al corpo umano energia meccanica di vibrazione avente componenti in frequenza in corrispondenza delle frequenze naturali di risonanza di tali sistemi meccanici, si possono verificare lesioni ai corrispondenti organi.

## 5 - METROLOGIA DEI RISCHI FISICI

In generale, per definire le quantità fisiche che descrivono l'interazione di un fattore di rischio fisico con una matrice biologica, vanno considerati:

- la tipologia del fattore di rischio
- la frequenza (o meglio lo spettro)
- l'effettivo flusso di energia nella zona di interesse
- il rateo temporale di cessione dell'energia

Accanto a queste grandezze, per le necessarie correlazioni rischio/danno, andranno poi considerati i tempi di esposizione, le modalità (es.: asse d'ingresso delle vibrazioni, intermittenza d'esposizione), la presenza di esposizioni multiple che possano determinare effetti sinergici (es. RM: campi magnetici statici, gradiente di campo, RF), le eventuali esposizioni pregresse, lo stato di salute generale dell'individuo.

La disponibilità di procedure standardizzate (normate) per la quantificazione dei fattori di rischio è andata progressivamente estendendosi tanto da interessare oramai la maggior parte degli agenti fisici. Parimenti, sulla base delle incrementate conoscenze scientifiche e metrologiche, si sono consolidati i cosiddetti "valori limite".

In linea di massima la metrologia può restituire dati di "esposizione" con parametri che caratterizzano fisicamente il campo di energia, eventualmente correggendola con curve di pesatura, e dati di "dose", cioè quantità di energia assorbita dall'organismo o dal distretto irradiato.

Nel caso delle vibrazioni il descrittore del rischio è l'A(8) che si ottiene per le esposizioni a tutto il corpo secondo la UNI ISO 2631-1:2008 utilizzando un indicatore basato sulla massima delle tre accelerazioni pesate monoassiali e sul tempo giornaliero di esposizione; per il sistema mano-braccio, si segue la UNI EN ISO 5349-1:2004 e l'indicatore è basato sull'accelerazione triassiale e sul tempo giornaliero di esposizione. Per il rumore gli effetti epidemiologici dell'esposizione continuativa a determinati livelli equivalenti sonori (espressi in dB(A)) sono oggetto della norma ISO 1999:1990. Sono parametri di dose la dose assorbita che si incontra in radioprotezione, i valori di energia efficace (mediati dalle apposite curve) nel campo delle radiazioni ottiche, le grandezze fotometriche (mediate dalla curva fotopica CIE).

Nel campo delle RF e MW sono invece accreditati limiti dosimetrici fondati sul concetto di SAR (Specific Absorption Rate) e sulla densità di corrente indotta nei

tessuti elettricamente stimolabili. Per le ELF le grandezze dosimetriche rilevanti sono la densità di corrente indotta nei tessuti elettricamente stimolabili, o in alternativa il campo elettrico *in situ* all'interno dei tessuti.

Talvolta, comunque, è solo la descrizione del fenomeno fisico che permette di cogliere aspetti particolari connessi all'irradiazione: è questo il caso dei cosiddetti hot-spot, assorbimenti fortemente localizzati di energia elettromagnetica a frequenze tra circa 400 MHz e 3 GHz, dovuti alla complessità dell'interazione con la radiazione ed in particolare alla risonanza del campo elettromagnetico con le dimensioni fisiche di particolari distretti corporei. Anche in campo acustico la presenza di rumori impulsivi e/o a componenti tonali si valuta sulla base della descrizione fisica del fenomeno.

Nel caso del microclima, infine, gli indici di rischio generali e localizzati discendono da previsioni di bilancio termico dell'organismo o da algoritmi che cercano di interpretare la valutazione soggettiva di più persone.

## **6 - LEGISLAZIONE E NORMATIVE TECNICHE**

In Italia, soprattutto nell'ultimo periodo, si va assistendo al progressivo superamento dell'assenza di limiti numerici di accettabilità per le esposizioni ai rischi fisici negli ambienti di lavoro; assenza che aveva fatto molto discutere anche perché la possibilità di fissarli era già prevista dall'art.4 della legge 833/1978.

Dal punto di vista legislativo occorre sempre rifarsi in primo luogo alla Costituzione della Repubblica Italiana e, per quanto riguarda i soggetti professionalmente esposti, all'art.2087 del c.c. il quale afferma che l'imprenditore è tenuto ad adottare tutte le misure consigliate dall'esperienza e dalla tecnica per tutelare l'integrità dei lavoratori. La legislazione specifica di riferimento è ora il DLgs.81/2008 (con le successive modifiche e integrazioni; da ultime quelle del DLgs.106/2009) ed in particolare al suo Titolo VIII dedicato interamente agli agenti fisici ad eccezione delle radiazioni ionizzanti per le quali la legge di riferimento è il DLgs.230/95 e successive modifiche e integrazioni. Oltre che per le radiazioni ionizzanti, con l'emanazione del DLgs.81/2008 e s.m. sono ora presenti limiti numerici per il rumore, le vibrazioni, le radiazioni ottiche e (anche se non ancora in vigore) i campi elettromagnetici. E' da rilevare che il DLgs.81/2008 e s.m. mentre fissa veri e propri valori limite numerici da non superarsi, quando definisce i cosiddetti valori di azione non indica valori al di sotto dei quali non sono dovute azioni di prevenzione quanto, piuttosto, valori di riferimento superati i quali scattano progressivamente protocolli di prevenzione amministrativi, minimi, più vincolanti.

Sugli agenti fisici affrontati dal Titolo VIII del DLgs.81/2008 sono state pubblicate nel 2010 delle "Indicazioni operative" da parte della Coordinamento Tecnico Interregionale per la Prevenzione nei Luoghi di Lavoro.

Come si diceva poco sopra, le radiazioni ionizzanti sono propriamente un caso a parte: la legge di riferimento è il DLgs.230/95 così come modificato dal DLgs.241/00 e dal DLgs.257/01 ed integrato, per le esposizioni mediche dal DLgs.187/00.

Inoltre, per l'esposizione a radioattività naturale (principalmente: Radon) i



riferimenti sono al Capo III bis del DLgs. 230/95 come modificato dal DLgs.241/00 e dal DLgs.257/01. Su quest'ultimo argomento, nel 2003, sono state pubblicate delle "Linee Guida per le misure di concentrazione di Radon in aria nei luoghi di lavoro sotterranei" da parte della Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province Autonome.

## **7 - PRINCIPI DI PREVENZIONE DEI RISCHI**

In estrema sintesi, la bonifica dai fattori di rischio fisici si basa su una sequenza logica (sancita giuridicamente) che parte da valutazioni sulla indispensabilità o insostituibilità (eliminazione, modifiche, restrizioni all'uso) della sorgente o della attività-sorgente (interventi attivi), prende in considerazione gli interventi sulla propagazione e sulla diffusione per giungere infine alla protezione degli esposti (riduzione dei tempi di esposizione, allontanamento dalla sorgente, mezzi di protezione personale).

Accanto alla prevenzione (primaria e secondaria) con misure tecniche sono poi adottabili misure organizzative e procedurali, un programma di sorveglianza sanitaria ed iniziative di informazione e formazione del personale.

## **8 – UN PO' PIÙ NEL DETTAGLIO**

Accantonando il tipo di ricognizione generale sinora adottato, si porrà ora l'attenzione sui singoli fattori di rischio fisici.

### **8.1 – VIBRAZIONI**

L'esposizione dell'uomo alle vibrazioni è aumentata progressivamente con lo sviluppo della meccanizzazione industriale ed agricola, con l'aumento della potenza delle macchine, con la diffusione degli utensili vibranti e con l'impiego crescente dei mezzi di trasporto.

Le vibrazioni meccaniche sono prodotte dal movimento oscillatorio di un corpo intorno ad una posizione di equilibrio; dal punto di vista igienistico esse sono caratterizzate dalla frequenza (Hz), dall'asse di ingresso (x, y, z), dal tempo di esposizione e dall'accelerazione ( $\text{ms}^{-2}$ ) ponderata con filtri che riproducono le diverse sensibilità alle varie frequenze dello spettro ed in relazione a diversi effetti.

Il descrittore di rischio è l'esposizione giornaliera normalizzata a un periodo di riferimento di 8 ore,  $A(8)$ , e rappresenta l'accelerazione equivalente proporzionale all'energia con cui entra in contatto il corpo umano nel turno di lavoro e rapportata ad una esposizione convenzionale di 8 ore.

Nelle diverse attività lavorative l'uomo può andare incontro a due tipi fondamentali di vibrazioni: quelle che coinvolgono tutto il corpo e quelle che interessano soltanto settori di esso.

Le prime, definite anche scuotimenti, sono più tipicamente caratterizzate da movimenti oscillatori di bassa frequenza (0,1-400 Hz) e grande ampiezza.

L'organismo si oppone agli scuotimenti mediante la propria forza d'inerzia, con la contrazione muscolare e con l'irrigidimento del sistema locomotore, stimolati in maniera riflessa dal senso dell'equilibrio.

Gli attuali modelli meccanici del corpo umano ne analizzano il comportamento in funzione della frequenza di vibrazione: a bassissime frequenze (sotto ai 2 Hz) prevale la sollecitazione all'intero corpo e si verifica il cosiddetto mal dei trasporti per stimolazione della funzione vestibolare (nausea, vomito, sudorazione ... ); principalmente tra 2 e 80 Hz si verificano invece risonanze nei diversi organi, mentre a frequenze superiori il moto vibratorio si smorza sempre più facilmente e finisce con l'interessare solo piccole aree in prossimità del punto di applicazione. I valori di riferimento legislativi si preoccupano di prevenire rischi per la salute e la sicurezza ed in particolare lombalgie e traumi al rachide.

Per la misurazione del rischio in ambiente di lavoro si fa essenzialmente riferimento alla UNI ISO 2631-1:2008. Esposizioni a vibrazioni trasmesse a tutto il corpo da superfici vibranti all'interno di edifici (sia in ambito lavorativo che civile) sono invece oggetto della norma ISO 2631-2:2003.

Per quanto riguarda le sollecitazioni a particolari settori del corpo, particolare evidenza ha assunto la fenomenologia connessa all'ingresso di vibrazioni dalla mano per l'enorme diffusione degli utensili vibranti (martelli pneumatici, smerigliatrici, motoseghe, vibrocompattatori ... ).

Per valutare i danni da vibrazione nel sistema mano-braccio, vanno idealmente considerate le caratteristiche fisiche delle vibrazioni, le frequenze naturali del sistema stesso, la distribuzione della pressione all'interfaccia uomo – utensile, le tensioni muscolari nella mano nel braccio e nell'avambraccio, la posizione dell'operatore e le condizioni ambientali in cui il lavoro si svolge. Bisogna tenere presente, inoltre, che le caratteristiche delle vibrazioni variano costantemente durante il lavoro.

Schematicamente si può affermare che le vibrazioni di bassa frequenza (30-50 Hz) determinano più spesso l'insorgenza di lesioni osteoarticolari, mentre i disturbi della regolazione nervosa delle pareti dei vasi sanguigni (Sindrome di Raynaud o del dito bianco) sono state messe prevalentemente in relazione con vibrazioni di frequenza più elevata (40-200 Hz con un massimo a 100 Hz). La caratterizzazione delle vibrazioni mano-braccio viene condotta nell'intervallo 6,3÷1250 Hz, in accordo con la ISO 5349-1:2001.

Dal punto di vista legislativo, in recepimento della Direttiva 2002/44/CE, si applica il DLgs.81/2008, ed in particolare il Capo III del Titolo VIII, che stabilisce, sia per le vibrazioni al sistema mano-braccio che per le vibrazioni al corpo intero, due livelli di vibrazione che fanno scattare una serie di obblighi: i valori di azione e i valori limite di esposizione. I valori giornalieri di esposizione alle vibrazioni che fanno scattare l'azione normalizzati al periodo di riferimento di 8 ore stabiliti sono pari a  $2,5 \text{ m/s}^2$  e  $0,5 \text{ m/s}^2$ , rispettivamente per il sistema mano-braccio e per il corpo intero, mentre i valori limite di esposizione sono rispettivamente pari a  $5 \text{ m/s}^2$  e  $1 \text{ m/s}^2$ . La legislazione prevede poi due ulteriori valori limite, cosiddetti su "periodi brevi", che valgono rispettivamente 20 e  $1,5 \text{ m/s}^2$ .

Operativamente, per la valutazione delle vibrazioni è consentito fare riferimento a valori misurati da altri (stima) purché inseriti in banche dati delle Regioni o di Ispesl

ovvero forniti dai produttori, in quest'ultimo caso avendo attenzione ad utilizzare gli opportuni fattori correttivi in quanto le normative per l'indicazione delle emissioni di vibrazioni (quelle utilizzate dai produttori) non forniscono necessariamente valori indicativi dei livelli di esposizione presenti sul campo. Quando mancano i riferimenti per la stima o, comunque, se si desidera la ricostruzione dei livelli di esposizione in modo il più accurato possibile, occorrerà rivolgersi alla misurazione da condurre secondo gli standard UNI EN ISO 5349-1:2004 e UNI ISO 2631-1:2008.

Altre normative di particolare interesse sono le:

- UNI CEN/TR 11232:2007 Vibrazioni mano-braccio - Linee guida per la riduzione del rischio da vibrazioni
  - Parte 1: Metodi tecnici progettuali per la progettazione delle macchine
  - Parte 2: Misure di prevenzione sul posto di lavoro
- UNI CEN/TR 15172:2008 Vibrazioni al corpo intero - Linee guida per la riduzione del rischio da vibrazione
  - Parte 1: Metodo tecnico progettuale per la progettazione delle macchine
  - Parte 2: Misure di prevenzione sul posto di lavoro

## 8.2 – RUMORE

Il rumore può essere definito come una vibrazione di origine meccanica che si propaga nell'aria e giunge all'apparato uditivo eccitando una sensazione uditiva.

Affinché le onde sonore siano percepibili all'apparato uditivo umano esse devono ricadere nell'intervallo 16-20 Hz ÷ 16-20 kHz. In termini igienistici, il fenomeno sonoro viene essenzialmente stimato con un descrittore denominato livello equivalente sonoro espresso in decibel (dB), successivamente ponderato con un filtro (A) che riproduce le diverse sensibilità dell'udito umano alle varie frequenze dello spettro.

Il rumore, inteso come un suono che influenza negativamente il benessere fisico e psichico degli individui, è senza dubbio uno dei fattori di nocività più diffusi nell'ambiente in cui si vive e si lavora.

Le attuali conoscenze dell'incidenza del rumore sulla salute hanno permesso di evidenziare come il rumore, già a livelli modesti, possa contribuire, come causa di stress, a disturbi psicologici e somatici attraverso una mediazione soggettiva che tende a sfuggire ad ogni classificazione.

Questi effetti del rumore, cosiddetti effetti extra-uditivi, non determinano normalmente un danno irreversibile su organi, sistemi o tessuti; determinano tuttavia un'azione di disturbo che può essere limitata all'ambito strettamente soggettivo o riflettersi su relazioni interpersonali e sui rapporti tra l'uomo e la collettività.

L'esposizione a rumori di elevata intensità (la letteratura internazionale concorda che il rischio di danno uditivo inizia già a livelli inferiori a 80 dB(A)) è causa sia di disturbi psicofisici (i cosiddetti effetti extra-uditivi, già citati) e dell'abbassamento, inizialmente reversibile, della soglia uditiva. Nel tempo questa diminuzione di acuità uditiva diviene irreversibile per la degenerazione delle cellule nervose della coclea deputate alla ricezione del segnale sonoro, soprattutto nell'area dei 3-4 kHz. Prolungando ulteriormente l'esposizione a rumore, i fenomeni degenerativi si estendono andando a compromettere la sensazione sonora anche per quanto riguarda

la normale vita di relazione (difficoltà all'ascolto del parlato, della musica, ecc.).

E' ormai ampiamente dimostrato che esiste una stretta correlazione tra il livello di esposizione a rumore, il tempo per il quale si è esposti a tale livello e la perdita della capacità uditiva. Nella ISO 1999:1990 vengono anche forniti degli algoritmi di calcolo del rischio di ipoacusia professionale sulla base del livello di esposizione sonora e degli anni di esposizione.

Per evitare danni immediati all'apparato uditivo, la legislazione prevede poi una speciale attenzione ai rumori impulsivi.

Per quanto concerne i valori di azione ed i valori limite di esposizione a rumore in ambiente industriale, il DLgs.81/2008 e s.m., che ha recepito in Italia la Direttiva 2003/10/CE, definisce le tre coppie di valori di 80 dB(A) di  $L_{EX,8h}$  e 135 dB(C) di  $L_{picco,C}$ , di 85 dB(A) e 137 dB(C) e di 90 dB(A) 140 dB(C). Occorre sottolineare che mentre la legislazione fissa limiti numerici da non superarsi (valori limite di esposizione) non definisce valori al di sotto dei quali non sono dovute azioni di prevenzione quanto, piuttosto, valori di riferimento (valori inferiori e superiori di azione) superati i quali scattano progressivamente protocolli di prevenzione più pregnanti.

La misurazione dei livelli di esposizione a rumore va condotta secondo lo standard UNI 9432 anche se è in dirittura d'arrivo il recepimento della ISO 9612:2009 che sostituirà la UNI 9432:2008 la quale probabilmente verrà rivisitata con un aggiornamento che manterrà in vita le indicazioni non ricomprese nella ISO 9612.

Altre norme di particolare interesse sono:

- UNI EN ISO 11690 Raccomandazioni pratiche per la progettazione di ambienti di lavoro a basso livello di rumore contenenti macchinario  
Parte 1: Strategie per il controllo del rumore (1998)  
Parte 2: Provvedimenti per il controllo del rumore (1999)  
Parte 3: Propagazione del suono e previsione del rumore in ambienti di lavoro (2000)
- UNI/TR 11347:2010 Programmi aziendali di riduzione dell'esposizione a rumore nei luoghi di lavoro

### **8.3 – ULTRASUONI**

Nello spettro delle onde acustiche vengono definiti ultrasuoni quelle onde con frequenza superiore ai 20 kHz (limite superiore della percezione uditiva umana).

La frazione di fascio assorbita provoca nel mezzo assorbitore eventi che variano a seconda della frequenza.

Fino a frequenze inferiori a 100 kHz l'effetto principale è di tipo acustico, cioè con organo bersaglio la coclea. A frequenze superiori, fino a 1 MHz, il fenomeno prevalente è la cavitazione che produce prima una rapida espansione e dopo una repentina compressione delle bolle di gas disciolto in un liquido provocando la loro "implosione" con la generazione di livelli molto elevati di energia meccanica. A seconda dell'intensità della radiazione si creano flussi di liquido ad alta velocità che possono danneggiare e perfino frantumare biomolecole e cellule. A potenze elevate la cavitazione si manifesta anche a frequenze basse (< 40 kHz).

Con ultrasuoni di frequenza ancora più elevata, l'energia meccanica è

prevalentemente trasferita alle strutture con dissipazione finale in calore (effetto termico).

Effetti non termici e non cavitazionali sono possibili ma non dimostrati.

Nonostante che siano abbastanza ben conosciuti i meccanismi elementari d'interazione con la materia vivente, i risultati sperimentali ed epidemiologici non hanno sinora permesso l'individuazione di un quadro di danno caratteristico (organi bersaglio) e sicuramente attribuibile agli ultrasuoni. La sorveglianza sanitaria degli esposti può essere condotta mediante la raccolta di dati anamnestici, particolarmente attenta ai disturbi soggettivi e al grado di inquinamento acustico dell'ambiente, ad un esame clinico generale ed a un esame audiometrico e della funzione vestibolare, anche per la sorveglianza degli effetti delle sub-armoniche udibili. Anche i TLV proposti dall'ACGIH per esposizioni in aria (in dB per terzi d'ottave) servono per prevenire possibili perdite uditive dovute alle sub-armoniche.

Qualora invece i tessuti siano a contatto diretto con le sorgenti o con i trasduttori, ovvero siano a contatto tramite sostanze liquide o solide interposte (es. ecografia) si può fare riferimento alla curva intensità/tempo d'esposizione proposta dall'AIUM (American Institute for Ultrasounds in Medicine).

#### **8.4 - CAMPI ELETTROMAGNETICI**

La dizione unitaria di “campi elettromagnetici” che la legislazione assegna alle radiazioni non ionizzanti con frequenza inferiore ai 300 GHz è in realtà, almeno parzialmente, arbitraria sia per le utilizzazioni, sia per i meccanismi di interazione con la materia vivente. Ecco perché analizzeremo di seguito le zone di spettro di principale interesse igienistico che, per valori di frequenza crescenti, sono i campi elettrici e magnetici statici, le ELF, le radiofrequenze e le microonde

I campi elettrici statici sono ritenuti di scarso interesse protezionistico, tanto che non sono definiti limiti di esposizione e solo a livelli di esposizione estremamente intensi sono possibili effetti di percezione a carico della cute.

L'esposizione a campi magnetici statici, oltre alle problematiche di induzione di corrente, può invece, a livelli molto intensi, provocare dolore in soggetti portatori di protesi dentarie metalliche e essere estremamente pericolosa per i portatori di stimolatori cardiaci o altri dispositivi impiantabili attivi.

Per quanto riguarda le cosiddette Extremely Low Frequencies, quali quelle che si ritrovano in prossimità delle linee elettriche aeree, si deve ricordare che il soggetto esposto viene a trovarsi immerso in un campo elettrico ed in un campo magnetico disomogenei e variabili nel tempo, in quanto a causa delle lunghezze d'onda in gioco ci si trova sempre in condizioni di campo vicino. Tali campi sono in grado di mettere in movimento le cariche libere all'interno dell'organismo (ad esempio ioni nel sangue e soprattutto nel sistema nervoso centrale e periferico) creando delle correnti elettriche che vanno a sovrapporsi (ed eventualmente a perturbare) a quelle endogene fisiologicamente presenti nell'organismo, che propendono a diverse funzioni, quali la conduzione dell'impulso cardiaco, la propagazione degli stimoli nervosi, etc..

Nelle radiofrequenze (campi elettromagnetici nella regione spettrale 100 kHz-300 MHz) e nelle microonde (intervallo 300 MHz - 300 GHz) il principale effetto sui

tessuti biologici è legato alla conversione dell'energia elettromagnetica in calore.

Il cristallino e il testicolo sono gli organi a maggior rischio termico, sia per la loro posizione superficiale, sia, nel caso del cristallino, per la scarsa efficienza del sistema di termoregolazione. Va comunque considerato che, per le caratteristiche della materia vivente e per il manifestarsi di fenomeni di risonanza (disomogeneità dei mezzi, superfici di separazione, geometrie complesse, etc.), l'assorbimento all'interno del corpo può essere fortemente disomogeneo e si possono creare punti di accumulazione (hot spot) anche in altri distretti.

In tutto lo spettro tra 0 Hz e 300 GHz, i limiti di esposizione vengono individuati a partire da determinati livelli al di sopra dei quali si iniziano ad osservare alcuni effetti biologici che, per loro natura o entità, potrebbero avere una rilevanza sanitaria. In pratica, i limiti si deducono da questi livelli dividendoli per opportuni fattori di sicurezza, introdotti per tenere conto, tra l'altro, della variabilità nella risposta tra i diversi individui e dell'incertezza nella valutazione dell'esposizione.

Acquisendo i risultati di una sofisticata modellistica, teorica e sperimentale, il DLgs.81/2008 e s.m., nel suo Capo IV del Titolo VIII (Allegato XXXVI) ha definito dei *valori limite* per la densità di corrente indotta nella testa e nel tronco, di SAR (Specific Absorbition Rate) mediato sul corpo intero o localizzato su arco e tronco ovvero sugli arti e di densità di potenza e dei *valori di azione* (basati su quantità operativamente misurabili) per i campi elettrico e magnetico, per la densità di potenza di onda piana, per la corrente di contatto e la corrente indotta attraverso gli arti. Il rispetto dei *valori di azione* garantisce sempre il rispetto dei *valori limite* e la protezione dagli effetti acuti. Particolari attenzioni sono comunque richieste per i soggetti particolarmente sensibili che primariamente sono costituiti dai lavoratori portatori di dispositivi medici o protesi impiantati.

I *valori limite di esposizione* ed i *valori di azione* previsti dal Capo IV del Titolo VIII del DLgs.81/2008 sono specificamente mirati alla protezione dagli effetti certi che hanno una ricaduta in termini sanitari. Si tratta degli effetti conosciuti di cui esiste ed è stata definita una soglia di insorgenza e la cui gravità può variare in funzione dell'intensità dell'esposizione. Invece, la norma non riguarda la protezione da eventuali effetti a lungo termine, per i quali mancano dati scientifici conclusivi che comprovino un nesso di causalità, né i rischi conseguenti al contatto con i conduttori in tensione, questi ultimi già coperti dalle norme per la sicurezza elettrica. Le correnti indotte citate nella legge sono essenzialmente dovute ai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza (fino a 10 MHz), e possono indurre vari effetti avversi principalmente a carico del sistema cardiovascolare (aritmie, fibrillazione, asistolia, ecc.) e nervoso (contrazione neuromuscolare, induzione di lampi luminosi nel campo visivo noti come magnetofosfeni, o altri). L'assorbimento di energia è connesso ai campi elettromagnetici a frequenze oltre i 100 kHz e può causare un riscaldamento localizzato di organi e tessuti o uno stress termico generalizzato; gli effetti avversi più rilevanti sono le ustioni, il colpo di calore, la cataratta e la sterilità maschile temporanea.

Invece, le correnti di contatto considerate dalla legge sono quelle che fluiscono al contatto di un individuo con oggetti metallici posti nel campo elettromagnetico e che, in funzione dell'intensità, possono indurre effetti quali percezioni dolorose, contrazioni muscolari, ustioni. Da notare che la maggior parte degli effetti avversi

considerati nel DLgs.81/2008 compaiono immediatamente (es. aritmie, contrazioni muscolari, ustioni), ma alcuni, come la cataratta o la sterilità maschile, essendo la conseguenza di un meccanismo cumulativo, possono manifestarsi a distanza di tempo.

Infine, la normativa è volta anche alla protezione da alcune tipologie di effetti indiretti, quali l'interferenza elettromagnetica con attrezzature e dispositivi medici elettronici (compresi stimolatori cardiaci e altri dispositivi impiantati), l'effetto propulsivo di oggetti ferromagnetici all'interno di intensi campi magnetici statici, l'innesco di elettrodetonatori ed il rischio incendio per scintille provocate dalla presenza dei CEM nell'ambiente.

### 8.5 - RADIAZIONI OTTICHE NON COERENTI

Con il termine di radiazioni ottiche si intende quella zona dello spettro elettromagnetico che comprende la radiazione infrarossa (IR), ulteriormente e convenzionalmente suddivisa nelle tre bande contigue del IR-C ( $10^6 - 3000$  nm), IR-B (3000-1400 nm) e IR-A (1400 - 780 nm), la radiazione visibile (780-400 nm) e la radiazione ultravioletta (UV), anch'essa suddivisa nelle UV-A (400-315 nm), UV-B (315-280 nm) e UV-C (280-100 nm). Le lunghezze d'onda degli estremi del range della Radiazioni Ottiche sono, quindi di 1 mm per l'estremo nell'IR-C e di 100 nm per l'estremo nell'UV-C.

I fotoni delle cosiddette radiazioni ottiche non hanno energia sufficiente per ionizzare atomi e molecole e l'effetto del loro assorbimento si concretizza sui tessuti con meccanismi di tipo termico (principalmente nell'IR e nel visibile) o di tipo fotochimico (principalmente nell'UV).

La profondità di penetrazione delle radiazioni ottiche è assai limitata, il che restringe la qualifica di organi critici all'occhio ed alla cute.

Per gli UV gli effetti acuti più evidenti sono l'eritema e la fotocheratite; tra gli effetti a lungo termine è stata rilevata correlazione tra irraggiamento UV e la possibile formazione di cataratte oculari e alcune forme di cancro alla pelle (carcinoma e melanoma). Gli effetti delle radiazioni visibili e degli IR sono principalmente legati alla possibile insorgenza di cataratte ed a bruciature a carico della cornea o della retina, ovvero, ovviamente a valori energetici maggiori, della cute.

Effetti dannosi nella cute possono aversi anche a causa di reazioni di fotosensibilizzazione.

Esistono poi ulteriori rischi indiretti, quali la sovraesposizione a luce visibile (disturbi temporanei visivi come abbagliamento o accecamento temporaneo) e ulteriori rischi associati alle apparecchiature/lavorazioni che utilizzano radiazioni ottiche artificiali (ROA) quali stress termico, contatti con superfici calde, rischi di natura elettrica ....

Per la valutazione del rischio da esposizione a radiazioni ottiche le grandezze utilizzate sono l'irradianza E o densità di potenza, l'esposizione radiante H e la radianza L.

Un complesso sistema di limiti, specifico per le varie bande di lunghezza d'onda comprese tra 180nm e 3000nm, basati sui limiti ICNIRP e IEC sono riportati nella Direttiva 2006/25/CE e ripresi dall'Allegato XXXVII-Parte I del Capo V, Titolo

VIII, DLgs.81/2008.

Per effettuare la valutazione del rischio di esposizione alle radiazioni ottiche lo schema di flusso consigliato è il seguente:

- Conoscenza delle sorgenti: è necessario preliminarmente censire le sorgenti di radiazioni ottiche non coerenti ed acquisirne i dati forniti dai fabbricanti o, in loro assenza, da documenti tecnici o lavori presenti in Letteratura che trattano sorgenti analoghe. Utilizzare, ove disponibile, la classificazione delle sorgenti secondo le norme tecniche specifiche o la conformità a standard tecnici, può consentire la “giustificazione” che permette di non effettuare una valutazione approfondita del rischio in quanto trascurabile, ovvero di stabilire direttamente (senza effettuare misurazioni) il superamento o meno dei valori limite.
- Conoscenza delle modalità espositive. In particolare devono essere individuate le tipologie di sorgenti, le modalità di impiego ed i luoghi in cui sono operanti, acquisendo, se possibile, i “layout” o le planimetrie dove sono installate le sorgenti. Per potere valutare i lavoratori a rischio e la loro effettiva esposizione è importante acquisire anche i tempi, le distanze e le modalità di esposizione.
- Esecuzione di misure: nel caso non siano disponibili i dati del fabbricante o non vi siano riferimenti a standard tecnici specifici, è necessario effettuare delle misure strumentali secondo le indicazioni fornite dalle norme tecniche specifiche. Le misure devono essere eseguite con strumentazione adeguatamente tarata, dotata di caratteristiche idonee ai parametri da rilevare.
- Esecuzione di calcoli: partendo dai dati forniti dal fabbricante, dai dati di letteratura o dai valori misurati, mediante appositi calcoli si ottengono le grandezze necessarie al confronto con i valori limite (es.: dall’irradianza spettrale fornita dal costruttore o misurata, si stima l’irradianza efficace).
- Confronto con i valori limite: i risultati acquisiti dalle fasi precedenti devono essere confrontati con i valori limite previsti nell’Allegato XXXVII del DLgs.81/2008 per stabilire il possibile superamento o meno di tali valori.

Utili riferimenti per la conduzione della valutazione del rischio da radiazione ottica non coerente sono presenti nell’allegato A delle norme UNI EN 14255-1 e UNI EN 14255-2.

Per la valutazione del rischio da radiazioni ottiche naturali (luce solare) ci si può riferire alla norma UNI EN 14255-3:2008.

Oltre alla problematica, fin qui discussa, relativa a radiazioni ottiche che possono rappresentare un rischio per la salute e sicurezza, vi è tutta la problematica relativa all’ergonomia della funzione visiva, problematica fortemente amplificata dalla diffusione dell’uso dei videotermini.

Per la valutazione del comfort luminoso si ricorre alla valutazione, oltre che del fattore medio di luce diurna per quanto riguarda la necessaria illuminazione naturale dei luoghi di lavoro, del livello medio di illuminamento (lux) sul piano del compito visivo, dell’equilibrio nella distribuzione della luminanza ( $\text{cd/m}^2$ ) entro il campo visivo professionale per quanto riguarda la altrettanto necessaria illuminazione artificiale. Un altro parametro rilevante dal punto di vista illuminotecnico è l’uniformità di illuminamento e, considerato che una carente illuminazione può indurre anche rischi di natura infortunistica, tale parametro deve essere misurato anche in relazione ad ambienti contigui a quello in cui si svolge il compito visivo e a



zone di passaggio. Infine, non bisogna dimenticare che la visione è un fenomeno fondamentalmente soggettivo e che, in determinate situazioni, acquistano particolare importanza aspetti quali il gradimento per l'illuminazione naturale, il contrasto dei colori, il colore della luce ed altri ancora.

Indicazioni sugli standard illuminotecnici artificiali ottimali sono deducibili dalle norme:

- UNI 12464 Luce e illuminazione – Illuminazione dei posti di lavoro  
Parte 1: Posti di lavoro interni (2004)  
Parte 2: Posti di lavoro in esterno (2008)
- UNI EN ISO 9241-6:2001 Requisiti ergonomici per il lavoro di ufficio con videoterminali (VDT)

### 8.6 – LASER

La radiazione emessa dai laser (acronimo che significa amplificazione di luce mediante emissione stimolata di radiazione) cade nelle regioni dell'UV, del visibile e dell'IR, sempre nell'intervallo 100 nm – 1 mm in quanto i fasci laser sono radiazioni ottiche anche se con peculiari caratteristiche di monocromaticità, coerenza, unidirezionalità e brillantezza (radianza).

Per questo tipo di radiazioni vanno illustrate con maggior dettaglio gli effetti sull'occhio che ne è il tipico organo bersaglio. Infatti, le lesioni cutanee, sia di tipo acuto (eritema, ustione) che a lungo termine (invecchiamento, tumori) acquistano generalmente rilevanza in funzione dell'estensione dell'area irraggiata che nella luce laser è normalmente molto piccola.

La radiazione dei laser che emettono nell'UV è in grado di provocare una lesione termica della congiuntiva e della cornea; solo nel caso di radiazione UV-A, invece, la radiazione laser ultravioletta può provocare danni al cristallino inducendo processi di catarattogenesi. Infatti, fino a 300 nm l'assorbitore quasi esclusivo è la cornea, mentre, tra 300 e 400 nm, assorbono la radiazione anche l'umor acqueo ed il cristallino. Per quanto riguarda la radiazione laser visibile e la radiazione appartenente all'IR-A (infrarosso vicino: 780 – 1400 nm), la retina è l'organo critico per eccellenza. Tali radiazioni vengono, infatti, focalizzate sulla retina producendo densità di potenza nel punto di fuoco enormemente più elevate di quelle incidenti a livello della cornea. Dal punto di vista del danno retinico, le proprietà di focalizzazione da parte dell'occhio della radiazione appartenente al range IR-A, rendono quest'ultima particolarmente pericolosa poiché, non dando luogo a percezione visiva, non producono da parte dell'occhio meccanismi naturali di difesa quali quelli prodotti da sorgenti ad elevata brillantezza nel visibile.

Il lontano IR si arresta invece sulla cornea.

Per la valutazione del rischio da esposizione a radiazioni laser le grandezze utilizzate sono l'irradianza E o densità di potenza e l'esposizione radiante H.

Un complesso sistema di limiti, specifico per le varie bande di lunghezza d'onda comprese tra 180nm e 3000nm, basati sui limiti ICNIRP e IEC sono riportati nella Direttiva 2006/25/CE e ripresi dall'Allegato XXXVII-Parte II del Capo V, Titolo VIII, DLgs.81/2008. I valori limite di esposizione per una lesione retinica sono fortemente influenzati sia dalla durata dell'impulso che dalla grandezza

dell'immagine sulla retina. Per tempi di esposizione molto brevi la soglia è indipendente dalle dimensioni dell'immagine retinica, in altre parole, la sorgente è considerata puntiforme. Per tempi più lunghi, a parità di flusso di energia incidente sulla cornea, una sorgente estesa è meno pericolosa di una sorgente puntiforme poiché produce densità superficiali di flusso di energia minori sul tessuto retinico.

La pelle può essere danneggiata da luce laser di qualunque lunghezza d'onda.

Anche per le radiazioni laser oltre ai rischi per la salute dovuti all'esposizione diretta esistono ulteriori rischi indiretti, quali:

- disturbi temporanei visivi, quali abbagliamento, accecamento temporaneo;
- rischi di incendio e di esplosione innescati dalle sorgenti stesse e/o dal fascio di radiazione;

e ulteriori rischi associati alle apparecchiature/lavorazioni quali stress termico, contatti con superfici calde, rischi di natura elettrica, ecc ....

Un utile approccio per la conduzione della valutazione del rischio da radiazioni laser può essere ripreso dalle norme che indirizzano alla valutazione del rischio per le radiazioni ottiche non coerenti, ma anche nella norma CEI EN 60825-1 e nelle guide per l'utilizzatore (CEI 76 fascicolo 3849R e fascicolo 3850R per le varie applicazioni) e nella norma CEI 76-6 (identica alla IEC 60825-8) fascicolo 5928 sulle problematiche nelle applicazioni mediche.

## 8.7 - RADIAZIONI IONIZZANTI

La porzione di spettro elettromagnetico che va dai 10 nm ( $10^{-9}$  m) ai 100 fm ( $10^{-15}$  m) ed oltre viene definita radiazione ionizzante per la sua capacità di ionizzare la materia (strappare uno o più elettroni agli atomi o alle molecole). Oltre alla radiazione di questo tipo vi è anche una radiazione corpuscolare (alfa, beta, neutroni, etc.) che ha lo stesso effetto ionizzante, ma non appartiene allo spettro elettromagnetico. Queste radiazioni possono essere naturali, comprendendo tra queste la radiazione cosmica (che proviene dallo spazio ed è prodotta dal sole, dalle stelle e dagli altri oggetti cosmici), oppure prodotte artificialmente dall'uomo (acceleratori e reattori nucleari).

I nuclei atomici stabili presenti in natura hanno ben definiti valori del rapporto neutroni/protoni. I nuclei di quegli isotopi che non ricadono in tali condizioni di stabilità tendono a raggiungerle con processi detti decadimenti radioattivi (decadimenti beta meno, beta più e alfa; cattura elettronica; fissione spontanea); gli isotopi instabili sono quindi detti radioattivi.

Il decadimento temporale di tutte le sostanze radioattive è governato da una legge di tipo esponenziale. Il rateo di decadimento di una sorgente radioattiva viene detto "attività", grandezza che ha come unità di misura il bequerel (Bq; vale 1 disintegrazione al secondo). Frequentemente, i decadimenti lasciano poi il nucleo in uno stato eccitato e questa energia in eccesso o determina nuovi decadimenti ovvero, in tempi più o meno brevi, viene emessa come radiazione elettromagnetica di lunghezza d'onda molto piccola (emissione gamma) oppure ceduta ad un elettrone orbitale (conversione interna).

Le particelle "alfa" e "beta", i neutroni e le radiazioni elettromagnetiche (dette X se provengono da elettroni orbitali, dette "gamma" se generate nel nucleo), hanno

normalmente energie in grado di produrre ionizzazione.

La proprietà di ionizzare atomi e molecole è sempre stato considerato il più importante aspetto del carattere nocivo di queste radiazioni. La ionizzazione può causare nel corpo umano fenomeni quali la rottura di catene molecolari, con formazione di radicali liberi che portano a lesioni osservabili sia a livello cellulare sia a livello dell'organismo, con conseguenti alterazioni funzionali e morfologiche. Queste alterazioni strutturali possono anche provocare, per scomparsa di certe funzioni essenziali, la morte immediata o ritardata della cellula.

In generale, il danno biologico prodotto dipende dal tipo e dalla energia della radiazione, dalla durata e dal rateo dell'esposizione, dall'organo del corpo irraggiato, dall'età e dalle condizioni di salute della persona esposta.

Sommariamente, si rileva che le particelle "alfa" producono una forte ionizzazione primaria, pertanto si fermano negli strati superficiali della cute e sono pericolose solo per ingestione, inalazione o penetrazione transcutanea (contaminazione interna); i raggi "gamma", invece, possono penetrare nel corpo ed ivi depositare la loro energia o parte di essa; quelli emessi entro il corpo (dovuti all'introduzione di elementi radioattivi che emettono radiazione gamma) perderanno nell'attraversarlo solo una parte della loro energia. Le particelle "beta", in una condizione intermedia, rappresentano un pericolo sia nella contaminazione interna sia nell'irraggiamento esterno specialmente per quegli organi che si trovano in posizione superficiale (ad es. l'occhio).

L'esposizione a neutroni termici (di bassa energia) è estremamente dannosa poiché essi possono provocare reazioni che rendono radioattivi i componenti chimici dei tessuti che attraversano, mentre i neutroni veloci (di alta energia) sono dannosi perché per urto con nuclei di idrogeno producono protoni di rinculo che hanno forti proprietà ionizzanti.

L'uomo è da sempre esposto a campi di radiazioni ionizzanti: la Terra è infatti costantemente investita da fasci di particelle di tutti i tipi (radiazione cosmica) cui va a sommarsi l'irraggiamento continuo e non trascurabile dovuto alla presenza nella materia di percentuali di elementi radioattivi, determinando la cosiddetta radiazione di fondo.

In tempi recenti, il progresso della ricerca e dell'industria ha introdotto nuove fonti di irraggiamento, definite artificiali poiché prodotte dall'uomo attraverso l'uso di macchine. Attualmente, l'esposizione a radiazioni ionizzanti per motivi professionali e, molto più sensibilmente, per scopi sanitari (diagnostica e terapia) costituisce una fonte di irraggiamento della popolazione confrontabile con la radiazione di fondo.

Le radiazioni ionizzanti possono colpire un organismo vivente per irradiazione esterna o per contaminazione interna (inalazione, ingestione, assorbimento cutaneo, introduzione parenterale). Il danno biologico può riguardare l'organismo stesso dell'individuo (danno somatico), o modificare i caratteri genetici dell'organismo o della sua discendenza (danno genetico). Mentre il danno somatico (danno deterministico) si presenta come una sindrome a soglia di pronta insorgenza (ore o settimane) la cui gravità è proporzionale alla dose assorbita, il danno genetico (danno stocastico) ha una insorgenza dilazionata anche di alcuni anni ed una gravità elevata indipendentemente dalla dose assorbita. Il danno somatico si presenta come

sindrome da radiazioni che può portare alla morte; mentre il danno genetico può indurre tumori, leucemie e/o malformazioni della progenie.

Il problema dell'azione mutagena delle radiazioni è complesso, ma può essere sintetizzato dicendo che:

- ◆ il numero delle mutazioni indotte è proporzionale alla dose di radiazione assorbita;
- ◆ radiazioni diverse hanno effetti comparabili tramite fattori di peso della radiazione;
- ◆ gli effetti di piccole dosi di radiazioni si sommano;
- ◆ l'esistenza di una dose-soglia non è stata dimostrata ed è cautelativamente supposta pari a zero (relazione dose-effetto lineare senza soglia).

La radioprotezione riguarda tutte le attività che espongono in qualsiasi modo a radiazioni ionizzanti e si divide in due aspetti: quella inerente alle pratiche (le attività che possono innalzare la dose assorbita dall'individuo rispetto al fondo naturale in assenza di situazione di emergenza) e quella inerente agli interventi (dove l'azione è volta a ridurre la dose agli individui derivante da una situazione di emergenza). Per fare questo la radioprotezione si basa su tre principi fondamentali: il principio di giustificazione, il principio di ottimizzazione ed il principio di limitazione delle dosi. Il primo di questi principi sancisce l'obbligo, per chi intende iniziare a lavorare con le radiazioni ionizzanti a qualsiasi fine, di valutare i vantaggi ed i rischi connessi con tale attività e di iniziarla solo se i vantaggi superano i rischi. Il principio di ottimizzazione afferma che le dosi devono essere le minime compatibili con l'ottenimento dell'effetto desiderato, mentre il terzo principio pone dei limiti alle dosi individuali. Tali limiti sono stati studiati in modo da escludere il danno deterministico e di ridurre il rischio di danno stocastico al di sotto di quello derivante dall'esposizione al fondo naturale.

Le grandezze fisiche usate in radioprotezione per implementare i tre principi sopra descritti sono essenzialmente l'*esposizione*, che stima la quantità di ionizzazione (ossia di carica elettrica libera) prodotta in aria dai raggi x e "gamma" (si esprime in C/kg) e la *dose assorbita*, con unità il Gray (Gy), che misura la quantità di energia depositata per unità di massa nel materiale assorbente. Vi sono, inoltre, delle grandezze radioprotezionistiche che servono a descrivere il danno biologico che consegue all'assorbimento di determinate dosi. Poiché l'effetto biologico della radiazione dipende anche dal tipo di radiazione e dalle condizioni di irradiazione, è stato introdotto il concetto di *dose equivalente*, espresso in Sievert (Sv), definito come il prodotto della dose assorbita per un fattore correttivo che tiene conto della radiazione, detto fattore di ponderazione  $w_R$  (per la radiazione elettromagnetica, così come per gli elettroni, tale fattore è pari ad 1, pertanto l'equivalente di dose coincide numericamente con la dose assorbita). Per tenere conto anche della differente radiosensibilità dei vari organi o tessuti si è introdotto il concetto di *dose efficace* [Sievert; (Sv)], descrittore ottenuto sommando i contributi di tutti i tessuti ed organi irradiati a loro volta ricavati moltiplicando la dose equivalente ricevuta dall'organo per un fattore di ponderazione proprio dell'organo stesso.

Anche per questo fattore di rischio si rileva pertanto la coesistenza di due grandezze di tipo diverso: grandezze fisiche di misura della radiazione ionizzante e grandezze

radioprotezionistiche di valutazione e previsione del rischio radiologico.

L'esposizione a radiazioni ionizzanti (professionale e non) è regolamentata da un complesso di dispositivi legislativi attualmente riconducibile in primo luogo al DLgs.230/95 come modificato ed integrato dai decreti legislativi 241/00, 187/00 e 257/01. I nuovi limiti di dose, cioè i valori limite stabiliti dalla legge e dalle raccomandazioni internazionali per assicurare una protezione adeguata degli individui esposti alle radiazioni, fanno riferimento alla dose equivalente ed alla dose efficace e si misurano in Sievert (Sv).

La protezione dalle radiazioni naturali, prevista nel DLgs.241/00, percorre due strade: la protezione del personale di volo e la protezione del lavoro in sotterraneo o con materiali contenenti un valore di radioattività maggiore del normale. Questo per garantire un'adeguata difesa sia dalla radiazione cosmica che da quella della crosta terrestre (radon e radionuclidi primordiali) che si sviluppa soprattutto negli ambienti sotterranei e confinati.

## **8.8 - CLIMA E MICROCLIMA**

Il clima è la risultante di quei fattori meteorologici (temperatura, ventilazione, umidità, pressione barometrica, radiazioni solari ecc.) che concorrono a determinare uno degli aspetti più importanti dell'ambiente in cui viviamo. Il clima ha infatti una influenza decisiva su tutte le forme di vita della terra ed in particolare incide sull'uomo condizionandone le abitudini, i costumi, l'alimentazione, il lavoro, lo stato di benessere e di salute, la morbilità e cioè l'epidemiologia delle malattie.

Si definisce "microclima" il complesso dei parametri fisici ambientali che caratterizzano l'ambiente locale (ma non necessariamente confinato) e che, assieme a parametri individuali quali l'attività metabolica e l'abbigliamento, determinano gli scambi termici fra l'ambiente stesso e gli individui che vi operano

Con il termine microclima ci si riferisce quindi alle caratteristiche fisiche di zone spaziali circoscritte, sia al chiuso che all'aperto, adibite a luoghi di vita o di lavoro. Nelle prime sarà più facile incidere sulle condizioni ambientali utilizzando mezzi tecnici disponibili, nelle seconde si opererà più tipicamente modificando la protezione (l'isolamento) dell'individuo o regolando i tempi di esposizione.

Il problema del microclima si pone con particolare inclemenza in alcuni settori dell'industria, ove le caratteristiche del lay-out impongono ai lavoratori condizioni tali da impegnare i meccanismi di adattamento e di accomodazione ai limiti delle possibilità fisiologiche, ma spesso riguarda anche situazioni che derivano da cattiva progettazione, incuria, inesistente o maldestra concezione del risparmio energetico a danno del comfort e della salute dei lavoratori.

Gli ambienti termici nei quali specifiche ed ineludibili esigenze produttive (contiguità a forni ceramici o fusori, accesso a celle frigo o in ambienti legati al ciclo alimentare del freddo, ...) o condizioni climatiche esterne in lavorazioni effettuate all'aperto (in agricoltura, in edilizia, nei cantieri di cava, nelle opere di realizzazione e manutenzione delle strade ...) richiedono/determinano la presenza di parametri termoisometrici stressanti vanno definiti "vincolati" e per essi valgono le norme degli ambienti "severi".

Negli altri casi, nei quali è comunque sempre perseguibile l'ottenimento del comfort

termoigrometrico, si parla di ambienti “moderabili” e per essi valgono le norme degli ambienti “moderati”.

L'uomo è un animale omeotermo nel quale, cioè, la temperatura corporea rimane relativamente costante, in condizioni fisiologiche, malgrado le ampie variazioni climatiche. Quando si parla di temperatura corporea è tuttavia necessario fare una distinzione tra la temperatura interna (o del nucleo) e la temperatura cutanea: solo la prima può ritenersi relativamente costante, mentre la seconda varia sensibilmente da un distretto cutaneo all'altro e muta anche nello stesso distretto in rapporto alle condizioni ambientali ed alle esigenze fisiologiche.

La temperatura interna del corpo può essere mantenuta costante solo se esiste un equilibrio tra il calore generato internamente e quello ceduto/assorbito nei confronti dell'ambiente circostante. Nell'uomo equilibrio termico è garantito dall'ipotalamo, a partire da informazioni relative alla temperatura corporea ricevute dai ricettori sensibili sia al caldo che al freddo. In presenza di un discostamento dalle condizioni di comfort termico vengono attivate una sequenza di procedure per lo smaltimento del calore in eccesso (aumento della circolazione sanguigna, sudorazione), o per la produzione di ulteriore calore (brividi, aumento del tono muscolare, attività).

Un eccessivo discostamento dei valori della temperatura del nucleo dalla condizione di neutralità può indurre o colpo di calore o fenomeni di assideramento, ed all'estremo la morte. Oltre alle condizioni ambientali, sul bilancio termico hanno influenza la resistenza termica dei vestiti indossati, l'acclimatazione, l'alimentazione, l'attività fisica.

Per la valutazione del rischio si ricorre ad indici distinti per ambienti severi caldi o freddi: al primo tipo di ambienti fanno riferimento il WBGT (UNI EN 27243:1996) e la procedura PHS (procedura più dettagliata, analitica e recente, introdotta dalla UNI EN ISO 7933:2005, che consente il calcolo del  $D_{lim}$ , il tempo massimo di esposizione); per il secondo tipo di ambienti si ricorre (come da UNI-EN-ISO 11079:2008) alla determinazione dell'indice IREQ (isolamento dell'abbigliamento richiesto) per confronto con  $I_{cl}$  come indice del raffreddamento globale e alla determinazione del  $t_{wC}$  come indice del raffreddamento localizzato

Dal punto di vista igienistico, il confort termico viene valutato sulla base di 6 parametri denominati temperatura dell'aria, temperatura media radiante, velocità dell'aria, umidità relativa, metabolismo energetico e resistenza termica del vestiario. Il tema è abbastanza complesso ed anche i criteri normati (indici di Fanger: PMV e PPD come indici di discomfort generale e PD per correnti d'aria, differenza verticale di temperatura, temperatura del pavimento e asimmetria radiante come indici di discomfort localizzato; vedi UNI EN ISO 7730:2006) ammettono una variabilità individuale che fa sì che in un gruppo di esposti a stesse condizioni climatiche non si possa in assoluto identificare una situazione ideale, valida per tutti. Non è comunque possibile individuare criteri migliori dato che, la sensazione di benessere termico è estremamente soggettiva e variabile, in relazione alle condizioni psicofisiche del soggetto esposto. Il malessere provocato da cattive condizioni microclimatiche può essere, inoltre, causa di una riduzione della percezione di altri fattori di rischio, anche diversi da quelli legati ad agenti fisici, e ciò può favorire varie tipologie di incidenti.

***RINGRAZIAMENTI***

Ringrazio tutti coloro che negli anni precedenti mi hanno aiutato a tener vivo, arricchire ed aggiornare il testo di base e, relativamente a questa stesura:

- Riccardo Di Liberto, Policlinico San Matteo di Pavia
  - Paolo Lenzuni, INAIL-Firenze
  - Pietro Nataletti, INAIL-Monteporzio Catone (Roma)
  - Paolo Rossi, INAIL-Monteporzio Catone (Roma)
  - Sandro Sandri, ENEA ION-IRP – Frascati (Roma)
- per la preziosa opera di supervisione.

## La biblioteca di

- **dB A'85 Il rumore industriale** - Prevenzione e bonifica in ambiente di lavoro.  
Atti del Convegno di Modena del 14, 15 e 16 febbraio 1985
  - Epidemiologia del danno uditivi,
  - Effetti uditivi ed extrauditivi, aspetti medico-legali
  - Metrologia e normative tecniche, teoria ed esempi di bonifiche
  - Legislazione
- **dB A'90 Rumore e vibrazioni** - Valutazione, prevenzione e bonifica  
Atti del Convegno di Bologna e Modena del 20, 21, 22 e 23 novembre 1990
  - Vibrazioni trasmesse al corpo e al sistema mano-braccio
  - Mappe di rumore, Metrologia, Bonifiche
  - Effetti biologici e aspetti medico-legali
  - Normativa e legislazione
- **dB A'94 Rumore e vibrazioni** - Valutazione, prevenzione e bonifica in ambiente di lavoro  
Atti del Convegno di Modena del 20, 21 e 22 ottobre 1994
  - Aggiornamento scientifico e tecnico
  - Valutazione, Vigilanza e controllo, Riduzione del rischio
  - Macchine, ambienti, previsione del rumore
  - Aspetti giuridici ed assicurativi; D.Lgs.277/91 e testi interpretativi
- **dB A'98 Dal rumore ai rischi fisici** - Valutazione, prevenzione e bonifica in ambiente di lavoro  
Atti del Convegno di Modena del 17, 18 e 19 ottobre 1998
  - Rumore e ultrasuoni, Vibrazioni e microclima, Radiazioni ionizzanti, ottiche e laser, Radiofrequenze, microonde, ELF
  - Aspetti giuridici ed assicurativi
- **dB A<sub>incontri</sub>'99 Rumore e vibrazioni negli ambienti di lavoro** - Dalla valutazione alla bonifica  
Atti del Seminario di Modena del 23 settembre 1999
  - Valutazione
  - Bonifica
- **dB A<sub>incontri</sub>2000 Rumore e vibrazioni** - Linee Guida per la corretta applicazione della legislazione negli ambienti di lavoro  
Atti del Seminario di Modena del 20 settembre 2000
  - Descrittori del rischio, Rapporto dose/effetti
  - Linee Guida per la Valutazione
  - Linee Guida per l'applicazione della legislazione



- **dBA'02 Rumore, vibrazioni, microclima, illuminazione, onde elettromagnetiche** - Valutazione, prevenzione e bonifica negli ambienti di lavoro  
 Atti del Convegno di Modena del 25, 26 e 27 settembre 2002

  - Legislazione e normativa, Effetti sulla salute, Valutazione e metrologia
  - Prevenzione dei rischi, Dispositivi individuali di protezione
  - Sorveglianza sanitaria, Informazione e formazione
  - Protocolli di prevenzione
  
- **dBA<sub>incontri</sub>2003 Metodologie e interventi tecnici per la riduzione del rumore negli ambienti di lavoro** – Verso un Manuale di buona pratica  
 Atti del Seminario di Modena del 16 ottobre 2003

  - Dalla valutazione alla riduzione del rischio, Criteri di progettazione, Requisiti acustici dei luoghi di lavoro, Criteri da utilizzare in fase d'acquisto, Tecniche e soluzioni di bonifica, Norme di collaudo
  - Schede di approfondimento
  - Banche-dati di norme, materiali, realizzazioni
  
- **dBA<sub>incontri</sub>2004 - Vibrazioni** - Valutazione e prevenzione del rischio da vibrazioni nel quadro legislativo attuale e in quello in divenire  
 Atti del Convegno di Modena del 13 ottobre 2004

  - Valutazione con misurazioni e con banche dati
  - Riduzione del rischio nelle nuove attrezzature, DPI
  - Sorveglianza sanitaria, La valutazione del danno
  - Recepimento della Direttiva 2002/44/CE
  
- **dBA<sub>incontri</sub>2004 - Microclima** - Valutazione, prevenzione e protezione dai rischi e comfort nei luoghi di lavoro  
 Atti del Convegno di Modena del 14 ottobre 2004

  - Comfort e stress termico, Ambienti moderati, severi caldi e freddi
  - Valutazione e misurazione del rischio e del comfort
  - Edifici e contenimento energetico
  - Requisiti e standard termo-igrometrici
  - Prevenzione e protezione dei lavoratori, Sorveglianza sanitaria
  - I compiti di datore di lavoro, progettista, consulente, medico del lavoro
  
- **dBA<sub>incontri</sub>2005 – Microclima, aerazione e illuminazione nei luoghi di lavoro**  
 - Verso un Manuale di buona pratica  
 Atti del Convegno di Bologna del 14 settembre 2005

  - Ambienti termici moderati e severi
  - Qualità dell'aria indoor, aerazione e ventilazione
  - Illuminazione naturale, artificiale e d'emergenza
  - Requisiti e standard progettuali nei NIP, Valutazione del rischio, DPI, sorveglianza sanitaria, L'impiantistica, la manutenzione
  - Aggiornamento normativo e contributi

- **dba'06 Rumore, vibrazioni, microclima, campi elettromagnetici, radiazioni ottiche e ionizzanti** - Valutazione, prevenzione e bonifica negli ambienti di lavoro  
 Atti del Convegno di Modena del 12 e 13 ottobre 2006  
*Volume 1: Rumore e vibrazioni*  
*Volume 2: Microclima*  
*Volume 3: Campi elettromagnetici, radiazioni ottiche e ionizzanti*

  - Aggiornamento normativo
  - Esperienze e approfondimenti
  - Protocolli di prevenzione e di vigilanza
  
- **dba<sub>incontri</sub>2008 – Titolo VIII del DLgs.81/2008** – Prevenzione e protezione dagli agenti fisici nei luoghi di lavoro: facciamo il punto  
 Atti del Convegno di Modena del 9 ottobre 2008

  - DLgs.81/2008: aggiornamento normativo
  - approfondimenti
  - contributi
  - indicazioni applicative
  - protocolli di misura
  
- **dba<sub>incontri</sub>2009 – Interventi per la riduzione del rischio rumore.**  
 Legislazione, normativa, tecnologie, esperienze  
 Atti del Convegno di Modena del 24 settembre 2009

  - DLgs.81/2008 e giurisprudenza
  - Il PARE
  - Esempi di interventi in diversi settori produttivi
  - Soluzioni a basso costo
  - Il punto sul controllo attivo
  - I DPI uditivi: efficienza, efficacia, uso corretto
  - Manuale di buona pratica
  
- **dba'10 Rischi Fisici: valutazione, prevenzione e bonifica nei luoghi di lavoro.** A che punto siamo  
 Atti del Convegno di Modena del 6 e 7 ottobre 2010

  - Rischi Fisici e DLgs.81/2008.
  - Rumore e Ultrasuoni
  - Vibrazioni, Microclima, Atmosfere iperbariche
  - CEM, Radiazioni Ottiche e Ionizzanti
  - Le Indicazioni Operative delle Regioni
  - Responsabilità individuali e aziendali



## Altre Pubblicazioni

### Collana RisCh

**RisCh 2010 – Le sostanze pericolose nei luoghi di lavoro.** Individuazione del pericolo, Regolamenti REACH e CLP, Scheda Dati di Sicurezza, Valutazione del rischio da agenti chimici pericolosi, cancerogeni e mutageni (2010)

**RisCh 2008 – Sostanze pericolose:** agenti chimici pericolosi, cancerogeni, mutageni e l'amianto (2008)

**RisCh 2006 – Il rischio chimico nei luoghi di lavoro:** identificazione, misurazione, valutazione, prevenzione e protezione, sorveglianza sanitaria, esperienze ed approfondimenti (2006)

**RisCh 2005 – Sostanze e preparati pericolosi per la salute e la sicurezza dei lavoratori.** Classificazione ed autotrasmissione, etichettatura di pericolo e scheda di sicurezza, valutazione del pericolo e del rischio, aspetti critici ed innovativi. Il caso della silice libera cristallina (2005)

**RisCh 2004 – Agenti cancerogeni, mutageni e chimici pericolosi:** l'applicazione dei Titoli VII e VII-bis DLgs.626/94, l'assistenza e la collaborazione con le parti sociali, la vigilanza e il controllo (2004)

**RisCh-Bitume Il rischio da agenti chimici nella produzione e messa in opera dei conglomerati bituminosi** (2004)

**RisCh-La valutazione del rischio e dell'esposizione ad Agenti Chimici Pericolosi** (2003)

**RisCh-Prevenzione e Protezione da Agenti Chimici Pericolosi.** Le novità del D.Lgs.25/02, la valutazione e la giustificazione del rischio, le misurazioni e la sorveglianza sanitaria (2002)

**RisCh-Prevenzione e Protezione da Agenti Cancerogeni e Mutageni.** Le novità del D.Lgs.66/2000, la valutazione dell'esposizione, la sostituzione e i protocolli di prevenzione (2001)

**RisCh'Alt-Prodotti chimici e tecnologie alternative all'impiego delle sostanze pericolose:** formulazioni e tecnologie meno pericolose per l'uomo e l'ambiente, le schede informative in materia di salute, sicurezza e ambiente (2000)

**RisCh'Amb-La produzione compatibile con l'ambiente di vita e di lavoro:** approfondimenti sul D.Lgs. 626/94, gestione dei rischi ambientali, assicurazione dell'ambiente (1999)

**RisCh'dpi-I dispositivi di protezione individuale delle vie respiratorie:** aspetti normativi ed applicativi, linee guida e criteri per la scelta e l'uso, stato di applicazione del Titolo IV D.Lgs. 626/94 (1999)

**RisCh'flr-I fluidi lubrorefrigeranti nelle lavorazioni meccaniche:** Fattori di rischio - Misure di sicurezza ed igiene del lavoro - Tutela dell'ambiente (1998)

**RisCh'SP-Le sostanze pericolose per l'uomo e per l'ambiente:** identificazione dei pericoli, valutazione dei rischi, classificazione, obbligo di ricerca, imballaggio ed etichettatura, scheda di dati di sicurezza, vigilanza e controlli (1998)

**RisCh'96-Il rischio chimico negli ambienti di lavoro:** identificazione, misurazione, valutazione, prevenzione e protezione (1996)

## **Collana SICUREZZA**

**SICUREZZA 2010 – Attrezzature di lavoro e Direttive Comunitarie.** Applicazione dei RES e conformità delle attrezzature (2010)

**SICUREZZA 2008 – La nuova organizzazione della sicurezza.** I sistemi della gestione della sicurezza ed i lavori in appalto (2008)

**SICUREZZA 2006 – Procedure di sicurezza.** Progettazione e applicazione (2006)

**SICUREZZA 2005 – Lavori in quota.** Apprestamenti di sicurezza e DPI (2005)

**SICUREZZA 2004 – Atmosfere esplosive: la valutazione e la gestione del rischio negli ambienti di lavoro** (2004)

**SICUREZZA 2003 – Sei anni di coordinamento nei cantieri temporanei e mobili** (2003)

**SICUREZZA 2002 - Dall'eliminazione del pericolo alla gestione del rischio.** La sicurezza degli ambienti di lavoro, degli impianti, delle macchine (2002)

## Collana ASL incontri

**ASL incontri-Esposizione professionale a silice libera cristallina.** Attuali livelli di esposizione e modelli di intervento per la riduzione del rischio. Ruolo della sorveglianza sanitaria tra obblighi di legge e efficacia preventiva (2008)

**ASL incontri-Strutture sanitarie.** La sicurezza degli operatori e dei pazienti (2004)

**ASL incontri-Promozione della qualità in medicina del Lavoro.** Orientamenti e Linee Guida per l'attività del medico competente (2002)

**NIP 2001-Nuovi Insediamenti Produttivi. Requisiti e standard prestazionali degli edifici destinati a luoghi di lavoro.** Responsabilità del progettista. Sportello Unico per le Imprese. Requisiti d'uso, strutturali e di sicurezza. Requisiti igienistici e ambientali. Regolamento edilizio tipo (2001)

**DPI 2000-II ruolo dei Dispositivi di Protezione Individuali nell'ambito della Prevenzione.** Prevenzione e DPI. Protezione da rumore e vibrazioni. Protezione degli occhi, delle vie respiratorie, degli arti superiori, del corpo. Protezione contro le cadute. Protezione del capo e dei piedi. Protezione antincendio e d'emergenza. Protezione in ambito sanitario. Aspetti critici ed obiettivi (2000)

**ASL incontri-La smaltatura dei metalli.** Principali rischi per la salute. Indicazioni di prevenzione (2000)

**Mmc-La movimentazione manuale degli ospiti nei servizi socio-assistenziali.** Valutazione del rischio. Orientamenti per la prevenzione (1999)



**Rischi fisici:  
valutazione, prevenzione e protezione  
nei luoghi di lavoro.  
A che punto siamo**

**Convegno Nazionale**  
*con il contributo di:*



Via Botticelli 151, Torino  
[WWW.IECTORINO.COM](http://WWW.IECTORINO.COM)



C.so Trapani, 25 Torino  
[WWW.CSAO.IT](http://WWW.CSAO.IT)



1980 - 2010

Da trent'anni al servizio  
dell'uomo e del suo ambiente



Centro SIT n° 54  
Organismo notificato n° 495  
Laboratorio altamente qualificato (D.M. 27.11.2002)  
Centro di Formazione accreditato Reg. Piemonte n° 889/001

10154 - TORINO (Italy)  
Via S. Botticelli, 151  
Tel. 011-2425353 - Telefax 011-2425200  
e-mail [iec@iectorino.com](mailto:iec@iectorino.com) - [www.iectorino.it](http://www.iectorino.it)







## A che punto siamo

- Rischi Fisici e D.Lgs.81/2008
- Rumore e Ultrasuoni
- Vibrazioni, Microclima, Atmosfere iperbariche
- CEM, Radiazioni Ottiche e Ionizzanti
- Le Indicazioni operative delle Regioni
- Responsabilità individuali e aziendali

In collaborazione con



COORDINAMENTO  
TECNICO  
INTERREGIONALE  
DELLA PREVENZIONE  
NEI LUOGHI DI LAVORO



ASSESSORATO POLITICHE PER LA SALUTE  
Comitato Regionale di Coordinamento art.7. D.Lgs.81/08  
Ufficio operativo

