

BA 2025

**Esperienze di valutazione del rischio da
agenti fisici nei luoghi di lavoro**

Atti a cura di:

**Domenico Acchiappati, Andrea Bogi,
Silvia Goldoni, Angelo Tirabasso**

Bologna, 12 giugno 2025





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.

<https://www.ausl.mo.it/azienda/dipartimenti-territoriali/dipartimento-sanita-pubblica/servizio-prevenzione-sicurezza-ambienti-lavoro/sicurezza-e-assistenza/dba/>

d-BA2025

Esperienze di valutazione del rischio da agenti fisici nei luoghi di lavoro

Convegno Nazionale promosso da:



In collaborazione con:

Nell'ambito del Salone
della Salute e Sicurezza
nei luoghi di lavoro
BOLOGNA



Bologna, 12 giugno 2025

Atti a cura di:

Domenico Acchiappati, Andrea Bogi, Silvia Goldoni e Angelo Tirabasso

Indice generale

RELAZIONI

NUOVE SORGENTI DI ROA: UNA ESPERIENZA DI BONIFICA DI UNA SALDATRICE LASER

Matteo Cavalli - Audioplus servizi snc

Andrea Bogi - Azienda USL Toscana Sud-Est

pag. 1

LA BONIFICA ACUSTICA DI AMBIENTE A "BASSO" RUMORE

Nicola Stacchini, Andrea Bogi - Azienda USL Toscana Sud-Est

pag. 9

LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA RADIAZIONI OTTICHE ARTIFICIALI IN AMBITO ODONTOIATRICO: L'UTILIZZO DEL LASER

Valerio Carosi - AT Associati

pag. 23

APPLICAZIONE DEI PROTOCOLLI OPERATIVI E DEL CALCOLATORE DI DOSE PRESENTI NEL PAF A CASI STUDIO RELATIVI ALL'INDUSTRIA DELLO ZIRCONIO E DELLO ZIRCONIO

Francesca Duchi - Dipartimento di ingegneria aeronautica, elettrica ed energetica dell'Università Sapienza di Roma

Federica Leonardi, Rosabianca Trevisi - INAIL DiMEILA

pag. 29

ATMOSFERE IPERBARICHE: INDICAZIONI OPERATIVE DEL GRUPPO AGENTI FISICI DEL COORDINAMENTO TECNICO INTERREGIONALE DELLA PREVENZIONE NEI LUOGHI DI LAVORO

Floriana Sacco, Enrico Marchetti – INAIL DiMEILA

Andrea Bogi - Azienda USL Toscana Sud-Est

pag. 45

RADIAZIONI NON IONIZZANTI IN ESTETICA

Laura Filosa - Consulenza tecnica per la salute e la sicurezza centrale INAIL

Vanni Lopresto - Direzione centrale infrastrutture e servizio ENEA

pag. 65

VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE AI CAMPI
ELETTROMAGNETICI GENERATI DA UN RADAR PER
L'OSSERVAZIONE METEOROLOGICA E MISURE PER LA
RIDUZIONE DEL RISCHIO PER I LAVORATORI

Vanni Lopresto - Direzione centrale infrastrutture e servizio ENEA - Centro
ricerche Casaccia, Roma

pag. 73

STUDIO PREVISIONALE DELL' IMPATTO ACUSTICO E INTERVENTI
DI MITIGAZIONE DEL RUMORE SVOLTO PRESSO LA SEDE INAIL DI
AREZZO A SEGUITO DI INSTALLAZIONE DI IMPIANTO DI
CLIMATIZZAZIONE CENTRALIZZATO

Massimiliano Faiella, Augusto Papa e Viviana Vosa - INAIL UOT CVR
Napoli

pag. 81

APPARATO RESPIRATORIO E IMMERSIONE SUBACQUEA

Maurizio Schiavon, Specialista in Medicina dello Sport, Medical Examiner of
Divers Level 1

Daniela Pignini, Enrico Marchetti, Maria Concetta D'Ovidio - INAIL
DiMEILA

pag. 91

STATO DELLA RICERCA SUL LAVORO IN AMBIENTI DI LAVORO
CALDI

Raffaella Modestino, Michele del Gaudio - INAIL UOT CVR di Avellino
Patrizia De Cillis Inail DIT Sezione Tecnico Scientifica III Trasferibilità delle
attività di innovazione tecnologica e terza missione

pag. 95

IL MICROCLIMA IN AMBIENTI DI LAVORO SOTTERRANEI

Michele del Gaudio - INAIL Unità operativa territoriale CVR Avellino

pag. 103

UNA PIATTAFORMA DIGITALE INTERATTIVA E UNA
TECNOLOGIA DI REALTÀ AUMENTATA: CONFRONTO TRA
APPLICAZIONI NEI CONTESTI DI FORMAZIONE E DI INTERVISTA
A LAVORATORI CON DISABILITÀ

Raffaele D'Angelo - CTSS INAIL, Napoli

Gennaro Bufalo, Francesco Carbone, Francesca Massa, Andrea Tarallo,
Antonio Lanzotti - IDEAS Università degli Studi di Napoli Federico II

pag. 109

La biblioteca di  & altre Pubblicazioni

pag. 117

NUOVE SORGENTI DI ROA: ESPERIENZA DI BONIFICA DI UNA SALDATRICE LASER

Matteo Cavalli (1), Andrea Bogi (2)

1) AUDIOPLUS SERVIZI S.N.C.

2) AZIENDA USL TOSCANA SUD-EST

INTRODUZIONE

L'esperienza descritta nasce da una richiesta di aggiornamento del Documento di Valutazione dei Rischi (DVR) presso la società PICHLER Projects Srl, operante nel settore della progettazione e costruzione di strutture metalliche complesse. Durante l'analisi preliminare e il sopralluogo tecnico, è emersa la presenza di un'apparecchiatura laser impiegata nelle operazioni di saldatura, la cui potenza e caratteristiche hanno reso necessario un immediato approfondimento ai fini della sicurezza e della valutazione del rischio da radiazioni ottiche artificiali (ROA).

Il caso rappresenta un esempio significativo di come l'introduzione di nuove tecnologie laser nei contesti industriali, in assenza di un'adeguata caratterizzazione e di misure di contenimento, possa generare rischi rilevanti per la salute dei lavoratori e per la sicurezza ambientale.

CONTESTO AZIENDALE

La PICHLER Projects Srl, con sede operativa a Bolzano, integra uffici tecnici, aree produttive e logistiche all'interno di una struttura complessa, con oltre 250 dipendenti e una capacità produttiva annua di circa 25.000 tonnellate di acciaio e 70.000 m² di facciate metalliche e vetrate. La società realizza opere di alto profilo tecnologico, incluse facciate continue e strutture acciaio-vetro. L'attività di saldatura rappresenta una fase critica del processo produttivo e viene eseguita sia mediante saldatura tradizionale che con sistemi laser di ultima generazione.

IDENTIFICAZIONE E VALUTAZIONE PRELIMINARE DEL RISCHIO

L'indagine è stata avviata con una valutazione preliminare dell'attrezzatura, comprensiva di ispezione visiva, colloquio con l'operatore e verifica documentale. Fin dalle prime fasi sono stati rilevati elementi di allarme:

- segnaletica di sicurezza riportante l'obbligo di indossare occhiali protettivi in lingua inglese e cinese ma non in italiano;



- eccesso di facilità di utilizzo della macchina, con comandi intuitivi e immediatamente accessibili;



- rischio di innesco involontario del fascio laser in assenza di adeguati interblocchi di sicurezza.



L'apparecchiatura è risultata priva di sistemi di blocco automatico integrati all'apertura della porta del locale e non dotata di barriere fisiche o schermature, elementi che hanno motivato la sospensione temporanea dell'attività.

CARATTERIZZAZIONE TECNICA DELLA SORGENTE LASER

La macchina è stata identificata come una saldatrice laser a fibra, operante a una lunghezza d'onda di 1080 nm e con una potenza di 2000 W. Il costruttore classifica l'apparecchiatura in CLASSE 4 ai sensi della norma CEI EN 60825-1, cioè appartenente alla categoria di rischio più elevata, potenzialmente in grado di causare danni oculari irreversibili, ustioni cutanee e innesco di incendi.

Tale classificazione comporta obblighi da parte del produttore per soddisfare la conformità alla norma di prodotto che, nel caso dei laser, si occupa non solo delle caratteristiche del macchinario e del manuale d'uso e manutenzione, ma fornisce precise indicazioni anche sull'ambiente e le modalità di utilizzo. In particolare, è necessario utilizzare il sistema laser in una Zona Laser Controllata, cioè un ambiente in cui valgono precise indicazioni per l'utilizzo in sicurezza e realizzato in modo tale da confinare il rischio al suo interno.



Durante la caratterizzazione, sono stati verificati i dispositivi di protezione individuale in uso, che comprendevano occhiali marcati 1064 nm OD4+ e 860–1300 nm OD8+, idonei alla protezione specifica per la lunghezza d'onda impiegata.

Il calcolo della Distanza Nominale di Pericolo Oculare (DNPO), definita come la distanza oltre la quale l'esposizione al fascio diretto non supera l'esposizione massima permessa (EMP), ha fornito i seguenti risultati:

- esposizione diretta: 137,2 m
- esposizione speculare: 30,4 m
- esposizione diffusa: 1,54 m

Questi valori hanno confermato la necessità di una gestione altamente controllata dell'area di lavoro.

ANALISI DEI RISCHI E DEFINIZIONE DELLA ZONA LASER CONTROLLATA (ZLC)

L'analisi tecnica ha evidenziato due principali categorie di rischio:

- Rischio oculare: esposizione diretta o riflessa con potenziale danno alla retina, ustioni corneali e perdita permanente della vista.



- Rischio incendio: possibilità di accensione di materiali combustibili presenti nel raggio d'azione del fascio laser.



Poiché in conseguenza dell'elevato valore della DNPO la zona di pericolo oculare è risultata estesa ben oltre la postazione di lavoro, è stata istituita una Zona Laser Controllata (ZLC) secondo la CEI EN 60825-1. La ZLC è stata realizzata mediante l'incapsulamento della saldatrice in un ambiente completamente chiuso dotato di:

- porta con interblocco di sicurezza che interrompe l'emissione del laser in caso di apertura;
- segnalazione luminosa esterna indicante lo stato "Laser ON";
- rivestimenti interni non riflettenti;
- cartellonistica di pericolo e divieto di accesso a personale non autorizzato.

Il circuito di interblocco è stato verificato e configurato come circuito ad anello chiuso, in grado di disattivare immediatamente la sorgente in caso di apertura accidentale.



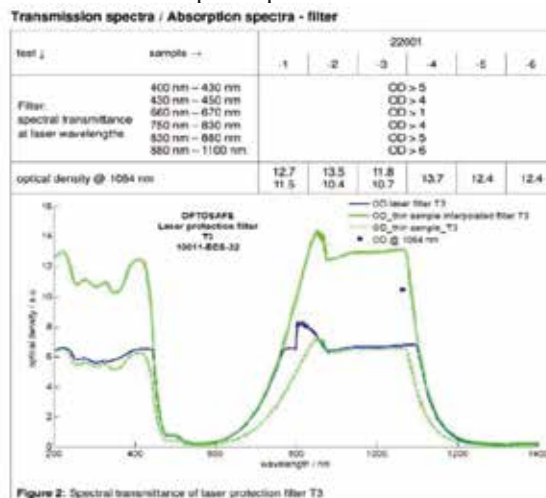
INTERVENTO DI BONIFICA E STRATEGIA DI MITIGAZIONE

L'intervento di bonifica ha seguito la cosiddetta "piramide delle priorità", privilegiando il principio della protezione collettiva rispetto a quella individuale. Sono state adottate le seguenti misure:

1. Eliminazione e sostituzione: non praticabili nell'immediato.
2. Interventi tecnici e organizzativi: realizzazione della ZLC, interblocchi e sistemi di segnalazione.



3. Protezione collettiva: incapsulamento completo dell'apparecchiatura.
4. DPI: fornitura e verifica di occhiali laser certificati, indumenti ignifughi e guanti resistenti al calore per l'operatore addetto all'utilizzo.



Parallelamente, la macchina è stata temporaneamente messa fuori servizio fino al completamento delle opere di contenimento e alla validazione tecnica da parte del responsabile della sicurezza.

MISURE ORGANIZZATIVE, FORMATIVE E PROCEDURALI

Contestualmente all'intervento tecnico, sono state implementate misure di carattere gestionale e formativo:

- aggiornamento del protocollo sanitario aziendale con sorveglianza mirata;
- nomina del Tecnico Sicurezza Laser (TSL) e del preposto sicurezza laser come previsto dalle Indicazioni Operative del Coordinamento Interregionale per la Sicurezza sul Lavoro;
- formazione e abilitazione del personale addetto secondo quanto previsto dal D.Lgs. 81/08 e dalle norme CEI;
- redazione di istruzioni operative aziendali ("Arbeitsanweisung") con procedure di sicurezza che prevedono:
 - obbligo di DPI specifici;
 - direzione del fascio sempre verso il basso;
 - controllo visivo preventivo dell'area;
 - verifica periodica del corretto funzionamento degli interblocchi.

Tutte le procedure sono state archiviate nel Sistema di Gestione della Sicurezza aziendale, in coerenza con i requisiti della ISO 45001.



CONCLUSIONI

Il caso di studio ha riguardato l'intervento di bonifica di una saldatrice laser manuale. Tale tipologia di sorgente si sta diffondendo nel tessuto industriale grazie anche alla facilità con cui si possono realizzare saldature di elevata qualità ed ai costi contenuti. Parallelamente ai vantaggi le saldatrici laser manuali comportano però elevati livelli di rischio sia per l'addetto che potenzialmente per tutti coloro che sono presenti nell'ambiente al momento dell'utilizzo. Infatti in generale ci si aspetta che, come visto nel presente caso, la distanza alla quale il fascio laser è in grado di provocare un incendio o recare un danno permanente agli occhi o alla cute, risulta tipicamente di molte decine di metri.

Purtroppo gli aspetti di sicurezza non sempre vengono evidenziati nei manuali d'uso e manutenzione, fornendo all'utente l'impressione errata di aver acquistato un macchinario con livello di rischio del tutto simile a quello di una saldatrice ad arco tradizionale. Questa carenza di informazioni, la cui dichiarazione è dovuta ai sensi della conformità alla norma CEI EN 60825-1, rende il manuale d'uso e quindi il macchinario non rispondente alla norma di prodotto, quindi formalmente non utilizzabile in un ambiente di lavoro.

Il caso studio descritto nel presente lavoro ha messo in evidenza l'importanza di un approccio integrato alla gestione dei rischi da radiazioni ottiche artificiali. L'intervento presso PICHLER Projects Srl ha consentito di identificare una sorgente laser di Classe 4 potenzialmente pericolosa, di sospendere tempestivamente le attività e di attuare una bonifica strutturale e organizzativa completa. Ciò ha permesso di poter utilizzare in sicurezza l'attrezzatura.

L'esperienza conferma che la valutazione del rischio ROA non può limitarsi al mero rispetto dei limiti di esposizione, ma deve comprendere l'analisi delle condizioni operative, la formazione del personale, la progettazione degli ambienti e l'adozione di misure di sicurezza multilivello.

BIBLIOGRAFIA

- [1] CEI EN 60825-1: Sicurezza dei prodotti laser – Parte 1: Classificazione e requisiti.
- [2] Direttiva 2006/25/CE – Protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da agenti fisici (radiazioni ottiche artificiali).
- [3] D.lgs. 9 aprile 2008, n. 81 – Testo Unico sulla Sicurezza nei luoghi di lavoro, Titolo VIII, Capo V.
- [4] INAIL, Linee guida per la valutazione del rischio da radiazioni ottiche artificiali, 2011.
- [5] ISO 11553-1: Sicurezza delle macchine laser – Parte 1: Requisiti generali.
- [6] ISPESL, Raccomandazioni tecniche per l'uso sicuro dei laser in ambito industriale, 2009.
- [7] Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province Autonome, Indicazioni Operative per la prevenzione del rischio da Agenti Fisici ai sensi del Decreto Legislativo 81/08 – Parte 6: Radiazioni Ottiche Artificiali, 2021

LA BONIFICA ACUSTICA DI AMBIENTE A "BASSO" RUMORE

Nicola Stacchini (1), Andrea, Bogi (1)

(1) Azienda USL Toscana Sud Est – Laboratorio Sanità Pubblica Area
Vasta Toscana Sud Est – Siena

INTRODUZIONE

Il Laboratorio di Sanità Pubblica dell’Azienda USL Toscana Sud Est supporta nell’attività, oltre ai servizi di vigilanza nei luoghi di lavoro e di igiene e sanità pubblica, anche i servizi di prevenzione rischi delle aziende Sanitarie della Toscana.

Negli ambienti sanitari, amministrativi, o simili, i lavoratori lamentano spesso disturbo e stress a causa dei livelli di rumore. Difficilmente tali livelli raggiungono quelli prescritti dal D. Lgs. 81/2008 per la prevenzione del danno uditivo. Nel presente lavoro si illustrano alcuni casi, rappresentativi di situazioni che si presentano di frequente negli ambienti di lavoro; generalmente una volta trovata la causa a partire dalla documentazione tecnica, planimetrie e rilievi fonometrici, si è riusciti a risolvere la problematica con bonifiche, interventi di manutenzione e modifiche delle apparecchiature. Una volta riportate le condizioni di lavoro a quanto previsto in fase di progettazione, nei documenti INAIL e dalle Indicazioni Operative prodotte dal Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome anche i lavoratori coinvolti hanno confermato il miglioramento del clima acustico.

LEGISLAZIONE

- D.lgs. 81/ 2008 “Testo Unico sulla Sicurezza” Titolo VIII Capo II “Protezione dei lavoratori contro i rischi di esposizione al rumore durante il lavoro”.
- Legge 447/95 “Legge quadro sull’inquinamento acustico”.
- Decreto Ministero della Transizione Ecologica 23 giugno 2022 “Criteri ambientali minimi (CAM)”.

- Decreto Ministeriale 5 Dicembre 1997 “Requisiti acustici passivi”.
- “Indicazioni operative per la prevenzione del rischio da Agenti Fisici ai sensi del Decreto Legislativo 81/08: Titolo VIII Capo I; Radiazione Solare; Microclima; Rumore; Vibrazioni” - 2021 – Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome.
- INAIL “Metodologie e interventi tecnici per la riduzione del rumore nei luoghi di lavoro” - Aggiornamento 2013.
- INAIL Manuale Operativo “Corretta progettazione acustica di ambienti di lavoro industriali e non – 2021.

METODI E STRUMENTAZIONE

Sono stati effettuati sopralluoghi conoscitivi dagli addetti ai servizi prevenzione rischi aziendali e poi quando ritenuto necessario il Laboratorio è intervenuto con l’effettuazione di sopralluoghi congiunti e misure di rumore rilevando sostanzialmente il Livello equivalente L_{eq} dBA nelle varie postazioni di lavoro e se necessario del tempo di riverberazione T(60).

Sono stati effettuati rilievi fonometrici, utilizzando fonometri integratori in classe I conformi alla norma CEI IEC 61672-1 e 2 con calibratore acustico e un clappatore auto-costruito nel caso di rilievo del Tempo di riverbero.

La misura del tempo di riverbero è necessaria per caratterizzare acusticamente ambienti di medie-grandi dimensioni. Tale valutazione è stata effettuata anche con l’ausilio del calcolatore del tempo di riverbero presente sul Portale Agenti Fisici.

RISULTATI

1. Reparto Oncologia - Laboratorio preparazione terapia oncologica

I lavoratori del laboratorio di preparazione dei composti oncologici, successivamente ad un intervento di modifica della cappa a flusso laminare (fig. 1), lamentavano livelli di rumore eccessivo della stessa. L’intervento tecnico sulla cappa si era reso necessario per migliorare l’espulsione dei composti che si liberavano nel locale. In particolare il ventilatore di espulsione autonomo doveva essere collegato al sistema di espulsione del laboratorio mediante una connessione aperta ("thimble"), sagomata a cappa e dimensionata in modo che l’impianto smaltisse attraverso essa la portata di espulsione della cabina più una quota parte prelevata dall’ambiente. Questo dispositivo costituisce una disconnessione aeraulica tra i due sistemi e impedisce che il funzionamento dell’uno crei sbilanciamenti sull’altro.



Figura 1 – Cappa



Figura 2 – Planimetria punti di misura

Tabella 1 – risultati misure

n°	Misura	L_{eq} dB(A)	L_{eq} dB(C)	Ppeak dB(C)	Livelli doc. INAIL 2013
1	Misura fronte cappa p1 20 cm	75,6	82,4	95,2	Laboratori analisi $L_{eq} = 65$ dBA
2	Misura fronte cappa p2 20 cm	74,5	82,1	96,6	
3	Misura fronte cappa p3 20 cm	74,1	81,7	95,3	
4	Misura centro stanza p4 100 cm	74,4	80,9	95,7	
5	Misura ingresso stanza p5 120 cm	73,1	78,7	91,7	

A seguito di tale intervento, a causa dei livelli di rumore, il personale sanitario era stato munito di *DPI,u* con buona attenuazione, ma data la complessità del compito non venivano tollerate dagli addetti.

Sono state effettuate delle misure fonometriche per evidenziare i livelli di esposizione al rumore nelle postazioni di lavoro (tab.1).

È stato richiesto il manuale di istruzione della cappa a flusso laminare, dove il produttore dichiarava un livello di rumore $L_{eq} < 59\text{dBA}$. Ulteriori analisi hanno evidenziato che durante l'intervento sopra citato il motore della cappa era stato sostituito con uno di tipologia non idonea. Una volta ripristinato il motore con uno della tipologia prevista dal costruttore il livello di rumore è risultato in accordo a quanto dichiarato nel manuale. Si noti che in questo caso probabilmente non sarebbe stato necessario nemmeno effettuare dei rilievi fonometrici, ma sarebbe stato sufficiente attenersi a quanto previsto dal costruttore.

2. Reparto Farmacia - Laboratorio preparazione terapia oncologica

I lavoratori del reparto farmacia addetti alla preparazione composti oncologici lamentavano elevati livelli di rumore all'interno della zona laboratorio la struttura era di nuova realizzazione. Nel laboratorio erano installate n.2 cappe a flusso laminare e un robot di preparazione (figure 3 e 4).

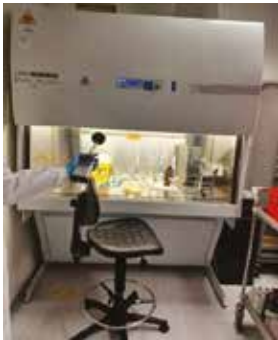


Figura 3 - interno laboratorio

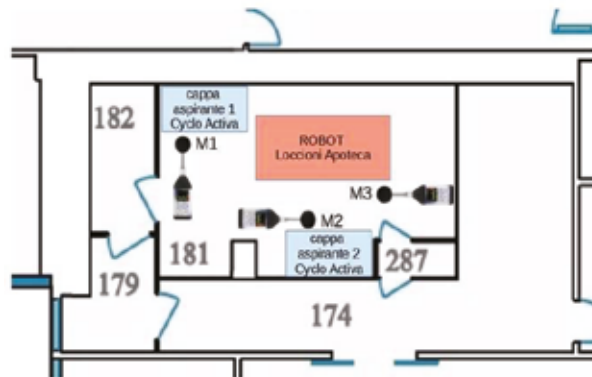


Figura 4 – planimetria e punti di misura

I rilievi fonometrici sono stati condotti nelle tre postazioni di lavoro con ambedue le cappe accese o considerandole singolarmente. I dati evidenziavano un superamento dei livelli previsti dal documento INAIL 2013 (Tab.2).

Tabella 2 – Misure laboratorio

n.	Descrizione postazione	L_{eq} dBA	L_{ASmax} dBA	Livelli doc. INAIL 2013 - Condizioni espositive (L_{eq})
M_1	CAPPE 1-2 ACCESE	69,6	70,6	65 dBA
M_2	CAPPE 1-2 ACCESE	71,5	72,1	65 dBA
M_3	CAPPE 1-2 ACCESE	70,0	72,1	65 dBA
$M_{1,1}$	CAPPA 1 ACCESA	69,2	71,3	65 dBA
$M_{2,1}$	CAPPA 1 ACCESA	66,2	68,7	65 dBA
$M_{3,1}$	CAPPA 1 ACCESA	69,8	71,0	65 dBA
$M_{1,2}$	CAPPA 2 ACCESA	64,5	66,8	65 dBA
$M_{2,2}$	CAPPA 2 ACCESA	70,6	71,7	65 dBA
$M_{3,2}$	CAPPA 2 ACCESA	69,7	70,7	65 dBA

Analizzando il manuale e i dati di certificazione delle cappe il produttore dichiarava un livello di emissione <60 dBA, mentre il produttore del robot di preparazione non dichiara il livello di rumore.

Sul manuale delle cappe era riportata la seguente frase: *“Se l’aria filtrata espulsa dalla cabina viene canalizzata all’esterno dell’edificio, assicurarsi che il diametro del canale di espulsione sia uguale a o maggiore di 250 mm e che il canale non sia più lungo di 8 metri lineari, con non più di 2 curve a 90°.”*



Figura 5 – cappa 2



Figura 6 – cappa 1

Osservando l'installazione dei condotti di aspirazione mostrati nelle figure 5 e 6 si può notare la presenza di 2 curve a 90° nel primo tratto di ciascun condotto, ciò rappresenta una non conformità del montaggio rispetto a quanto riportato sul manuale di prodotto. Sono stati informati gli organi tecnici, in particolare coloro che hanno effettuato il collaudo degli impianti, della criticità riscontrata.

3. Laboratorio ricerca stabulario – zona lavaggio gabbie cavie

Il laboratorio oggetto dell'indagine era di supporto all'istituto che effettua studi su cavie da laboratorio.



Figura 7 – lavatrici misure

Nella zona di lavaggio del reparto erano presenti due lavatrici automatiche identiche per pulizia e sterilizzazione di gabbie per cavie. I livelli di rumorosità riscontrati erano:

Macchina 1 - $L_{Aeq} = 62$ dB(A)

Macchina 2 - $L_{Aeq} = 81$ dB(A)

Il costruttore dichiarava livelli di $L_{eq} \leq 63$ dBA.

I macchinari sono stati successivamente sottoposti a manutenzione che ha riportato i livelli di emissione a quanto previsto dal costruttore.

4. Laboratorio Ospedaliero Distribuzione Emocomponenti

Nel laboratorio erano trattati e distribuiti emocomponenti in sacche. Nell'ambiente erano presenti: n. 2 macchine lavorazione sangue (fig 8), n. 1 centrifuga, n.1, n.1 emoteca, n.1 agitatore di piastrine. I lavoratori lamentavano l'elevata rumorosità delle macchine trattamento sangue. Il produttore dichiarava un'emissione di $L_{eq} \leq 70$ dBA.



Figura 8–Macchina lavorazione sangue

Nel locale erano presenti anche n. 2 PC e una postazione telefonica con la quale gli operatori dialogavano con i vari reparti e utenti del centro per gestire l'utilizzo di emocomponenti.

Il locale era di ridotte dimensioni, e le macchine erano poste vicine tra di loro. A seguito della richiesta del servizio prevenzione, il produttore ha prodotto un documento firmato da un professionista dove questo asseriva che i livelli rispettavano i valori prescritti dal D.Lgs. 81/ 2008. Tuttavia il professionista si era riferito solo ai livelli previsti per la prevenzione del rischio uditivo.

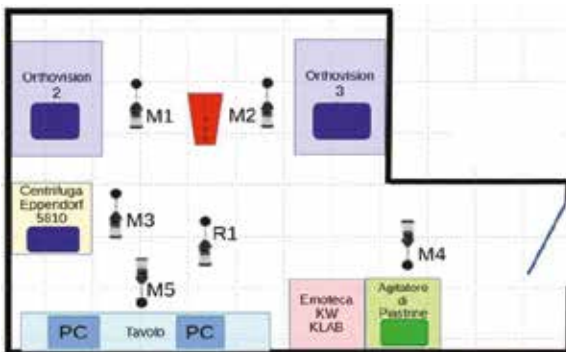


Figura 9 – planimetri misure

Si è proceduto alla effettuazione di rilievi fonometrici nei punti indicati nella planimetria di figura 9.

I dati sono illustrati nella tabella 3; anche in questo caso si rileva una rumorosità superiore ai valori previsti dal documento INAIL del 2013.

Sono state contestate le conclusioni del produttore perché il rischio in questi casi non era l'insorgenza dell'ipoacusia ma problematiche ergonomiche e gestionali. Anche perché in questo caso era presente una commistione tra attività di laboratorio e lavoro di ufficio, si noti che quest'ultimo prevedrebbe livelli di rumore notevolmente inferiori a quelli previsti per i laboratori. È stato suggerito il confinamento dei macchinari maggiormente rumorosi, o lo spostamento della zona ufficio.

Tabella 3 – Misure laboratorio

n.	Descrizione postazione	L _{eq} dBA	L _{eq} dBC	P _{peak} dBC	Livelli doc.INAIL 2013 (L _{eq})
1	ORTHOVISION 2	67,1	71,9	87,5	Laboratori analisi 65 dBA Uffici 40 dBA
2	ORTHOVISION 3	66,7	71,6	84,4	
3	EPPENDORF 5810	68,3	74,2	87,3	
4	AGITATORE DI PIASTRINE	65,2	72,1	86,0	
5	Post.Operatore Postaz. Tavolo PC e telefono	63,7	69,7	84,7	

5. Laboratorio analisi centralizzato ospedaliero

Il laboratorio di analisi effettuava prestazioni su campioni prevalentemente di sangue e urine provenienti dal pronto soccorso, dai reparti ospedalieri e dai distretti sanitari esterni, finalizzate alla diagnosi e cura. Il ciclo di lavoro era su turni di 6h nell'arco delle 24h con presenza degli addetti anche in orario notturno pertanto il confort degli stessi rappresentava una problematica molto importante. Gli operatori lamentavano livelli di rumore molto elevati.

Sono state effettuate misure dei livelli di rumore nelle varie postazioni di lavoro del laboratorio (figura 9 – 10). e sono state caratterizzate e verificate le caratteristiche architettoniche dell'ambiente, per capire se si poteva intervenire con la correzione acustica del soffitto, in quanto quello installato non aveva caratteristiche idonee di fono-assorbimento.

La problematica del riverbero è stata verificata anche con il calcolatore del Portale Agenti Fisici dove sono state impostate le caratteristiche del locale con e senza soffitto fonoassorbente in quanto la presenza delle macchine a ciclo continuo rendeva critica la valutazione dei tempi di riverbero con misurazioni.

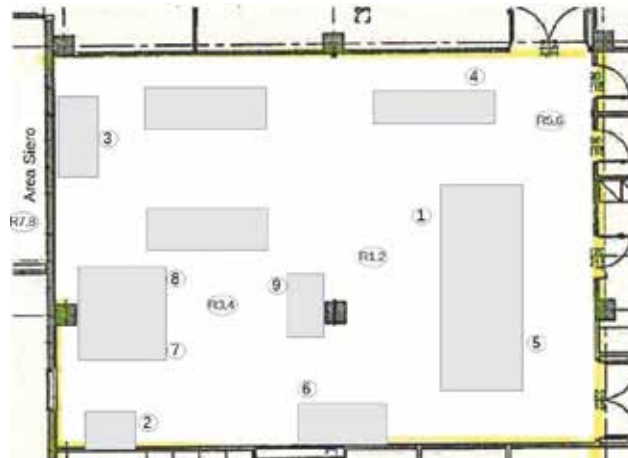


Figura 9 - planimetria



Figura 10 – laboratorio controsoffitto

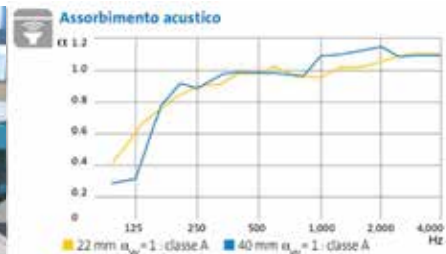


Figura 11 – Materiale

Gli elevati livelli di rumore rilevati (tabella 4) e la pessima qualità acustica hanno richiesto la sostituzione del materiale del controsoffitto con uno di lana minerale incapsulata che avesse un buon coefficiente di assorbimento (figura 11).

Come si evince dai risultati la sostituzione del controsoffitto ha diminuito i livelli nelle varie postazioni lavoro.

Tabella 4 – Risultati misure rumore prima e dopo bonifica

n.	Descrizione	misure ante bonifica	misure post bonifica	Livelli doc. INAIL 2013 (L_{eq})
		L_{eq} dB(A)	L_{eq} dB(A)	
1	Misure rum. amb.	69,2	61,5	Laboratori analisi 65 dBA
2	Misure rum. amb.	69,6	65,0	
3	Misure rum. amb.	69,1	62,9	
4	Misure rum. amb.	69,5	58,3	
5	Misure rum. amb.	70,6	63,5	
6	Misure rum. amb.	69,3	63,1	
7	Misure rum. amb.	68,6	63,1	
8	Misure rum. amb.	69,8	63,1	
9	Misure rum. amb.	69,2	61,5	

6. Ufficio amministrativo – struttura ospedaliera

L'ufficio amministrativo di recente ristrutturazione era costituito da due locali contigui resi comunicanti, posti al 5° piano di una struttura ospedaliera; gli addetti lamentavano un fastidioso rumore dovuto al flusso d'aria del canale di immissione che transitava all'interno del locale all'interno del controsoffitto (figure 12 -13).



Figura 12 - locali amm.vi

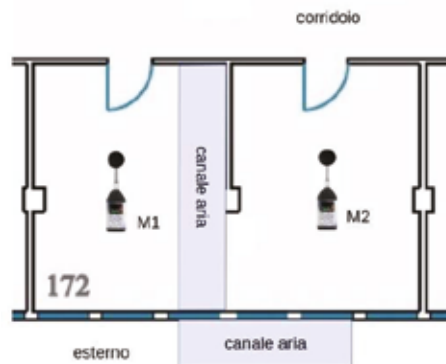


Figura13 – planimetria dei locali

Sono state condotte misure di rumore all'interno dei locali al centro stanza, e sono emersi livelli di rumore elevati per la destinazione d'uso dell'ambiente (ufficio), in particolare oltre al livello di rumorosità dovuto all'impianto, superiore rispetto a quelli previsti dalle linee guida INAIL, si ravvisava anche la presenza di un tono puro alla frequenza di 1,6kHz (Figura 14).

Tabella 5 – risultati misure

n.	Descrizione postazione	L_{eq} dBA	Presenza Toni Puri	Livelli doc.INAIL 2013 Rum.fondo e/o impianti (L_{eq})
M ₁	ufficio	54,1	presente (1,6kHz)	40 dBA
M ₂	ufficio	55,0	presente (1,6kHz)	40 dBA

In tal caso la criticità presente era da imputare al progetto impiantistico, che prevedeva il passaggio all'interno del locale del canale d'aria primaria di ventilazione delle sale operatorie. Notoriamente tali locali necessitano di un elevato flusso di aria, inoltre nelle vicinanze della finestra sulla canalizzazione erano presenti due curve a 90° per permettere l'inserimento del canale nel conto-soffitto (figura 14). L'ambiente analizzato non poteva essere destinato ad uso ufficio ed è stato utilizzato come magazzino.

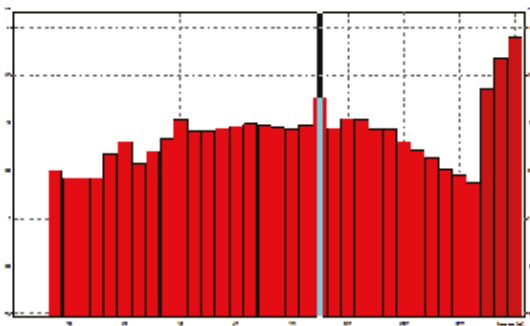


Figura 14 – spettro 1/3 di ottave



Figura 15 – canale in esterno

CONCLUSIONI

Come si evince dai casi sopra esposti questo tipo di problematiche esulano completamente dal rischio da ipoacusia, pertanto non sono utilizzabili i criteri previsti dalla metodica presente nel capo II Titolo VIII del D.Lgs. 81/ 2008, mentre devono essere presi in considerazione i limiti previsto per il disturbo da rumore previsti dal D.M. 23 giugno 2022 “Criteri ambientali minimi (CAM)”. Tali indicazioni sono riprese anche nelle indicazioni operative del Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome, in particolare alle faq.:

- C.17 che recita “Secondo quali criteri deve essere effettuata la valutazione del rischio rumore in ambienti di lavoro ad obiettivo “comfort acustico”?”
- C.20 “Quali sono i criteri da seguire nella valutazione rischio rumore nelle strutture sanitarie e nei laboratori di analisi/ricerca?”
- Allegato 3 Requisiti acustici degli ambienti ad uso ospedali, case di cura e scuole

Nelle indicazioni sono richiamati i criteri sopra indicati di valutazione del confort acustico e di valutazione del rischio rumore nelle strutture sanitarie. Si sottolinea che la maggior parte delle problematiche delle tipologie analizzate nel presente lavoro potrebbero essere risolte da una adeguata progettazione dei locali, dell’impiantistica elettrica, idraulica e aeraulica, e da una maggiore sensibilità alla problematica del confort acustico da parte della direzione dei lavori. Nel caso dei laboratori è consigliabile a priori prevedere comunque una correzione acustica dei locali con una stima previsionale dei tempi di riverbero. Inoltre all’acquisto di nuovi macchinari, sanitari e non, deve essere valutata l’emissione acustica privilegiando, dove possibile le macchine meno rumorose, come previsto dal D. Lgs. 81/08. In caso le stesse siano dichiarate con emissioni acustiche superiori a 60-65dBA valutare il confinamento-separazione in locali e/o o box insonorizzati, spesso forniti anche dal produttore. È molto importante valutare in fase di progettazione il layout di posizionamento dei macchinari rispetto alle varie postazioni di lavoro.

Le considerazioni fatte sono del resto da traslare completamente anche nel settore scolastico, in quello della pubblica amministrazione e nei locali delle aziende della maggior parte dei settori produttivi dove non sono presenti sorgenti rilevanti di rumore.

BIBLIOGRAFIA

- [1] D.lgs. 81/ 2008 “Testo Unico sulla Sicurezza” Titolo VIII Capo II “Protezione dei lavoratori contro i rischi di esposizione al rumore durante il lavoro”.
- [2] Legge 447/95 “Legge quadro sull'inquinamento acustico”.
- [3] Decreto Ministero della Transizione Ecologica 23 giugno 2022 “Criteri ambientali minimi (CAM)”
- [4] Decreto Presidente Consiglio dei Ministri 5 dicembre 1997 “Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici”.
- [5] Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome “Indicazioni operative per la prevenzione del rischio da Agenti Fisici ai sensi del Decreto Legislativo 81/08: Titolo VIII Capo I; Radiazione Solare; Microclima; Rumore; Vibrazioni” - 2021
- [6] INAIL “Metodologie e interventi tecnici per la riduzione del rumore nei luoghi di lavoro” - Aggiornamento 2013
- [7] INAIL Manuale Operativo “Corretta progettazione acustica di ambienti di lavoro industriali e non - 2021

LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA RADIAZIONI OTTICHE ARTIFICIALI IN AMBITO ODONTOIATRICO: L'UTILIZZO DEL LASER

Valerio Carosi

Esperto in materia di salute e sicurezza nei luoghi di lavoro - AT Associati
info@atassociati.it

1. INTRODUZIONE

Con riferimento alla normativa vigente in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro (Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81 e s.m.i.), il rischio da agenti fisici comprende, tra gli altri, quello derivante dall'esposizione a radiazioni ottiche artificiali (ROA). L'utilizzo di sorgenti laser in ambito sanitario rientra pienamente nel Titolo VIII, Capo V del citato decreto, in attuazione della Direttiva 2006/25/CE. In particolare, l'art. 216 prevede che la metodologia seguita nella valutazione del rischio laser, eventualmente con misurazione e/o calcolo, rispetti le norme della Commissione elettrotecnica internazionale (IEC), recepite in Italia dalla Comitato elettrotecnico italiano (CEI).

In odontoiatria, l'impiego del laser ha conosciuto negli ultimi anni una significativa diffusione grazie ai vantaggi clinici associati: maggiore precisione chirurgica, riduzione del sanguinamento intraoperatorio, miglior controllo batterico e miglior comfort per il paziente. Tuttavia, alla crescente adozione tecnologica non sempre corrisponde un'adeguata consapevolezza del rischio professionale correlato.

I laser maggiormente utilizzati in ambito odontoiatrico appartengono generalmente alla Classe 4 secondo la norma CEI EN 60825-1, ovvero dispositivi ad alta potenza potenzialmente pericolosi per occhi e cute, anche in caso di esposizione indiretta per riflessione.

Il presente lavoro intende analizzare, attraverso un caso studio applicativo, le implicazioni della valutazione del rischio da laser in uno studio odontoiatrico, individuando le misure di prevenzione e protezione necessarie alla conformità normativa.

2. MATERIALI E METODI

2.1 Descrizione del dispositivo e classificazione

Il caso studio ha riguardato l'impiego del dispositivo "Doctor Smile Lambda", laser a diodo con lunghezza d'onda di 980 nm, classificato in Classe 4 ai sensi della CEI EN 60825-1.

Le principali caratteristiche tecniche rilevanti ai fini della valutazione del rischio sono:

- Lunghezza d'onda: 980 nm (infrarosso vicino)
- Classe: 4
- Distanza Nominale di Rischio Oculare (DNRO): 3,59 m

La DNRO rappresenta la distanza entro la quale l'esposizione oculare può superare i limiti massimi consentiti (ELV – Exposure Limit Values), rendendo necessarie specifiche misure di controllo.

2.2 Identificazione delle Zone Laser Controllate (ZLC)

In considerazione della DNRO calcolata (3,59 m) e delle dimensioni medie delle sale operative, tutte le unità operative dello studio sono state classificate come **Zone Laser Controllate (ZLC)** durante l'utilizzo del dispositivo.

La ZLC è stata delimitata mediante:

- segnaletica di avvertimento conforme alla normativa vigente;
- dispositivo luminoso attivo durante l'emissione;
- limitazione dell'accesso ai soli operatori autorizzati.

2.3 Analisi del rischio e misure di prevenzione

La valutazione del rischio è stata condotta ai sensi dell'art. 28 del Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81, considerando:

- rischio oculare diretto e da riflessione;
- rischio cutaneo;
- rischio incendio;
- presenza di superfici riflettenti;
- presenza di personale non formato;
- procedure operative adottate.

Le misure implementate hanno incluso:

- **DPI oculari certificati EN 207** con Densità Ottica ($DO \geq 5$) per 980 nm – DIR L5 1000-1070nm DIR L7
- verifica e controllo delle superfici riflettenti;
- predisposizione di procedura operativa interna;
- installazione di sistemi ingegneristici di sicurezza (interlock);
- designazione dell'Addetto/Esperto Sicurezza Laser (ASL/ESL).

3. RISULTATI

L'analisi ha evidenziato che, in assenza di misure organizzative e tecniche adeguate, il rischio associato all'utilizzo di un laser di Classe 4 in ambiente odontoiatrico risulta elevato, in particolare per quanto concerne il danno oculare irreversibile.

La classificazione dell'intera sala come ZLC ha comportato:

- revisione delle procedure di accesso;
- formazione specifica del personale;
- controllo sistematico dell'utilizzo dei DPI;
- integrazione della valutazione del rischio nel DVR.

Dati provenienti da uno studio condotto da INAIL (Giliberti et al., 2024) su un campione di 50 odontoiatri italiani evidenziano come una quota significativa di studi utilizzi il laser senza una completa formalizzazione della valutazione del rischio o senza adeguato supporto dell'ASL/ESL, confermando la presenza di un gap tra adozione tecnologica e gestione della sicurezza.

Tra gli errori più frequentemente riscontrati si segnalano:

- utilizzo di occhiali non certificati per la specifica lunghezza d'onda;
- assenza di segnaletica attiva;
- mancata delimitazione della ZLC;
- mancata verifica delle superfici riflettenti;
- assenza di procedura scritta.

4. DISCUSSIONE

L'utilizzo del laser in odontoiatria rappresenta un esempio paradigmatico di come un'innovazione tecnologica ad alto valore clinico possa comportare un incremento del rischio fisico se non adeguatamente gestita.

A differenza di altri agenti fisici, l'esposizione a radiazioni laser può determinare danni immediati e irreversibili anche per esposizioni di brevissima durata. Ciò rende centrale l'approccio preventivo basato su:

- eliminazione o riduzione del rischio alla fonte;
- misure tecniche prioritarie rispetto ai DPI;
- formazione e addestramento specifico;
- chiara attribuzione di ruoli e responsabilità.

La figura dell'ASL/ESL assume un ruolo strategico nel garantire la corretta applicazione delle procedure e la conformità normativa. Sebbene il D. Lgs.

81/2008 imponga al datore di lavoro la valutazione dei rischi da radiazioni ottiche artificiali (ROA) e l'adozione di appropriate misure di protezione, non definisce un percorso formativo o requisiti professionali univoci per il personale qualificato che può supportarlo in questa attività solitamente molto complessa, lasciando spesso il ruolo a figure non adeguatamente formate.

Attualmente i riferimenti più autorevoli in Italia per la definizione dei percorsi formativi dell'ESL/ASL sono costituiti dalla recente norma italiana CEI 76-17 sui "Profili professionali per la sicurezza laser" , le linee guida CIIP (Consulta Inter-associativa Italiana per la Prevenzione) "Profilo professionale degli Esperti per la valutazione delle radiazioni ottiche non coerenti ERO e coerenti ASL/TSL", non direttamente richiamati dal D. Lgs 81/2008 e le Indicazioni Operative pubblicate dal Coordinamento Tecnico interregionale previste come strumento di ausilio alla valutazione dal D. Lgs 81/2008.

Quest'ultimo aspetto rappresenta un'ulteriore criticità nella definizione delle responsabilità.

5. CONCLUSIONI

L'analisi condotta evidenzia come l'utilizzo di laser di Classe 4 in ambito odontoiatrico imponga una valutazione del rischio strutturata e formalizzata ai sensi del Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81.

In sintesi, le principali raccomandazioni operative possono essere riassunte nelle seguenti "5 regole d'oro":

1. Verificare sempre la classe del dispositivo e la DNRO.
2. Istituire formalmente la Zona Laser Controllata.
3. Utilizzare esclusivamente DPI certificati per la specifica lunghezza d'onda.
4. Predisporre una procedura scritta e formare il personale.
5. Prevedere il supporto di un Addetto Esperto Sicurezza Laser competente.

L'integrazione tra innovazione tecnologica e cultura della prevenzione rappresenta la condizione imprescindibile per garantire elevati standard di sicurezza negli studi odontoiatrici.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81 e s.m.i.
- [2] CEI EN 60825-1 – Sicurezza degli apparecchi laser.
- [3] EN 207 – Filtri e protettori dell'occhio contro radiazioni laser.
- [4] Direttiva 2006/25/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio relativa alle radiazioni ottiche artificiali.
- [5] Giliberti et al., 2024 – Studio INAIL sull'utilizzo del laser in odontoiatria.
- [6] CEI 76-17 – Profili professionali per la sicurezza LASER (2024)
- [7] Consulta Inter-associativa Italiana per la Prevenzione (CIIP), Profili Professionali del valutatore di radiazioni ottiche (2020)
- [8] Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome, Indicazioni Operative per la prevenzione del rischio da Agenti Fisici ai sensi del Decreto Legislativo 81/08 – Parte 6: Radiazioni Ottiche Artificiali

APPLICAZIONE DEI PROTOCOLLI OPERATIVI E DEL CALCOLATORE DI DOSE PRESENTI NEL PAF A CASI STUDIO RELATIVI ALL'INDUSTRIA DELLO ZIRCONIO E DELLO ZIRCONIO

Francesca Duchi (1,2), Federica Leonardi (1), Rosabianca Trevisi (1)

(1) *INAIL- Istituto nazionale per l'assicurazione contro gli infortuni sul lavoro, Settore Ricerca – DiMEILA*

(2) *Dipartimento di Ingegneria Astronautica, Elettrica ed Energetica, Università di Roma “Sapienza”*

RIASSUNTO

Nell'ambito dei progetti di ricerca INAIL BRIC ID30-2019 e ID37-2022, è stata ideata e sviluppata nel Portale Agenti Fisici la sezione “Radiazioni Ionizzanti da Sorgenti Naturali – NORM”, per fornire un supporto nella valutazione del rischio nel campo delle attività industriali che implicano l'uso o lo stoccaggio di materiali naturalmente ricchi di radionuclidi (detti NORM) e che sono disciplinate nel Capo II del Titolo IV del Decreto Legislativo 101/2020 [1] e s.m.i.[2], normativa italiana di protezione dalle radiazioni ionizzanti. In questa sezione sono presenti diversi strumenti utili, quali:

- una banca dati, che raccoglie i dati radiometrici relativi a matrici NORM appartenenti ai cicli produttivi dei settori industriali elencati nell'Allegato II del Dlgs 101/2020;
- un “calcolatore di dose”, strumento di calcolo in grado di fornire in maniera immediata una stima “cautelativa” della dose efficace al lavoratore in funzione degli scenari espositivi e della concentrazione di attività dei radionuclidi in considerazione;
- una serie di protocolli operativi specifici per ogni settore industriale e/o classe di pratica elencato dell'Allegato II del Dlgs 101/2020 per l'applicazione delle disposizioni contenute nell'art.22, che disciplina gli obblighi dell' esercente ai fini della verifica dell'esenzione.

Allo scopo di illustrare l'utilizzo di questi strumenti, in questo lavoro vengono presentati dei casi studio relativi a pratiche nell'ambito del settore dell'industria dello zirconio e dello zirconio. In particolare, sono discusse le modalità di applicazione del protocollo operativo specifico per alcune pratiche di questo settore e saranno illustrate le modalità per la stima della dose al lavoratore sulla base dei dati presenti nella “Banca Dati NORM” e avvalendosi del calcolatore di dose.

INTRODUZIONE

Nel corso delle attività dei progetti BRIC INAIL 2019 ID 30 e BRIC INAIL 2022 ID 37, tra i cui obiettivi vi era quello di elaborare strumenti tecnici e procedure standardizzare al fine di supportare gli stakeholders e gli esperti del settore nell'attuazione della nuova normativa nazionale di radioprotezione, è stata sviluppata la Sezione Radiazioni Ionizzanti da Sorgenti Naturali NORM. Vengono definiti NORM (Naturally Occurring Radioactive Materials) quei materiali che contengono radionuclidi naturali in concentrazioni tali da non poter essere ignorate dal punto di vista della radioprotezione.

Il Titolo IV del Decreto Legislativo 101/2020, che recepisce la direttiva comunitaria 59/2013/EURATOM [3], disciplina la protezione dalle radiazioni ionizzanti nelle attività industriali che coinvolgono i NORM.

Questi materiali non sono generalmente utilizzati per le loro proprietà radioattive, ma rappresentano materie prime, prodotti o residui di numerose lavorazioni industriali.

Dal punto di vista del rischio radiologico, la loro rilevanza può derivare sia da concentrazioni significative di alcuni radionuclidi naturali (principalmente appartenenti alle serie dell'uranio-238, del torio-232 e al potassio-40) sia da grandi quantità di materiale presente. Infatti, l'uso di enormi quantità di materie prime NORM fa sì che, malgrado la presenza di radioattività sia in tracce, non si possa trascurare il loro impatto radiologico sui lavoratori. In alcuni casi, inoltre, i processi industriali determinano un incremento della concentrazione di radionuclidi nei residui, nei prodotti e negli effluenti, rendendo necessaria una valutazione anche dei rischi potenziali per la popolazione.

Nell'Allegato II del Decreto Legislativo 101/2020, aggiornato e integrato dal Decreto Legislativo 203/2022, viene riportato l'elenco dettagliato dei settori industriali interessati (Tabella 1).

Come sopra accennato, il Capo II del Titolo IV (D. Lgs.101/2020) disciplina le pratiche NORM con una serie di disposizioni secondo un approccio graduale. L'esercente che svolge tali pratiche, infatti, in primis è tenuto a effettuare una caratterizzazione radiologica dei materiali solidi coinvolti nel ciclo produttivo, intesi come materie prime, sottoprodotti e residui al fine di valutare la concentrazione di attività dei principali radionuclidi naturali di interesse. Qualora i valori rilevati risultino inferiori ai livelli di esenzione stabiliti per la concentrazione di attività, la pratica può essere considerata "esente" dagli obblighi di notifica e quindi non più soggetta al sistema di radioprotezione, fermo restando l'obbligo di ripetere le misure radiometriche ogni tre anni.

Tabella 1

Settori industriali	Classi o tipi di pratiche o scenari tipici di esposizione
Centrali elettriche a carbone	Manutenzione caldaie
Estrazione di minerali diversi dal minerale di uranio	Estrazione di granitoidi, quali graniti, sienite e ortogneiss, porfidi, tufo, pozzolana, lava, basalto
Industria dello zirconio e dello Zirconio	Lavorazione delle sabbie zirconifere produzione di refrattari, ceramiche, piastrelle, produzione di ossido di zirconio e zirconio metallico
Lavorazioni di minerali e produzione primaria di ferro	Estrazione di terre rare da monazite; estrazione di stagno; estrazione di piombo; estrazione di rame; estrazione di ferro-niobio da pirocloro; estrazione di alluminio da bauxite; lavorazione del minerale niobite-tantalite; utilizzo del cloruro di potassio come additivo nella estrazione dei metalli tramite fusione
Lavorazioni di minerali fosfatici e Potassici	produzione di fosforo con processo termico; produzione di acido fosforico; produzione e commercio all'ingrosso di fertilizzanti fosfatici e potassici; produzione e commercio all'ingrosso di cloruro di potassio
Produzione del pigmento di TiO₂	Gestione e manutenzione degli impianti di produzione del pigmento biossido di titanio
Produzione di cemento	Manutenzione di forni per la produzione di clinker
Produzione di composti di torio e fabbricazione di prodotti contenenti torio	Produzione di composti di torio e fabbricazione, gestione e conservazione di prodotti contenenti torio, con riferimento a elettrodi per saldatura con torio, componenti ottici contenenti torio, reticelle per lampade a gas
Produzione di energia geotermica	Impianti di alta e media entalpia, con particolare riguardo alla manutenzione dell'impianto
Produzione di gas e petrolio	Estrazione e raffinazione di petrolio ed estrazione di gas, con particolare riguardo alla presenza e rimozione di fanghi e incrostazioni in tubazioni e contenitori
Industrie dotate di impianti per la filtrazione delle acque di falda	Gestione e manutenzione dell'impianto
Lavorazioni di taglio e sabbiatura	Impianti che utilizzano sabbie o minerali abrasivi

Se invece tali concentrazioni superano i limiti di esenzione, il passaggio ulteriore consiste nella valutazione della dose efficace a carico dei lavoratori e dell'individuo rappresentativo. Nel caso in cui anche tali dosi risultino inferiori ai rispettivi livelli di esenzione, la pratica può comunque essere

considerata “esente” e uscire dal sistema di radioprotezione, a condizione che tali valutazioni vengano aggiornate con cadenza triennale.

Diversamente, qualora le dosi stimate eccedano i livelli di esenzione, si applicano le disposizioni previste dai Titoli XI e XII del Decreto Legislativo 101/2020, che disciplinano rispettivamente la protezione dei lavoratori e della popolazione.

LA SEZIONE NORM DEL PAF

Il Portale Agenti Fisici è stato sviluppato dal Laboratorio di Sanità Pubblica dell’Azienda Sanitaria USL Toscana Sud Est, in collaborazione con INAIL e l’Azienda USL di Modena. Questo strumento nasce con l’obiettivo di fornire un supporto tecnico-informativo utile a orientare sia i responsabili della sicurezza aziendale sia gli operatori della prevenzione, promuovendo una corretta gestione del rischio legato agli agenti fisici in tutti i settori lavorativi in conformità con le rispettive normative vigenti. Per questo il portale è attualmente articolato in 12 sezioni: Rumore, Vibrazioni Mano-Braccio, Vibrazioni Corpo Intero, Campi Elettromagnetici, Radiazioni Ottiche Artificiali, Radiazioni Ottiche Naturali, Radiazioni Ionizzanti Naturali, Radiazioni Ionizzanti Naturali - NORM, Radiazioni Ionizzanti Artificiali, Atmosfere Iperbariche, Microclima, Ultrasuoni.

La Sezione Radiazioni Ionizzanti Naturali - NORM è rivolta principalmente agli esercenti dei settori industriali elencati in Tabella 1 e agli esperti di radioprotezione, mettendo a disposizione diversi strumenti utili, tra i quali:

- una banca dati, che raccoglie i dati radiometrici relativi a matrici NORM appartenenti ai cicli produttivi dei settori industriali elencati nell’Allegato II del Dlgs 101/2020;
- un “calcolatore di dosi”, strumento di calcolo in grado di fornire in maniera immediata una stima “cautelativa” della dose efficace al lavoratore in funzione degli scenari espositivi e della concentrazione di attività dei radionuclidi in considerazione;
- una serie di protocolli operativi specifici per ogni settore industriale e/o classe di pratica elencato nell’Allegato II del Dlgs 101/2020 ai fini dell’applicazione dell’art.22 che disciplina gli obblighi dell’esercente ai fini della verifica dell’esenzione.

LA BANCA DATI NORM

La banca dati raccoglie i dati radiometrici riferiti a matrici contenenti radionuclidi di origine naturale (NORM), correlate ai processi dei settori industriali individuati nell’Allegato II del D.lgs. 101/2020. In particolare, rende disponibili i valori di concentrazione di attività dei principali

radionuclidi naturali appartenenti alle catene di decadimento di U-238 e Th-232, e del K-40, per settore industriale e tipo di materiale al fine di fornire agli stakeholders uno strumento di facile consultazione, che fornisca indicazioni sul contenuto radiologico medio delle diverse matrici NORM solide e liquide. I dati, estratti da circa 250 pubblicazioni nazionali e internazionali, comprendono circa 2300 misure radiometriche pubblicate, relative a un totale di 6400 campioni provenienti da 60 Paesi. La Tabella 2 fornisce una sintesi quantitativa dei record estratti dalla letteratura, distinguendoli in funzione di materie prime, residui e prodotti.

Tabella 2

SETTORI INDUSTRIALI	NUMERO CAMPIONI	MATERIA PRIMA	RESIDUO	PRODOTTO
Produzione di cemento	1029	102	-	103
Industria zirconio e zirconio	481	154	18	65
Produzione di gas e petrolio	411	46	156	42
Produzione del pigmento di TiO ₂	161	80	34	3
Produzione di energia geotermica	234	13	43	-
Estrazione di minerali diversi dal minerale di uranio	675	429	-	-
Centrali elettriche a carbone	2201	255	239	-
Lavorazione di minerali e produzione primaria di ferro	326	98	84	5
Produzione acido fosforico	482	58	53	14
Produzione e commercio all'ingrosso di fertilizzanti fosfatici e potassici	404	65	10	111
Totale	6404	1300	637	343

I PROTOCOLLI OPERATIVI

L'articolo 22 del D.lgs. 101/2020 attribuisce specifici obblighi all' esercente delle pratiche NORM. Per facilitare l' adempimento delle suddette prescrizioni e promuovere l' adozione di un approccio coerente e uniforme, è stato concepito un modello operativo generale, strutturato su due macro-fasi

(Figura 1). Ciascuna di esse si sviluppa attraverso una serie ordinata di attività secondo il principio del «graded approach». [4]



Figura 1

Questo schema generale è stato poi applicato a molte delle pratiche elencate in Tabella 1 e quindi trasposto in protocolli operativi per settore industriale e/o per classe o tipo di pratica.

CALCOLATORE DI DOSE

Come detto precedentemente, nel caso in cui le matrici identificate nella valutazione radiologica superino i livelli di esenzione in termini di concentrazione di attività, l'art.22, e conseguentemente il protocollo operativo di settore, prevede che venga effettuata la stima della dose. In tale ottica è fondamentale la distinzione tra lavoratore e individuo rappresentativo della popolazione, i quali sono soggetti a differenti scenari espositivi e livelli di esenzione in termini di dose efficace. Per una valutazione di dose preliminare, è stato sviluppato un calcolatore, fruibile liberamente sul sito web del PAF (Calcolatore Norm), che permette un calcolo conservativo della dose efficace in funzione dello scenario espositivo e delle concentrazioni di attività delle matrici NORM di interesse per quel determinato scenario.

Allo scopo di illustrare meglio gli strumenti sopra descritti, in questo lavoro viene presentato un caso studio relativo a pratiche nell'ambito del settore dell'industria dello zircono e dello zirconio, grazie ad un utilizzo combinato di calcolatore e banca dati.

ANALISI DELL'ESPOSIZIONE RADIOLOGICA NELL'INDUSTRIA DELLO ZIRCONO E DELLO ZIRCONIO

L'industria dello zircono e dello zirconio è uno dei settori industriali identificati nell'Allegato II del D.lgs. 101/2020 - Tabella 1, più diffusi e produttivi del nostro Paese. Secondo i dati pubblicati da Confindustria Ceramica [5], nel 2020 solo le 133 aziende italiane produttrici di piastrelle, localizzate in gran parte nel distretto ceramico dell'Emilia-Romagna, hanno prodotto 344,3 milioni di metri quadrati, generando un fatturato complessivo

di 5,13 miliardi di euro. Questi numeri confermano il ruolo centrale del comparto ceramico nell'industria manifatturiera italiana, rendendolo uno dei settori più importanti tra quelli associati a pratiche che comportano esposizione a materiali contenenti zirconio.

Tali motivazioni, unitamente alla qualità dei dati disponibili nella Banca Dati NORM per le finalità del presente studio, hanno guidato la scelta di questo specifico settore industriale come esempio applicativo.

STRUTTURA DELLO STUDIO

Nel settore considerato, l'applicazione dei protocolli operativi ha permesso di avviare un processo di valutazione del rischio radiologico. In primo luogo, sono state individuate le matrici solide di maggiore interesse radiologico indicate all'interno dei 3 protocolli disponibili per questo settore (inerenti alla produzione di sanitari e piastrelle, alla produzione di refrattari e alla lavorazione di sabbie zirconifere). Si tenga presente che nell'art. 7 del D. Lgs.101/2020 si definisce *matrice* "qualsiasi sostanza o materiale che può essere contaminato da materie radioattive; sono ricomprese in tale definizione le matrici ambientali e gli alimenti". Secondo tale definizione, nel caso delle industrie con presenza di NORM, si considerano *matrici* le materie prime, i residui, gli effluenti liquidi e gassosi e i prodotti finiti (Trevisi R. 2022). Nel caso dell'industria dello zircone e dello zirconio sono state quindi individuate nei protocolli 6 matrici solide:

- Sabbie zirconifere – materia prima
- Fango – residuo
- Polveri – residuo
- Filtri – residuo
- Piastrelle – prodotto
- Refrattari – prodotto

Successivamente, per ciascuna di queste matrici, sono stati selezionati all'interno della Banca Dati NORM, i campioni con le concentrazioni di attività più significative, ovvero delle misure caratterizzate da concentrazioni tipiche e rappresentative per il contesto produttivo analizzato e rilevanti ai fini della fase di stima della dose. La Fase 1 di ogni protocollo infatti termina con il confronto delle concentrazioni di attività misurate per ogni matrice (ad eccezione dei prodotti) con i livelli di esenzione in termini di concentrazione di attività fissati dalla normativa nella Tabella II-2 (Tabella 3) e solo in caso di superamento di tali valori viene richiesto di passare alla Fase 2 e alla stima della dose.

Tabella 3

Radionuclidi naturali della serie U-238	1 kBq kg ⁻¹
Radionuclidi naturali della serie Th-232	1 kBq kg ⁻¹
K-40	10 kBq kg ⁻¹
Pb-210 e Po-210	5 kBq kg ⁻¹

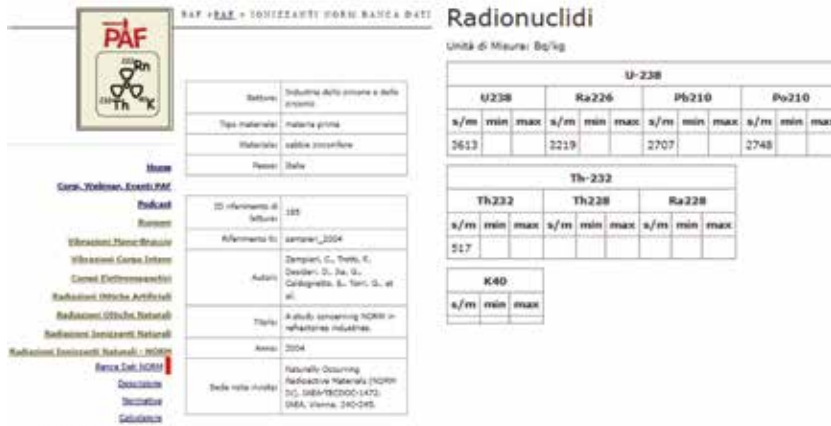
In Tabella 4 sono riportati i dati di concentrazione di attività dei radionuclidi naturali più rilevanti nel settore dell'industria dello zirconio e dello zirconio, relativi ai campioni selezionati per ognuna delle matrici di interesse identificate.

Tabella 4

Matrice	U-238 Bq/kg	Ra- 226 Bq/kg	Pb- 210 Bq/kg	Po- 210 Bq/kg	Th- 232 Bq/kg	K-40 Bq/kg	Unat Bq/kg
<i>Materia Prima</i>							
Sabbie zirconifere	3613	3219	2707	2748	517	-	-
<i>Residui</i>							
Fango	1635	1496	1167	1177	238	27	1647
Polveri	1191	1046	1033	1294	178	255	1200
Filtro	-	-	-	28000	-	-	-
<i>Prodotti</i>							
Piastrelle	1715	1481	1344	1353	250	23	1727
Refrattari	370	280	51	-	300	44	373

All'interno della Banca dati ad ogni record corrisponde una scheda di misura, nella quale sono riportati i dati radiologici e bibliografici (Figura 2 – Scheda di misura del record scelto per le sabbie zirconifere).

Figura 2



Sempre attraverso l'uso dei protocolli sono stati poi identificati gli scenari espositivi più probabili per i lavoratori di ogni pratica. Tali scenari descrivono schematicamente le attività che comportano un potenziale contatto dei lavoratori dell'industria NORM con le matrici radioattive, tenendo conto delle modalità di esposizione e dei tempi di permanenza nelle aree coinvolte. Tutti gli scenari espositivi riportati nei protocolli operativi pubblicati all'interno del PAF sono stati disegnati tenuto conto dell'approccio e dei parametri utilizzati nella pubblicazione Radiation Protection 122 [6]. Nel caso qui descritto sono stati presi quindi in considerazione i seguenti scenari:

- **Trasporto lunghe distanze:** prende in considerazione l'esposizione di un autotrasportatore con carico NORM. Lo scenario ipotizzato comporta un'esposizione annuale di circa 850 ore per la conduzione del camion e 100 ore per le fasi di carico e scarico del materiale. Il materiale trasportato consiste interamente in matrici NORM, senza alcuna diluizione con materiali non contaminati (diluizione pari al 100%).
- **Trasporto brevi distanze:** come il precedente questo scenario prende in considerazione l'esposizione di un autotrasportatore con carico NORM ma il tempo di esposizione annuale in questo caso è stimato pari a 700 ore per la guida del mezzo e 400 ore per le attività di carico e scarico.
- **Stoccaggio outdoor senza manipolazione:** si considera l'accumulo all'aperto di grandi quantità di materiale NORM senza diluizione con materiale non contaminato (fattore di diluizione: 100%). Un esempio in cui può essere utilizzato questo modello è quello dello stoccaggio di tali matrici nel

piazzale di un'azienda. In questo scenario il cumulo viene modellizzato come un tronco di cono di volume di 10000 m³ e altezza 6 m; il lavoratore viene pensato ad una distanza di 10 m dal bordo del cumulo. Ai fini della valutazione dosimetrica il tempo di esposizione per un lavoratore che opera abitualmente in quest'area è stimato pari a 1800 ore/anno. In questo scenario non viene presa in considerazione la manipolazione, intesa come movimentazione o lavorazione, del materiale da parte del lavoratore.

- Stoccaggio outdoor con manipolazione: è identico a quello sopra descritto ma in questo caso viene inclusa nel modello anche la manipolazione del materiale da parte dell'operatore. Rispetto allo scenario precedente varia quindi la concentrazione delle polveri, che aumenta da 0.2/0.5 mg/m³ a 1 mg/m³ per tutti i tipi di materiale.
- Stoccaggio indoor con manipolazione: in questo caso lo stoccaggio di materiale NORM (come prima non diluito) viene modellizzato in un ambiente chiuso, ad esempio un magazzino. Come nei due casi precedenti la geometria del cumulo è un tronco di cono con angolo di inclinazione delle superfici laterali di 45°, ma questa volta con volume di 4000 m³ e altezza 3 m. Per questo scenario viene valutato solo il caso più conservativo in cui viene ipotizzato che ci sia manipolazione del materiale da parte del lavoratore.

Infine, sulla base degli scenari definiti e delle caratteristiche radiologiche delle matrici, è stato possibile procedere alla valutazione delle dosi efficaci ai lavoratori attraverso l'utilizzo del Calcolatore di dose.

ANALISI DEI RISULTATI

Il Calcolatore di dose fornisce così una stima conservativa delle dosi efficaci per ogni scenario e concentrazione di attività in input. In funzione della matrice in considerazione si deve scegliere anche se può essere fatta una valutazione unica per tutta la catena di decadimento (dell'U-238 e del Th-232) o se devono essere effettuate stime separate per ogni segmento di catena, che possono essere poi sommate per avere la dose efficace totale. Questa scelta va ponderata sulla base della lavorazione al quale è o non è stata sottoposta la matrice: se viene valutata la dose dovuta ad una materia prima come un minerale naturale indisturbato è lecito supporre che non ci siano state cause di concentrazione o diluizione di alcuni elementi piuttosto che altri e quindi si può ragionevolmente ipotizzare che la catena sia in equilibrio secolare e il calcolo della dose può essere fatto con questa ipotesi sulla sola concentrazione di attività del radionuclide capostipite. Nell'esempio in Figura 3 viene riportato il calcolo della dose nello scenario dello stoccaggio indoor per l'esposizione a sabbie zirconifere naturali: essendo la matrice un materiale

naturale, si può presupporre che gli elementi della catena siano in equilibrio secolare e quindi nella scelta del segmento di catena è stato selezionato, per il contributo dell'uranio, l'U-238 secolare.

Figura 3

Calcolatori di dose da attività NORM

Le procedure per il calcolo dell'esposizione dei lavoratori alle radiazioni ionizzanti da sorgenti naturali (NORM) riportate consentono di valutare la dose al lavoratore e/o all'individuo rappresentativo in determinati scenari espositivi, ai fini della valutazione del rischio prevista dal D.lgs 101/20 e sm Titolo IV, Capo III.

Scenario: **Stoccaggio indoor, quantità moderate con manipolazione**

Segmento di catena: **U-238sec**

Concentrazione attività: **2.41E-1** Bq/g

Fattore di diluizione: **100** %

Esposizione esterna		
Parametro	Valore	Unità
Tempo di esposizione	1800	(ore/anno)
Fattore di decadimento	1	
Fattore di schermatura	1	
DCF	3.13e-8	(Sv/a)/(Bq/g)
Fonte del DCF	RP 122-II	
Dose efficace	0.207	(mSv/a)

Inalazione		
Parametro	Valore	Unità
Tempo di esposizione	1800	(ore/anno)
Frequenza respiratoria	1.2	(m ³ /h)
Fattore di conc. (%)	1	
Coefficiente	0.002	(g/m ³)
DCF inalazione	6.39e-5	(Sv/a)/(Bq/g)
Fonte del DCF	ICRP 137	
Dose efficace	1.092	(mSv/a)

Ingestione		
Parametro	Valore	Unità
Tempo di esposizione	1800	(ore/anno)
Tasso di ingestione	0.01	(g/h)
DCF ingestione	9e-7	(Sv/Bq)
Fonte del DCF	ICRP 137	
Dose efficace	0.001	(mSv/a)

Dose efficace totale: 1.35 (mSv/a)

Lo stesso non si può ipotizzare per i prodotti o i residui dei cicli industriali in quanto i processi possono aver alterato, come quasi sempre accade, questo equilibrio. In tal caso è necessario valutare separatamente i contributi dei vari segmenti di catena e sommarli tra loro per ottenere la dose totale.

In Figura 3 possiamo inoltre notare che la dose efficace totale è data dalla somma delle tre principali vie di esposizione: esposizione esterna, inalazione e ingestione. Si ricorda che questo è valido per tutti i radionuclidi e segmenti di catena, ad eccezione del K-40, per il quale la dose da ingestione è pari a zero per il comportamento omeostatico del potassio.

In Tabella 5 sono riportati i risultati delle stime di dose totale per ogni matrice solida di interesse.

Il dato in rosso indica un valore di dose efficace totale che supera i livelli di esenzione definiti nell'Allegato II-Sezione II del D.lgs. 101/2020, pari a 1 mSv/anno per i lavoratori e 0,3 mSv/anno per l'individuo rappresentativo. In questo caso studio tale superamento avviene a seguito delle concentrazioni di attività molto elevate nella materia prima, solamente quindi nelle valutazioni effettuate per le sabbie zirconifere.

In Figura 4 viene evidenziato il confronto tra i risultati dei diversi scenari espositivi per questa matrice: si può notare che entrambi gli scenari del trasporto e dello stoccaggio outdoor senza manipolazione sono ben al di sotto del livello di esenzione per i lavoratori (questi scenari sono modellizzati appositamente per i lavoratori delle industrie NORM, tuttavia occorre applicare il livello di esenzione per l'individuo rappresentativo della popolazione nel caso in cui il lavoratore non sia dipendente dell'industria NORM), mentre raggiungono e superano tale valore le dosi calcolate nei due casi di stoccaggio con manipolazione del materiale accumulato da parte dell'operatore per il quale si sta facendo la valutazione.

Figura 4

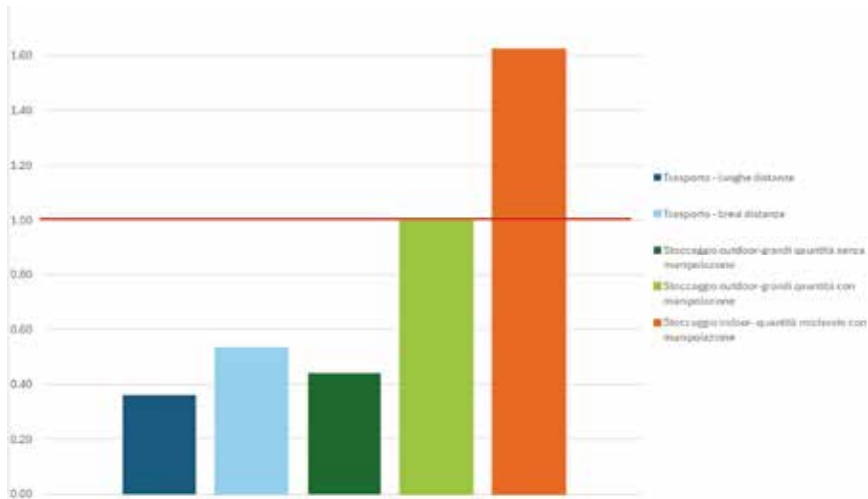
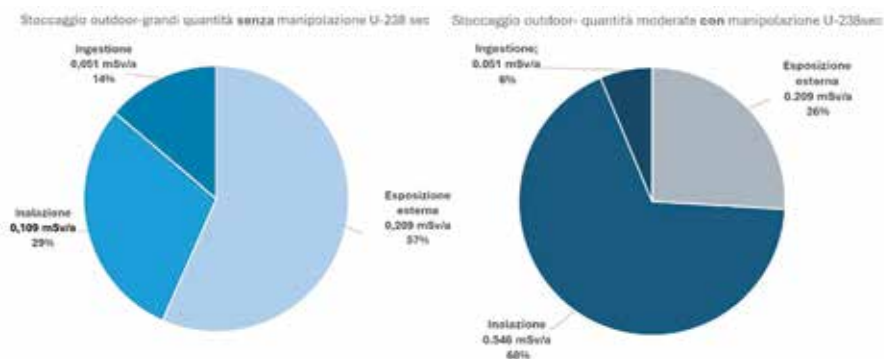


Tabella 5

Dose efficace totale (in barilini)	Sabbie zirconifere				Piastre lo				Refrattari				Fango				Polveri		Filtro
	U-238eq 3,613	Th-232eq 0,517	Unat 1,73	Ra-226+ 1,5	Pb-210+ 1,3	Th-210 1,4	Th-232 0,3	Unat 0,4	Ra-226+ 0,3	Th-232 0,3	Unat 1,6	Ra-226+ 1,5	Pb-210+ 1,2	Th-210 1,2	Th-232 0,2	Unat 1,2	Ra-226+ 1,1	Pb-210 1,3	
Trasporto lunghe distanze	0,33	0,06	0,01	0,11	0,002	-	0,002	0,001	0,02	0,002	0,01	0,1	0,002	-	0,002	0,005	0,08	0,002	0,01
Dose efficace totale	0,4				0,1				0,02				0,1				0,1		0,01
Trasporto brevi distanze	0,44	0,09	0,02	0,13	0,01	0,002	0,01	0,005	0,025	0,01	0,02	0,14	0,01	0,002	0,01	0,02	0,1	0,002	0,04
Dose efficace totale	0,5				0,2				0,04				0,2				0,1		0,04
Stoccaggio outdoor senza manipolazione	0,37	0,07	0,02	0,1	0,01	0,005	0,01	0,005	0,02	0,01	0,02	0,1	0,01	0,005	0,01	0,02	0,1	0,005	0,1
Dose efficace totale	0,4				0,1				0,03				0,1				0,1		0,1
Stoccaggio outdoor con manipolazione	0,81	0,16	0,1	0,1	0,04	0,01	0,03	0,02	0,03	0,04	0,1	0,1	0,03	0,01	0,03	0,1	0,1	0,01	0,2
Dose efficace totale	1				0,3				0,1				0,3				0,2		0,2
Stoccaggio indoor con manipolazione	1,35	0,3	0,2	0,2	0,06	0,02	0,06	0,04	0,03	0,1									0,3
Dose efficace totale	1,7				0,5				0,14										0,3

Come mostrato in Figura 5, che confronta i contributi percentuali delle diverse vie di esposizione nei due scenari di stoccaggio all'aperto, il superamento osservato è attribuibile principalmente all'esposizione per via inalatoria. L'aumento della dose dovuta all'inalazione è conseguenza della maggior concentrazione di polveri nell'area intorno al cumulo: è opportuno rammentare che nei casi in cui viene ipotizzata anche la manipolazione del materiale la concentrazione media delle polveri consigliata nell'RP-122 per questo tipo di scenario passa da 0,2/0,5 mg/m³ a 1 mg/m³. Nel caso di stoccaggio senza manipolazione, invece, l'apporto principale alla dose totale viene certamente fornito dall'esposizione esterna (57%), che rimane costante anche nel caso con manipolazione (0.209 mSv/a), ma a fronte del notevole aumento della quota inalatoria dimezza il suo contributo percentuale (26%).

Figura 5



CONCLUSIONI E PROSPETTIVE FUTURE

Questo lavoro illustra l'utilità e la validità degli strumenti sviluppati all'interno della sezione "Radiazioni Ionizzanti da Sorgenti Naturali – NORM" del Portale Agenti Fisici ed i diversi strumenti in esso contenuti. Per maggiore chiarezza viene qui proposto un caso studio elaborato con l'impiego combinato del protocollo operativo di settore, della banca dati NORM e del calcolatore di dose; il caso studio si applica al settore dell'industria dello zirconio e dello zirconio.

È stato osservato che, per i campioni selezionati in questo caso studio, in alcuni scenari espositivi, in particolare quello relativo allo stoccaggio indoor con manipolazione delle sabbie zirconifere, si possono osservare superamenti del livello di esenzione per i lavoratori, principalmente a causa

dell'esposizione per inalazione assumendo in via preliminare che l'operatore spenda il 100% del suo tempo lavorato vicino al cumulo (ipotesi molto cautelativa).

Nelle situazioni reali, l'utilizzo integrato dei protocolli operativi di settore e del calcolatore di dose permette di condurre una valutazione preliminare solida e standardizzata del rischio radiologico, in linea con quanto previsto dall'articolo 22 del D.lgs. 101/2020. Gli scenari espositivi presenti nel calcolatore di dose possono essere modulati con l'inserimento di parametri reali per via di esposizione (es tempo di esposizione, fattore di schermatura, ecc.) permettendo quindi di identificare lo scenario più critico per ogni matrice, e quantificando in modo distinto il contributo delle diverse vie di esposizione per radionuclide o segmento di catena.

È in corso l'implementazione di nuovi scenari espositivi da aggiungere nel calcolatore di dose, integrando anche contesti espositivi relativi alla popolazione.

La Sezione sarà inoltre presto disponibile anche in lingua inglese.

Gli autori ringraziano i colleghi che hanno lavorato alla realizzazione di questa sezione, in particolare Andrea Bogi, Silvia Bucci, Elena Caldognetto, Anna De Stena, Giuseppe La Verde, Laura Luzzi, Cristina Nuccetelli, Ilaria Peroni, Francesco Picciolo, Iole Pinto, Giuseppe Pratesi, Maria Gabriella Pugliese, Flavio Trotti, Raffaella Ugolini, Gennaro Venoso.

BIBLIOGRAFIA

- [1] DECRETO LEGISLATIVO 31 LUGLIO 2020 N.101. Attuazione della direttiva 2013/59/Euratom, che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, e che abroga le direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, Roma: Suppl. ordinario alla "Gazzetta ufficiale" n.201 del 12 agosto 2020, 31 luglio 2020.
- [2] DECRETO LEGISLATIVO 25 NOVEMBRE 2022 N.203. Disposizioni integrative e correttive al decreto legislativo 31 luglio 2020, n. 101, di attuazione della direttiva 2013/59/Euratom, che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, e che abroga le direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom e 2003/122/Euratom e riordino della normativa di settore in attuazione dell'articolo 20, comma 1, lettera a), della legge 4 ottobre 2019, n. 117. Gazzetta Ufficiale. Serie Generale n.2 del 03 gennaio 2023.
- [3] DIRETTIVA 2013/59/EURATOM. Direttiva 2013/59/EURATOM del Consiglio del 5 dicembre 2013 che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, e che abroga le direttive 89/618/Euratom, Gazzetta ufficiale dell'Unione Europea, 5 dicembre 2013.
- [4] Trevisi R., Bogi A., Bucci S., Caldognetto E., La Verde G., Luzzi L., Leonardi F., Nuccetelli C., Peroni I., Picciolo F., Pratesi G., Trotti F., Ugolini R., Venoso G., Pugliese M. La radioprotezione applicata alle industrie NORM: sviluppo di un sistema di strumenti metodologici, conoscitivi e formativi a sostegno degli stakeholders. Stato dell'arte del progetto di INAIL. 2022. XXXVIII Congresso Nazionale AIRP di Radioprotezione. Milano.
- [5] NOTA DI MERCATO: SETTORE CERAMICA, Italian Trade Agency – Miami Office
- [6] European Commission. Radiation Protection 122 – Part II: Practical Use of the Concepts of Clearance and Exemption – *Application of the Concepts of Exemption and Clearance to Natural Radiation Sources*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2001.

ATMOSFERE IPERBARICHE: INDICAZIONI OPERATIVE DEL GRUPPO AGENTI FISICI DEL COORDINAMENTO TECNICO INTERREGIONALE DELLA PREVENZIONE NEI LUOGHI DI LAVORO

Floriana Sacco⁽¹⁾, Enrico Marchetti⁽¹⁾, Andrea Bogi⁽²⁾

⁽¹⁾ INAIL, DIMEILA, Laboratorio Rischio Agenti Fisici, Monte Porzio Catone, Roma

⁽²⁾ Azienda U.S.L. Toscana SudEst, Laboratorio di Sanità Pubblica, Laboratorio Agenti Fisici

INTRODUZIONE

Il nuovo documento FAQ (frequently asked questions), approvato dal gruppo tematico agenti fisici ed inviato in approvazione al GTI (Gruppo Tecnico Interregionale) è frutto dell'intensa collaborazione di un gruppo di lavoro molto eterogeneo. Questo gruppo che comprende fisici, ingegneri, medici subacquei e iperbarici, tecnici e anche avvocati specializzati in diritto subacqueo, è stato scelto al fine di dare lo stesso peso a tutti gli argomenti affrontati. Il documento è stato strutturato in 4 grandi sezioni: "EFFETTI SULLA SALUTE E SORVEGLIANZA SANITARIA", "VALUTAZIONE DEL RISCHIO", "GESTIONE DEL RISCHIO", "VIGILANZA ED ASPETTI MEDICO LEGALI" per un totale di 16 domande e altrettante risposte che spaziano dalle definizioni più generiche ad analisi più approfondite in campo medico, normativo e operativo.

Le atmosfere iperbariche, ancorché azionate da un unico agente fisico, la pressione, non hanno unicità di azione, come evidenziato dai numerosi effetti sulla salute previsti nella sezione A. Questo crea criticità che afferiscono principalmente alla valutazione del rischio, nella sezione C. Il semplice modello fisico di assorbimento e di rilascio dell'azoto, nato nel 1908 per opera di Haldane, Boycott e Damant è stato revisionato più volte fino al 2017 dalla Marina Militare degli Stati Uniti (peraltro in modo insoddisfacente, secondo la nostra Marina Militare). Queste revisioni rappresentano bene la complessità che emerge dal modello semplice che si scontra con la fisiologia umana che, al contrario, semplice non è.

Oltre a questo, si aggiungono altre criticità che derivano dal fatto che l'aria è un gas composto non solo dall'azoto e che la risposta fisiologica agli altri gas è dipendente in modo non lineare dalla loro pressione parziale (ad esempio l'ossigeno è dannoso sia a bassa che ad alta pressione parziale).

Tutto ciò fa sì che la valutazione del rischio non riesca ad essere racchiusa nella valutazione di un singolo parametro, come avviene per vibrazioni e rumore, ma debba far capo a molteplici indicatori, indipendenti tra loro. Questo ha portato a suggerire una modalità di valutazione del rischio difforme dal solito e organizzata in compartimenti non comunicanti.

**i contenuti di seguito esposti sono quelli approvati dal Gruppo di Lavoro e potranno subire modifiche a seguito dell'approvazione del GTI

ESPERTO	QUALIFICA	AFFILIAZIONE /SPECIALITA'
Enrico Marchetti	Fisico	Dimeila-Inail
Floriana Sacco	Ingegnere	Dimeila-Inail
Pasquale Longobardi	Medico subacqueo e iperbarico	Presidente AA Fondazione Mistral, VicePresidente Società Italiana Medicina Subacquea e Iperbarica (SIMSI)
Corrado Costanzo	Medico subacqueo e iperbarico	Specialista in Medicina del nuoto e delle Attività Subacquee, Specialista in Anestesia e Rianimazione, Consigliere della Società Italiana di medicina Subacquea e iperbarica (SIMSI)
Fabio Faralli	Contrammiraglio Medico (ris.)	Specialista in Medicina del Nuoto e delle Attività Subacquee, Specialista Superiore in Fisiopatologia del Lavoro Subacqueo (MMI) DMO Consigliere della Società Italiana di Medicina Subacquea ed Iperbarica (SIMSI)
Giovanni Esentato Adolfo Magrin	Tecnico	Segretario AISI Presidente AISI
Alessandro Giomarelli	Tecnico	Azienda USL Toscana sud est
Massimo Scarcia	Tecnico	Rappresentante x AASPI Supervisore immersioni arianirox basso fondale Titolare di azienda lavori subacquei.
Laura Filosa	Ingegnere	Contarp-Inail

STATO DELL'ARTE



Dopo l'approvazione del gruppo di lavoro, il documento è in fase di approvazione dal GTI.

Il documento è suddiviso in 5 sezioni come per le indicazioni operative degli altri agenti fisici già pubblicate. Per la specificità del rischio iperbarico e per la mancanza di indici di rischio codificati, a differenza di quanto fatto nei documenti relativi agli altri rischi, la sezione B è stata omessa.

La sezione A è la parte introduttiva, dove si descrive il rischio e tutti gli effetti sulla salute derivanti dall'esposizione.

SEZIONE A: EFFETTI SULLA SALUTE E SORVEGLIANZA SANITARIA

SEZIONE A EFFETTI SULLA SALUTE E SORVEGLIANZA SANITARIA		pag.
A.1	Cosa si intende come rischio di esposizione ad atmosfere iperbariche?	5
A.2	Come ci si deve comportare in caso di lavorazioni che espongono rischio iperbarico?	7
A.3	Quali sono gli effetti sulla salute e sulla sicurezza che si vogliono prevenire?	7
A.4	Quali sono i soggetti particolarmente sensibili al rischio?	8
A.5	Quali professionisti della salute effettuano la sorveglianza sanitaria?	8
A.6	Quali sono i possibili criteri specifici da seguire per i controlli sanitari iniziali e periodici dei lavoratori esposti?	9

A.1 Cosa si intende come rischio da esposizione ad atmosfere iperbariche?

Per LAVORATORI ESPOSTI AD ATMOSFERE IPERBARICHE s'intendono tutti i lavoratori che effettuano la loro attività in condizioni iperbariche (a secco/umido), cioè in ambienti in cui la pressione della miscela respiratoria è del 10% superiore alla pressione atmosferica a livello del mare (1 atm).

Il fattore specifico di rischio da esposizione ad atmosfere iperbariche è introdotto dal Decreto Legislativo 81/08. Tale aspetto viene inserito tra i fattori di rischio fisici nel Titolo VIII:

Articolo 180 - Definizioni e campo di applicazione

1. Ai fini del presente Decreto Legislativo 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.

Il termine “immersione” deve essere interpretato come esposizione ad un aumento della pressione della miscela respiratoria nella condizione “IN UMIDO” cioè quando il soggetto è immerso in un liquido o “A SECCO” quando il lavoratore si trova in camera iperbarica o nelle TBM (per scavi di gallerie ad esempio) e in questo caso la pressione è generata da compressori.

A.2 Come ci si deve comportare in caso di lavorazioni che espongono al rischio iperbarico?

Relativamente alle atmosfere iperbariche, dove non esiste un Capo dedicato nel D. Lgs n. 81/08 e s.m.i., si deve effettuare la valutazione del rischio, ed adottare le misure di prevenzione e protezione, facendo riferimento all'art. 181 dello stesso decreto, il quale 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” (Vedere FAQ C.1).

A.3 Quali sono gli effetti sulla salute e sulla sicurezza che si vogliono prevenire?

L'esposizione ad atmosfere iperbariche fa sì che il gas inerte, presente nella miscela respiratoria che non prende parte agli scambi metabolici, passi nei tessuti del lavoratore. Quando egli torna alla pressione di partenza il gas inerte deve nuovamente tornare all'ambiente. Questo può essere un evento potenzialmente rischioso che deve essere reso compatibile con un lento rilascio del gas stesso.

Di seguito viene proposto un elenco delle patologie collegate al rischio iperbarico:

1. Tossicità dell'ossigeno (O₂): interviene a causa della respirazione di una pO₂ dell'ossigeno elevata per lunghi periodi; esistono tabelle di pO₂/durata per valutare la possibile tossicità dell'ossigeno (vedasi NOAA Diving Manual, ad esempio). Il danno si presenta a livello polmonare o neurologico; quest'ultima si presenta esclusivamente in ambiente iperbarico. L'esito è un incidente fatale.
2. Narcosi da aumento di pressione del gas respirato. Il danno è di tipo neurologico. L'esito può essere fatale.
3. Pneumotorace traumatico dovuto a rapida variazione della pressione. Il danno è a carico dei polmoni, del cuore e del peritoneo. L'esito può essere fatale.
4. Sovradistensione gastro-intestinale: interviene per rapida variazione della pressione dei gas intestinali. Non è di solito causa di incidenti fatali.
5. Barotrauma (orecchio, maschera, seni ossei, denti): è dovuto a rapida variazione della pressione a carico delle cavità aeree. Non è di solito causa di incidenti fatali.
6. ecc...

A.4 Quali sono i soggetti particolarmente sensibili al rischio?

In maniera indicativa ma non esaustiva, sono i soggetti affetti da una delle seguenti evidenze:

- a. Presenza di allergie
- b. Precedenti problemi iperbarici: PDD(patologia da decompressione), barotrauma
- c. Gravidanza
- d. Patologie dermatologiche o cutanee
- e. Patologie cerebrali
- f. Pregresso di svenimenti, collassi o vertigini, mal di moto, emicrania
- g. Disturbi psichiatrici
- h. Dipendenze da droghe (tre anni precedenti) o alcool
- i. Patologie otorinolaringoiatriche
- j. Patologie polmonari e pneumotorace
- k. Pregressi interventi chirurgici ai polmoni, al cuore, al torace o alla testa
- l. Patologie cardiache e circolatorie
- m. Patologie dismetaboliche e ormonali
- n. Patologie renali o urinarie
- o. Patologie osteoarticolari

A.5 Quali professionisti della salute effettuano la sorveglianza sanitaria?

La sorveglianza sanitaria degli esposti ad atmosfere iperbariche compete al **medico competente (MC)** ed al **medico iperbarico (MI)**. La figura del MC è definita dal D. Lgs. 81/08 quale titolare della sorveglianza sanitaria dei lavoratori. La figura del medico iperbarico può essere riassunta come segue: medico specialista in medicina del nuoto e delle attività subacquee o medico diplomato da master universitario di II livello in medicina subacquea ed iperbarica. La figura del MI è introdotta nell'apparato legislativo italiano dalla UNI 11366 del 2010 (in corso di revisione) e dal decreto legge 24 Gennaio 2012: "Disposizioni urgenti per la concorrenza, lo sviluppo delle infrastrutture e la competitività", meglio noto come "decreto liberalizzazioni" che, all'articolo 16, al punto 2, stabilisce che le attività "di cui all'articolo 53 del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1979, n. 886, sono svolte secondo le norme vigenti, le regole di buona tecnica di cui alla norma UNI 11366". Un riferimento che conferisce dunque alla norma UNI 11366 un valore cogente.

A.6 Quali sono i possibili criteri da seguire per i controlli sanitari periodici dei lavoratori esposti?

La risposta a questa domanda prevede una doverosa premessa, esplicativa delle incongruenze e degli obblighi di legge esistenti all'atto della redazione del presente documento.

Non esistendo una norma di riferimento del settore che includa tutti i vari possibili comparti interessati come off-shore, in-shore, basso fondale, alto fondale, saturazione, itticultura, scientifico, etc. (si ricorda che la norma UNI 11366 è cogente nel settore estrattivo-minerario, ma solo indicativa per tutti gli altri settori che siano privi di una norma UNI specifica), E' importante rilevare, infatti, che la Norma UNI 11366 è testo di riferimento normativo per la promulgazione di Ordinanze da parte delle Capitanerie di Porto per la sicurezza nei lavori subacquei in ambito Portuale e del territorio ricadente sotto la giurisdizione delle medesime. **Pertanto, diviene "cogente" per effetto di Ordinanze di CP.** Gli unici riferimenti normativi attualmente in essere per quanto riguarda la valutazione medica di idoneità dei lavoratori sono il D.Lgs. 81/08 (valutazione del Medico Competente) e il D.M. del Ministero della Marina Mercantile del 13.01.1979 pubblicato nella G.U. n. 47 dl 16/2/1979 riferentesi agli esami previsti dall'idoneità medica per l'iscrizione al Registro dei Sommozzatori in Servizio Locale. «...»

Alla luce di quanto sopra premesso, è parere dei relatori di questo GdL, che i contenuti del documento ministeriale cui viene fatto riferimento per la diagnostica di idoneità, sia obsoleto e non aggiornato alla situazione attuale: la recente pandemia da Covid 19, per esempio, richiede specifici controlli post-contagio non contemplati dall'elenco di riferimento, ma altrettanto fondamentali per la verifica dello stato di idoneità allo svolgimento dell'attività subacquea professionale del lavoratore.

Si ritiene buona prassi che le diverse categorie di esposti debbano essere sottoposte a controlli sanitari in ragione delle proprie valutazioni del rischio specifiche e dei settori in cui operano.

Laddove non vi sia l'idoneità medica da parte della Sanità Marittima, sulla base delle normative vigenti all'atto della visita del lavoratore, si suggerisce, ai fini dell'eventuale valutazione di idoneità da parte del Medico Competente, di adottare le indicazioni della Tabella 1, allegata alla fine delle FAQ: tale elenco può contribuire a rendere la vigilanza sanitaria più completa.

Tali indicazioni devono essere considerate nel documento di valutazione dei rischi per valutare l'impatto sullo specifico cantiere di lavoro e/o sulla ditta.

Elenco, non esaustivo, delle fonti disponibili (non tutte sono di libera diffusione):

1. Subacquea al servizio dell'industria (alto e basso fondale): Decreto Legislativo 25 novembre 1996, n. 624; DPR 886 del 24/5/1979; Legge, 24/03/2012 n° 27 (art. 16); UNI 11366 (in fase di rinnovo all'UNI); IMCA - International Code of Practice for Offshore Diving; EDTC - GUIDANCE ON SAFE WORKING PRACTICES IN COMMERCIAL DIVING; HSE – L103 Commercial diving projects offshore: Diving at Work Regulations 1997.
2. Subacquei in servizio locale (di porto): Decreto Ministeriale 13 gennaio 1979, Decreto Ministeriale 31 marzo 1981 e Decreto Ministeriale 2 febbraio 1982; HSE – L104 Commercial diving projects inland/inshore: Diving at Work Regulations 1997.
3. Cassonisti: DPR 321/56: Norme per la prevenzione degli infortuni e l'igiene del lavoro nei cassoni ad aria compressa.
4. ecc.

C.2 Quali criteri/metodiche è possibile utilizzare per una valutazione nella gestione operativa delle esposizioni ad atmosfere iperbariche?

L'ordine logico con cui si dovrebbe affrontare una valutazione del rischio dalla sola attività iperbarica dovrebbe essere, per tutte le tipologie di esposizione, il seguente:

- 1) Idoneità medica
- 2) Scelta della miscela respiratoria
- 3) Scelta della tabella di decompressione e delle relative procedure
- 4) Adeguatezza della preparazione degli operatori alle tecniche scelte
- 5) Aspetti tecnologici (attrezzature previste per l'immersione)
- 6) Altri fattori di rischio concorrenti (rischi fisici, chimici, biologici)
- 7) MEDEVAC
- 8) Fattori umani

Tale valutazione dell'esposizione deve essere completata da una più ampia valutazione del rischio derivante da tutte le altre caratteristiche dell'ambiente di lavoro (es.: scarsa visibilità, corrente, traffico nautico, etc.). Infine, anche altri agenti fisici, chimici e biologici che possono intervenire nel corso dell'attività in immersione.

Probabilità:

Valore	Probabilità	Descrizione
1	Estremamente improbabile	Non ci sono incidenti conosciuti nell'organizzazione (frequenza: zero eventi). L'evento può non essere noto a tutto il personale. E' accaduto a livello internazionale ma è estremamente raro (≤ 3 eventi / anno)
2	Improbabile	L'evento può accadere per la concomitanza di diverse cause indipendenti e improbabili (frequenza ≤ 1 eventi / anno). L'evento è generalmente noto a tutto il personale. E' accaduto a livello internazionale ma in rare circostanze (≤ 10 eventi / anno)
3	Possibile	L'evento può accadere dalla combinazione di diverse cause indipendenti e probabili (frequenza ≤ 10 eventi / anno). Il personale è a conoscenza dell'evento. La frequenza a livello internazionale è ≤ 100 eventi / anno
4	Probabile	L'evento può accadere senza la combinazione di diverse cause, anche se non in modo automatico o diretto (frequenza ≤ 20 eventi / anno). L'evento è ben noto a tutto il personale. Accade spesso a livello internazionale (> 100 eventi / anno)
5	Altamente probabile	L'evento può accadere in modo diretto o automatico (frequenza ≥ 20 eventi / anno). L'evento crea preoccupazione e il personale sa che può accadere facilmente

Gravità:

Valore	Gravità	Infortunio	Impatto ambientale	Danno materiale
1	Trascurabile	Minime conseguenze sulla salute. Può richiedere intervento di primo soccorso, trattamento medico sul luogo di lavoro o missione ridotta senza comportare tutti o giorni di assenza.	Minimo impatto L'area interessata è circoscritta dove è avvenuto l'evento. Le condizioni precedenti sono ristabili senza intervento umano e in breve periodo (< 1 settimana).	Danno limitato ad attrezzatura e sede, ripristinabile con manutenzione ordinaria.
2	Lieve	Lievi conseguenze sulla salute. Assenza dal lavoro (LTI) da 1 a 49 giorni.	Impatto lieve. L'area interessata è circoscritta all'area di cantiere. Le condizioni precedenti sono ristabili con intervento umano, senza servizi esterni di protezione ambientale.	Danno minore ad attrezzatura, riparabile sul posto di lavoro. Danno alla sede che necessita di interventi localizzati di breve durata. Danno $< € 50.000$
3	Moderata	Lesione significativa. Invalità parziale o importanti conseguenze sulla salute. Assenza dal lavoro (LTI) oltre i 49 giorni.	Impatto moderato. L'area interessata si estende entro i 500m dall'area di cantiere. Le condizioni precedenti sono ristabili con intervento da parte di servizi di protezione ambientale.	Il danno all'attrezzatura richiede lavori di riparazione di media durata. Danno alla sede che necessita di intervento / ripristino. Danno tra € 50.000 e 500.000
4	Seria	Lesione molto seria. Fattilità o grave invalidità permanente di una persona. Impossibilità a riprendere il lavoro	Impatto serio. L'area interessata si estende a livello regionale. Richiesto intervento di servizi di protezione ambientale. Violazione di regolamenti ambientali	Danno significativo ad attrezzatura / impianti che necessitano di interventi di lunga durata. La sede subisce danni strutturali. Danni tra € 500.000 e 2 milioni
5	Molto seria	Fattilità multiple. L'evento può portare a malattia professionale terminale o morte di più di una persona	Impatto molto serio. L'area interessata si estende a livello nazionale o internazionale. Gravi violazioni di leggi ambientali	Perdita di impianti o attrezzature importanti. Sede completamente danneggiata e inagibile. Danni $> € 2$ milioni

Gravità →		Trascurabile	Lieve	Moderata	Seria	Molto seria
Probabilità ↓		1	2	3	4	5
Estremamente improbabile	1	1 BASSO	2 BASSO	3 BASSO	4 BASSO	5 MEDIO
Improbabile	2	2 BASSO	4 BASSO	6 MEDIO	8 MEDIO	10 MEDIO
Possibile	3	3 BASSO	6 MEDIO	9 MEDIO	12 MEDIO	15 ALTO
Probabile	4	4 BASSO	8 MEDIO	12 MEDIO	16 ALTO	20 ALTO
Altamente probabile	5	5 MEDIO	10 MEDIO	15 ALTO	20 ALTO	25 ALTO

Nella sezione D vengono date informazioni di tipo tecnico su come gestire l'esito della valutazione del rischio (ad es. come predisporre il documento di valutazione del rischio, come formare i lavoratori, ecc.) ed eventuali situazioni in cui il rischio si può considerare aumentato.

SEZIONE D: GESTIONE DEL RISCHIO

SEZIONE D GESTIONE DEL RISCHIO		pag.
D.1	Quali misure tecniche e organizzative adottare all'esito della valutazione del rischio da atmosfere iperbariche?	15
D.2	In quali casi è necessario effettuare specifica informazione/formazione? Con quali contenuti?	15
D.3	In quali condizioni il rischio espositivo può risultare incrementato?	15
D.4	Come deve essere strutturata e che cosa deve riportare la Relazione Tecnica di supporto al documento di valutazione del rischio iperbarico?	16
D.5	Quali metodiche valutative possono essere appropriate per la valutazione di altri rischi fisici in atmosfera iperbarica?	16

D.1 Quali misure tecniche e organizzative adottare all'esito della valutazione del rischio da atmosfere iperbariche?

Avendo messo a punto quanto ipotizzato nelle tabelle precedenti per i vari fattori di rischio, la risposta implica la rimozione/il miglioramento dei punteggi svantaggiosi delle suddette Tabelle. La valutazione del rischio dovrebbe avere una sua declinazione per ogni tipologia di lavoro iperbarico descritta in A.1.

A cura e sotto la responsabilità del datore di lavoro dell'impresa operante, dovranno essere redatte, con riferimento alla specifica immersione, procedure

di emergenza e un piano per l'assistenza, il recupero ed il trasporto di subacqueo infortunato, da attuarsi nei termini previsti dai vigenti protocolli sanitari, presso un ambiente clinico la cui operatività nel periodo di interesse e i tempi di raggiungimento devono essere verificati prima dell'effettuazione delle immersioni; in alternativa, l'impresa dovrà mantenere sull'unità di appoggio o nelle immediate vicinanze, una camera iperbarica idoneamente attrezzata ed equipaggiata, con la presenza di un medico subacqueo e/o di personale qualificato all'utilizzo ed abilitato all'effettuazione di trattamenti terapeutici sotto indicazione medica; la camera iperbarica, oltre a dover essere conforme alle vigenti previsioni normative in materia, dovrà avere dimensioni tali da contenere un letto branda e da consentire al personale sanitario di prestare le cure all'infortunato.

D.2 In quali casi è necessario effettuare specifica informazione/formazione? Con quali contenuti?

La formazione e/o informazione sulle specifiche attrezzature adottate devono sempre essere fatte, così come sulle procedure operative scelte per la particolare immersione. In ogni caso in cui si sia stabilita una configurazione organizzativa ben definita, è necessario fare formazione su di essa al fine di un adeguamento ottimale dei comportamenti dei singoli lavoratori all'organizzazione stessa. In pratica sempre.

La formazione sui rischi derivanti dall'attività lavorative (che non è quella professionale che deve essere posseduta a priori) deve riguardare le scelte operate dal DL su:

- 1) Idoneità medica (il DL deve informare il personale che deve mantenere un buono stato di salute e un'adeguata alimentazione/idratazione)
- 2) miscela respiratoria appropriata
- 3) tabella di decompressione, l'azienda può scegliere ma deve informarne il lavoratore
- 4) dotazioni operative (sia relativamente alle attrezzature che alle procedure)
- 5) coordinazione tra le diverse squadre e delle diverse squadre con la superficie
- 6) MEDEVAC (medical evacuation: trasferimento sanitario dell'infortunato)

In generale le informazioni devono riguardare gli obiettivi dell'immersione, le modalità per conseguirli, gli attrezzi per eseguire le operazioni necessarie al raggiungimento degli obiettivi.

D.3 In quali condizioni il rischio espositivo può risultare incrementato?

Fattori che possono accrescere il rischio sono: meteorologici, stato del mare e delle correnti. Scarsa formazione subacquea degli operatori, attrezzature non idonee o non mantenute od obsolete, miscele respiratorie non idonee alla

profondità, stato generale di salute o emotivo/cognitivo alterato, ridotta o inesistente informazione specifica, trascuratezza nella programmazione, bassa/alta temperatura dell'acqua, immersione in quota, immersioni ripetute, eventuali patologie che il soggetto ha manifestato in conseguenza delle ultime immersioni, eccezionale sforzo fisico durante l'immersione, eccessiva lontananza dalla camera iperbarica (maggiore di due/quattro ore), mancato aggiornamento della formazione specifica anche in materia di prevenzione e primo soccorso, acque inquinate.

D.4 Come deve essere strutturata e che cosa deve riportare la Relazione Tecnica?

La Relazione Tecnica (DVR) dovrà essere strutturata nei seguenti argomenti:

- 1) denominazione dell'impresa;
- 2) individuazione del datore di lavoro, RSPP e RLS, medico competente e/o medico iperbarico;
- 3) descrizione dell'attività che si intende svolgere: obiettivi, operatori (eventuali squadre), mezzi tecnici, procedure previste;
- 4) analisi del rischio iperbarico: miscela respiratoria, tabelle di decompressione, dotazione strumentale e di supporto, squadre e loro interconnessione, MEDEVAC, interazione col SSN o autonomia d'intervento (camera iperbarica in situ, creazione e collocazione di struttura sanitaria in prossimità del cantiere per la gestione dei pazienti critici, in caso di impossibilità di gestione in situ); si vedano le tabelle del punto C.2.
- 5) analisi di rischio del processo lavorativo (piano operativo della sicurezza)
- 6) possibile interazione tra fattori di rischio diversi;
- 7) nel caso di diverse ditte che intervengono si dovrà anche prevedere un DUVRI, ossia la valutazione del rischio da attività interferenti.

D.5 Quali metodiche valutative possono essere appropriate per la valutazione di altri rischi fisici in atmosfera iperbarica?

Alcune attività in immersione possono esporre ad altri fattori di rischio fisico quale: rumore (utilizzo della sorbona), vibrazioni (impiego di attrezzi pneumatici), radiazioni ionizzanti (indagini sullo stato delle saldature), radiazioni ottiche (ultravioletti da saldatura/taglio ossi-elettrico), ultrasuoni, rischio elettrico, rischi di traumi meccanici. Tali fattori devono essere valutati tenendo conto delle diverse condizioni ambientali derivanti dal fatto di trovarsi in acqua. Oltre ai fattori di rischio fisico si dovrebbero considerare anche i fattori di rischio biologico e chimico per quelle realtà lavorative che lo richiedono.

Nei progetti che coinvolgono più mezzi navali, è necessario valutare un sistema di coordinamento per evitare incidenti tra i diversi operatori e mezzi.

Nella sezione E vengono trattati tutti gli aspetti più burocratici e legati alle misure di vigilanza e legali ad oggi in vigore.

SEZIONE E: VIGILANZA ED ASPETTI MEDICO LEGALI

SEZIONE E VIGILANZA ED ASPETTI MEDICO LEGALI		<i>pag.</i>
E.1	Nell'ambito del D. Lgs. 81/2008, in ottemperanza a quali riferimenti deve essere effettuata la valutazione del rischio da atmosfere iperbariche?	16
E.2	Gli effetti avversi sulla salute dovuti all'esposizione ad atmosfere iperbariche sono oggetto di riconoscimento di malattia professionale?	17
E.3	Come deve essere gestito il rischio iperbariche nell'ambito della valutazione dei rischi all'interno dei cantieri (POS e PSC) e dei rischi interferenti (DUVRI)?	18

E.1 Nell'ambito del D. Lgs. 81/2008, in ottemperanza a quali riferimenti deve essere effettuata la valutazione del rischio da atmosfere iperbariche?

La valutazione del rischio derivante dall'esposizione ad atmosfere iperbariche deve essere effettuata ai sensi dell'art. 181 del D. Lgs. 81/2008, secondo cui il datore di lavoro, come chiaramente indicato nel comma 1 dell'art. 28, valuta tutti i rischi derivanti dall'esposizione ad agenti fisici. Non essendo previsto nel Titolo VIII un Capo specifico per le atmosfere iperbariche, normativamente occorre considerare quanto richiesto dall'intero Capo I, ossia la finalità della valutazione del rischio, che deve essere tale da identificare e adottare le opportune misure di prevenzione e protezione (sezione D), con particolare riferimento alle norme di buona tecnica e alle buone prassi, come illustrato alle sezioni C e D (art. 182 comma 1), l'attenzione ai lavoratori particolarmente sensibili (art. 183), gli obblighi di informazione e formazione (art. 184), la sorveglianza sanitaria e la tenuta della cartella sanitaria di rischio (artt. 185 e 186).

Pertanto, qualora il rischio da esposizione ad atmosfere iperbariche non sia giustificabile, esiste da parte del datore di lavoro, ai sensi dell'art. 17 del D. Lgs. 81/2008 l'obbligo, sanzionabile e non delegabile, della valutazione del rischio da esposizione ad atmosfere iperbariche e della elaborazione del documento di cui all'art. 28, in cui dovranno essere identificate le opportune misure preventive e protettive da adottarsi per minimizzare il rischio.

Tabella E.1. Estratto della Tabella delle malattie professionali nell'Industria approvata con DM 10 ottobre 2023

MALATTIE (ICD-10)	LAVORAZIONI	Periodo massimo di indennizzabilità dalla cessazione della lavorazione
76) MALATTIE CAUSATE DA LAVORI SUBACQUEI ED IN CAMERE IPERBARICHE		
a) OSTEOARTROPATIE (MALATTIA DEI CASSONI, MALATTIA DEI PALOMBARI) (M90.3)	Lavori subacquei ed in camere iperbariche	10 anni

E.2. Gli effetti avversi sulla salute dovuti all'esposizione ad atmosfere iperbariche sono oggetto di riconoscimento di malattia professionale?

NOZIONE ASSICURATIVA DI MALATTIA PROFESSIONALE:

malattia causata dal lavoro o ad esso correlata che si differenzia dall'Infortunio sul Lavoro in quanto la *causa lesiva* agisce con modalità diluita nel tempo e non cronologicamente concentrata. Riguardo al rapporto causale (alla luce delle considerazioni della Corte Costituzionale e della Corte di Cassazione), *è stato ribadito che tale rapporto deve essere diretto ed efficiente, fatta salva, comunque, la possibilità del concorso di fattori causali extralavorativi, concorso che può rappresentare, in determinate condizioni, un fattore di potenziamento del rischio lavorativo aumentandone l'efficacia lesiva. Ovviamente il concetto di rischio lavorativo è da intendere non solo come "nocività delle lavorazioni in cui si sviluppa il ciclo produttivo aziendale" ma anche come quello più ampio riconducibile a tutte le condizioni in cui è prestata l'attività, in altri termini "all'organizzazione del lavoro"*.

Le Tabelle delle malattie professionali sono tabelle di legge con finalità assicurativa, che includono liste di malattie per le quali vige la presunzione legale dell'origine lavorativa, ossia la presunzione del nesso di causalità tra la malattia e la lavorazione svolta. Rappresentano uno strumento giuridico elaborato e periodicamente aggiornato sulla base di evidenze scientifiche e dati epidemiologici.

Le Nuove Tabelle delle malattie professionali, una per l'Industria e una per l'Agricoltura (DM 9 aprile 2008), sono strutturate in 3 colonne: nella prima colonna sono elencate le malattie raggruppate per agente causale (agenti fisici, agenti chimici, ecc.), nosologicamente definite ed identificate secondo la codifica internazionale delle malattie alla decima revisione (ICD-10), nella seconda colonna, per ciascuna malattia, sono indicate le lavorazioni che espongono all'agente causale, nella terza colonna è precisato il periodo massimo di indennizzabilità dall'eventuale abbandono della lavorazione a rischio. Affinché operi la presunzione legale di origine della patologia

denunciata sono dunque necessari tre requisiti: 1) che la malattia presentata dal lavoratore sia tra quelle indicate nella prima colonna; 2) che vi sia stata adibizione sistematica ed abituale ad una delle lavorazioni elencate nella seconda colonna; 3) che non sia stato superato il periodo massimo di indennizzabilità.

La presunzione del nesso di causalità è secondo *le regole iuris* una presunzione "relativa", ossia che ammette la prova contraria da parte dell'Istituto assicuratore, che potrà concretizzarsi in diverse circostanze: dimostrando che il lavoratore era stato addetto in maniera sporadica o occasionale alla mansione o alla lavorazione tabellata, che il lavoratore sia stato esposto all'agente patogeno connesso alla lavorazione tabellata in misura non sufficiente a causare la patologia, che la malattia sia riconducibile ad altra causa di origine extra-lavorativa.

Nell'ottica di non limitare la tutela assicurativa esclusivamente alle malattie professionali elencate nelle apposite Tabelle, la Corte Costituzionale con la sentenza n. 179 del 18 febbraio 1988, ha introdotto nell'ordinamento italiano il cosiddetto **sistema misto**, che fa salve le Tabelle con le loro peculiarità, ma nello stesso tempo estende la tutela a tutte le malattie delle quali il lavoratore sia in grado di provare l'origine professionale. Pertanto, anche malattie non elencate nelle Tabelle o contratte nell'esercizio o a causa di lavorazioni diverse da quelle ivi previste o manifestatesi dopo il periodo massimo di indennizzabilità, possono essere tutelate dall' INAIL, purché se ne dimostri l'origine professionale: in tal caso l'onere della prova spetta al lavoratore che, oltre a dimostrare di avere la malattia e di essere stato esposto al rischio, deve provare l'esistenza del nesso di causa. Di fatto l'Istituto assicuratore assume un ruolo attivo nella ricostruzione degli elementi probatori del nesso eziologico sia sul versante del rischio che medico legale, nel caso delle malattie non tabellate. Le Nuove Tabelle delle malattie professionali nell'Industria e nell'Agricoltura, approvate con DM 10 ottobre 2023.

Nella voce 76 della tabella per l'industria (tabella E.1.) compaiono le "MALATTIE CAUSATE DA LAVORI SUBACQUEI ED IN CAMERE IPERBARICHE" ed in particolare le osteoartropatie, mentre la seconda colonna della tabella indica che sono da considerarsi tabellati i lavori subacquei ed in camere iperbariche.

Riguardo al periodo massimo di indennizzabilità dalla cessazione dell'attività lavorativa è stato fissato un periodo di 10 anni, pertanto se la malattia viene denunciata oltre 10 anni dall'abbandono della lavorazione a rischio, il lavoratore dovrà esibire documentazione sanitaria che attesti che la manifestazione della malattia è avvenuta entro il termine previsto. Se la

malattia si è effettivamente manifestata oltre i termini tabellari sarà trattata come non tabellata.

Tabella E.1. Estratto della Tabella delle malattie professionali nell'Industria approvata con DM 10 ottobre 2023

MALATTIE (ICD-10)	LAVORAZIONI	Periodo massimo di indennizzabilità dalla cessazione della lavorazione
76) MALATTIE CAUSATE DA LAVORI SUBACQUEI ED IN CAMERE IPERBARICHE		
a) OSTEOARTROPATIE (MALATTIA DEI CASSONI, MALATTIA DEI PALOMBARI) (M90.3)	Lavori subacquei ed in camere iperbariche	10 anni

La tutela assicurativa INAIL nei confronti dei lavoratori affetti da malattia professionale avviene attraverso l'erogazione di prestazioni sanitarie ed economiche. Al riconoscimento della malattia professionale segue infatti l'accertamento dei postumi e la valutazione del danno biologico, effettuata sulla base delle tabelle delle menomazioni. L'indennizzo in capitale è previsto per le menomazioni valutate tra il 6% e il 15%, quello in rendita per le menomazioni superiori al 15%. L'indennizzo viene determinato, dopo l'applicazione della tabella delle menomazioni, attraverso la tabella di indennizzo del danno biologico. L'indennizzo in capitale è indipendente dal reddito, varia in relazione all'età dell'assicurato, cresce con l'aumentare del grado della menomazione ed è uguale per i due generi, secondo il recente adeguamento avvenuto con Determina del Presidente n.2 del 9 gennaio 2019. I nuovi importi riportati nella tabella dell'indennizzo in capitale, espressi in euro, derivano dalla ponderazione delle tabelle precedenti, che erano distinte per genere e prevedevano importi maggiori per le femmine rispetto ai maschi. L'indennizzo in rendita è costituito da una quota calcolata secondo i criteri dell'indennizzo del danno biologico, maggiorata di una quota ulteriore calcolata proporzionalmente al reddito dell'assicurato.

E.3. Come deve essere gestito il rischio da esposizione ad atmosfere iperbariche nell'ambito della valutazione dei rischi all'interno dei cantieri (POS e PSC) e dei rischi interferenti (DUVRI)?

Nel caso di interferenza di lavorazioni tra più datori di lavoro, il datore di lavoro committente promuove la cooperazione e il coordinamento delle diverse attività lavorative al fine di mettere in atto misure adeguate per prevenire l'insorgenza di situazioni di rischio per tutti i lavoratori, fornendo

dettagliate informazioni sui rischi specifici esistenti nell'ambiente in cui i lavoratori in appalto opereranno e sulle misure di prevenzione e di emergenza adottate e da adottare. L'interferenza tra le lavorazioni è da intendersi sia spaziale sia temporale, e riguarda anche le condizioni ambientali in cui i lavoratori in appalto sono chiamati a lavorare.

Come per tutti gli agenti di rischio occorre distinguere due casi:

1. Per i lavori connessi ai contratti d'appalto, d'opera o di somministrazione, ex art. 26 del D.lgs. 81/2008, il rischio di esposizione ad atmosfere iperbariche deve essere gestito attraverso la redazione del Documento Unico di Valutazione dei Rischi Interferenziali (DUVRI).
2. Nel caso di interferenza di lavorazioni in un cantiere, Titolo IV del D.lgs. 81/2008, il rischio di esposizione ad atmosfere iperbariche deve essere valutato nel Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC), redatto da parte del Coordinatore per la sicurezza, e nel Piano Operativo di Sicurezza (POS), redatto dal datore di lavoro della ditta in appalto.

In entrambi i casi il DL committente dovrà fornire al DL appaltante tutte le informazioni utili alla valutazione e prevenzione mettendo comunque a disposizione luoghi di lavoro che presentino caratteristiche di salute e sicurezza.

- Nel primo caso il committente dovrà fornire dettagliate indicazioni in merito all'eventuale **il rischio da esposizione ad atmosfere iperbariche** degli ambienti di lavoro presso i quali si svolgerà l'appalto e sulle misure di prevenzione e di emergenza adottate in relazione alla propria attività. I datori di lavoro, ivi compresi i subappaltatori, dovranno cooperare all'attuazione delle misure di prevenzione e protezione, mettendo in atto tutte le misure preventive di propria competenza. Di tale processo, valutativo e decisionale dovrà essere trovato formale riscontro nel DUVRI, elaborato dal datore di lavoro della ditta committente e sottoscritto da tutti i datori di lavoro che interverranno nell'appalto.
- Nelle attività ricadenti nel Titolo IV "Cantieri", definite all'Allegato X del D.lgs. 81/2008, il Coordinatore per la progettazione (CSP) all'atto dell'elaborazione del Piano di sicurezza e di coordinamento (PSC) dovrà prendere in considerazione anche il rischio da esposizione ad atmosfere iperbariche. Il Coordinatore per l'Esecuzione (CSE) dovrà adottare le misure previste nel PSC allo sviluppo temporale del cantiere, anche in relazione all'agente da atmosfere iperbariche. I datori di lavoro delle ditte in appalto dovranno prevedere all'interno dei propri POS le misure specifiche di organizzazione delle lavorazioni in cantiere.

GLOSSARIO

GLOSSARIO

1. **Alto Fondale:** batimetrie con profondità superiore a 50 metri;
2. **Basso Fondale:** batimetrie comprese tra 0 e 50 metri di profondità;
3. **Camera iperbarica:** contenitore a pressione idoneo per alloggiare persone che respirano Ossigeno con $FiO_2=1$ (100% O_2) a una pressione maggiore di quella atmosferica. Le camere iperbariche, in Italia, sono pluriambiente (Camera principale e camera secondaria o di equilibrio) e pluriposto (può contenere 2 o più persone);
4. **Camera di ricompressione:** è una camera iperbarica situata nel cantiere di lavoro come DPC, sulla base della valutazione dei rischi effettuati dal Datore di Lavoro in particolari condizioni (salto in camera e/o centri iperbarici distanti più di 2 ore dal cantiere);
5. **Coordinatore per la progettazione (CSP) e coordinatore per l'esecuzione (CSE):** soggetti incaricati dal committente per svolgere i compiti richiesti dagli artt. 91-92 del D.Lgs. 81/08;
6. **Curva di Sicurezza:** linea di demarcazione dei tempi d'immersione che permettono, in relazione alla profondità, la risalita diretta in superficie, ovvero senza tappe di decompressione, sempre nel rispetto della velocità di risalita prescritta dalle tabelle in uso;
7. **Datore di lavoro (DL):** ex art. 2 lett. b del D.Lgs. 81/08 e s.m.i., è il soggetto titolare del rapporto di lavoro con il lavoratore o, comunque, il soggetto che, secondo il tipo e l'assetto dell'organizzazione nel cui ambito il lavoratore presta la propria attività, ha la responsabilità dell'organizzazione stessa o dell'unità produttiva in quanto esercita i poteri decisionali e di spesa;
8. **Documento Valutazione dei Rischi (DVR):** documento di formalizzazione dell'esito della valutazione dei rischi per la salute e sicurezza dei lavoratori presenti nell'ambito di una organizzazione, indicante le misure di prevenzione e protezione da adottare per lo svolgimento dell'attività lavorativa, redatto e mantenuto in conformità a quanto riportato nell'art.29 del D.Lgs. 81/08 e s.m.i.;

Trattandosi di un argomento ancora poco conosciuto, è stato aggiunto un glossario per facilitare la comprensione del documento.

CONCLUSIONI

Ad oggi questo documento rappresenta il primo passo in un settore considerato ancora di nicchia e per il quale purtroppo, non esiste ancora un Capo Specifico nel D.lgs. 81/2008 (Testo Unico della Sicurezza).

Molti aspetti restano ancora da definire ai fini della valutazione del rischio, sia sulle attrezzature che sulla legislazione nazionale. Il DPR 321/56 sui cassoni ad aria compressa era molto avanzato dal punto di vista della prevenzione, all'epoca della sua promulgazione. Se si applicassero adesso le procedure decompressive ivi previste si causerebbero però molti incidenti di decompressione. Purtroppo rappresenta tuttora, per la vigilanza, il documento di riferimento per lo scavo meccanizzato. Pertanto, nel prosieguo dei lavori del Gruppo Iperbarico si dovrà ricomprendere sia una attività volta a migliorare la valutazione del rischio dal punto di vista dei diversi fattori che vi prendono parte, sia una migliore interpretazione delle leggi vigenti e, eventualmente, contribuire a promulgarne di nuove, più consone con le conoscenze raggiunte nell'ultimo decennio.

Il gruppo di lavoro si occuperà di produrre e diffondere tutti gli aggiornamenti tecnici e normativi.

RADIAZIONI NON IONIZZANTI IN ESTETICA

Laura Filosa (1) e Vanni Lopresto (2)

1. *Consulenza Tecnica per la Salute e la Sicurezza Centrale – INAIL, Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro, Roma (1)*
2. *Direzione Centrale Infrastrutture e Servizi – ENEA, Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile, Centro Ricerche Casaccia, Roma (2)*

INTRODUZIONE

L'allungamento della vita media delle persone e la ricerca del proprio benessere psicofisico, insieme alla redditività del settore ha visto aumentare in maniera esponenziale il numero e la frequentazione dei centri estetici. Allo stesso tempo, l'evoluzione tecnologica ha permesso lo sviluppo e l'utilizzo, per scopi estetici, di apparecchiature basate sull'emissione di radiazioni non ionizzanti (NIR), dai campi elettromagnetici (CEM) alle radiazioni ottiche, incoerenti e coerenti. Lo sviluppo normativo e legislativo non ha, però, seguito la stessa tendenza e, pertanto, c'è ancora una scarsa conoscenza dei rischi che possono derivare dall'esposizione a tali agenti fisici. Inoltre, essendo tecniche considerate poco invasive, c'è scarsa consapevolezza delle esposizioni connesse e vengono erroneamente percepite prive di rischi sia dai lavoratori sia da chi si sottopone al trattamento. Di conseguenza, anche la valutazione del rischio e la formazione dei lavoratori del settore risulta spesso carente se non assente. Nel lavoro proposto, si vuole fornire una panoramica sullo stato dell'arte a livello normativo e legislativo, alla luce anche della pubblicazione della Commissione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni Non Ionizzanti (ICNIRP) del 2020 [1], in cui si evidenzia una ancora limitata conoscenza dei possibili effetti avversi sulla salute derivanti dall'uso delle NIR per finalità estetiche, nonché si fornisce una panoramica sullo stato applicativo delle stesse nel settore. Si fa comunque presente che nel documento ICNIRP non si distingue esplicitamente fra trattamenti estetici e trattamenti di medicina estetica, mentre in Italia i due comparti sono chiaramente distinti ai sensi della legislazione vigente [2], [3], [4].

MATERIALI E METODI

Le apparecchiature utilizzate in ambito estetico non sempre sono distinguibili da quelli utilizzati in ambito medico.

Tra queste applicazioni, le più note e utilizzate sono i Solarium per l'abbronzatura artificiale attraverso l'esposizione a radiazione ultravioletta (UV), i dispositivi per il *curing*, ovvero per la fotopolimerizzazione del gel o del semipermanente attraverso l'UV, i dispositivi per la depilazione basati sulla radiazione laser. Si sono ampiamente diffuse anche altre tecnologie come le applicazioni basate sui campi elettromagnetici, sia in bassa frequenza (elettrostimolazione) sia radiofrequenza, per il foto-ringiovanimento.

A livello normativo nazionale, la prima legge che ha tentato di definire e sistematizzare l'attività di estetista è la Legge 4 gennaio 1990 n.1 - *Disciplina dell'attività di estetista* [2]. Nella Legge 1/1990 viene statuito che l'attività di estetista comprende tutte le prestazioni ed i trattamenti eseguiti sulla superficie del corpo umano il cui scopo esclusivo o prevalente sia quello di mantenerlo in perfette condizioni, di migliorarne e proteggerne l'aspetto estetico, modificandolo attraverso l'eliminazione o l'attenuazione degli inestetismi presenti. Si precisa, altresì, che l'attività può essere svolta con l'attuazione di tecniche manuali o con l'utilizzazione degli apparecchi elettromeccanici per uso estetico e con l'applicazione dei prodotti cosmetici. Dei 23 apparati elettromeccanici per uso estetico individuati ed elencati nell'allegato alla Legge, sono sorgenti di radiazioni non ionizzanti:

- stimolatori a microcorrenti;
- solarium per l'abbronzatura:
 - lampade abbronzanti UV-A,
 - lampade di quarzo con applicazioni combinate o indipendenti di raggi ultravioletti (UV) ed infrarossi (IR)
- apparecchi per il trattamento di calore totale o parziale:
 - apparecchio per il trattamento di calore totale o parziale,
 - apparecchio per il trattamento di calore parziale tramite radiofrequenza resistiva e/o capacitiva;
- depilatori elettrici ed elettronici:
 - elettrodepilatore ad ago,
 - apparecchiatura elettronica ad impulsi luminosi per fotodepilazione;
- elettrostimolatore ad impulsi;
- soft laser per trattamento rilassante, tonificante della cute o fotostimolante delle aree riflessogene dei piedi e delle mani;
- laser estetico defocalizzato per la depilazione.

Sono escluse dall'attività di estetista le prestazioni dirette in linea specifica ed esclusiva a finalità di carattere terapeutico.

Ventuno anni dopo la Legge 1/1990, è stato emanato, molto atteso, il Decreto Ministeriale 12 maggio 2011, n. 110, in attuazione della Legge 1/1990, che disciplina gli apparecchi elettromeccanici per l'attività di estetista, specificando quali sono consentiti e definendo gli standard di sicurezza [3]. Il decreto stabilisce i requisiti di sicurezza che tali apparecchi devono rispettare, e ha subito modifiche con il Decreto Interministeriale 15 ottobre 2015, n. 206 (DM 206/2015) [4], che ha aggiornato l'elenco e ha reintegrato alcune apparecchiature che erano state temporaneamente sospese, come il dermografo per la micropigmentazione, pur rimanendone fuori altre, tra cui il microblading.

Tra le apparecchiature riportate nell'elenco del DM 206/2015, in questo lavoro ci si sofferma in particolar modo su una sorgente di radiazione UV molto diffusa nei centri estetici e una sorgente di CEM utilizzata nel settore in modo improprio.

Lampade abbronzanti

Come riportato nella scheda informativa relativa alle lampade abbronzanti e in allegato in entrambi i decreti [3], [4], nel 2009 l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro ha classificato i dispositivi che emettono radiazione UV per l'abbronzatura artificiale nel Gruppo 1 dei "cancerogeni per gli esseri umani" [5]. Per questo motivo l'utilizzo di tali apparecchiature è sconsigliabile per chiunque e, ai sensi del DM 206/2015 [4], è proibito in Italia ai minori di 18 anni, alle donne in stato di gravidanza, ai soggetti che soffrono o hanno sofferto di neoplasie della cute e ai soggetti che non si abbronzano o che si scottano facilmente all'esposizione al sole. Tuttavia, da indagini e sopralluoghi effettuati dagli autori, si è riscontrato che non sempre vengono rispettate le disposizioni, soprattutto per mancanza di informazione sui rischi connessi. Un'altra importante prescrizione del DM 206/2015 riguarda l'utilizzo delle apparecchiature nei centri estetici, che deve essere limitato esclusivamente ai fini estetici e non terapeutici: non possono essere quindi vantati effetti benefici. Fra gli effetti benefici che potrebbero essere associati, ad esempio, all'utilizzo delle lampade abbronzanti, che sfruttano la radiazione UV, oltre a quelli di tipo psicologico spesso riportati dai fruitori delle lampade, vi sono quelli dovuti alla sintesi di vitamina D stimolata dalla radiazione UVB. Oltre agli effetti della vitamina D sull'assorbimento del calcio e sulla mineralizzazione delle ossa, che favoriscono la prevenzione del rachitismo nei bambini e dell'osteomalacia negli adulti, varie sono le questioni scientifiche

aperte riguardo i molteplici ruoli della vitamina nella salute umana [6]. I rischi per la salute dovuti all'utilizzo delle lampade abbronzanti sono comunque maggiori dei benefici, come sottolineato dal Comitato Scientifico dell'Unione Europea Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks (SCHEER) [7]. Inoltre, viene riportato dal Comitato che non vi è nessun bisogno di utilizzare le lampade UVB per indurre la produzione di vitamina D, per la quale sono sufficienti esposizioni giornaliere al sole, anche di breve durata, in estate e alle nostre latitudini anche in inverno (ad esempio, delle mani e del viso durante una semplice passeggiata) per assicurarne adeguatamente il fabbisogno. Quando una idonea esposizione al sole non sia possibile (ad es., persone con fototipo scuro che vivono in Paesi a elevate latitudini, persone anziane o non deambulanti, persone recluse o private della libertà), è possibile sopperire con una dieta bilanciata o con l'uso di integratori [7] [8]. Anche l'Organizzazione Mondiale della Sanità, in un documento di cui è disponibile anche la traduzione in italiano [9], conclude che non è raccomandato utilizzare le lampade abbronzanti per aumentare i livelli di vitamina D, perché gli effetti benefici di un'aumentata sintesi di vitamina D sono superati dagli effetti dannosi per la salute dovuti alle esposizioni alla radiazione UV, tenendo conto anche del fatto che fonti alternative di vitamina D sono facilmente disponibili.

Stimolatori muscolari magnetici

Una tecnologia che, nonostante la normativa ne vieti l'utilizzo, potrebbe trovarsi nei centri estetici è la stimolazione muscolare mediante induzione magnetica; sono generalmente utilizzate apparecchiature simili, per il funzionamento, a quelle per la stimolazione magnetica transcranica impiegate per il trattamento di malattie neurodegenerative o per la diagnosi della corretta funzionalità neuronali e delle vie nervose. In entrambi i casi, si tratta di generatori a elevati impulsi di corrente elettrica che scorrono in un applicatore, contenente una o più spire, in grado di generare un intenso campo magnetico, variabile nel tempo, a bassa frequenza, che a sua volta induce correnti elettriche nel corpo del soggetto esposto. Il soggetto trattato deve necessariamente essere esposto a livelli tali da indurre la stimolazione dei tessuti nervosi e muscolari, in modo da provocare l'effetto biologico desiderato. La stimolazione dei tessuti può essere causa di effetti dannosi sulla salute, provocando non solo semplici percezioni del passaggio nel corpo delle correnti elettriche, ma anche sensazioni dolorose con l'aumentare dell'intensità.

Le misure sperimentali hanno rilevato la presenza di emissioni rilevanti di campo magnetico, non solo nella regione di spazio occupata dal soggetto

trattato, ma anche in zone dove potrebbero essere presenti gli operatori. Per questo motivo, al fine di un uso sicuro di tali apparecchiature da parte degli operatori a prescindere dall'ambito di utilizzo, devono essere messe in atto idonee procedure di prevenzione dell'esposizione e protezione della salute, in primis un'adeguata formazione di tutti gli operatori coinvolti.

In Italia tali apparecchiature non possono essere utilizzate nei centri estetici, in quanto non previste nell'elenco delle apparecchiature di cui all'allegato alla Legge n. 1 del 1990. L'elenco prevede gli "Elettrostimolatori ad impulsi", che immettono anch'essi correnti elettriche nel corpo umano, ma tramite elettrodi e non per esposizione a campi magnetici. Inoltre, gli stimolatori muscolari magnetici espongono il soggetto trattato a livelli di campo necessariamente superiori ai limiti di esposizione a campi magnetici a bassa frequenza fissati per prevenire effetti avversi per la popolazione generale [10]. Il superamento di tali limiti, verificato sperimentalmente[11], è permesso dalla normativa solo per esposizioni di tipo professionale, oppure nel caso di esposizioni intenzionali per scopi diagnostici o terapeutici [12], quindi non è consentito nel caso dei trattamenti effettuati presso i centri estetici.

CONCLUSIONI

Le apparecchiature che impiegano radiazioni non ionizzanti con finalità estetiche, nonostante la presunta "non invasività" dei trattamenti, possono essere causa di rischi per la salute dei soggetti trattati e a volte anche degli operatori. È quindi di fondamentale importanza che vengano documentati scientificamente gli effetti biologici indotti, le eventuali controindicazioni e gli effetti collaterali, così come è fondamentale fornire una corretta informazione rivolta ai consumatori e una formazione specifica agli operatori sui possibili rischi per la salute.

BIBLIOGRAFIA

- [1] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). intended Human Exposure to Nonionizing Radiation for Cosmetic Purposes. *Health Phys* 2020;118(5):562-79.
- [2] Italia. Legge 4 gennaio 1990, n. 1. Disciplina dell'attività di estetista. *Gazzetta Ufficiale - Serie Generale* n. 4, 5 gennaio 1990.
- [3] Italia. Decreto Ministeriale 12 maggio 2011, n. 110. Regolamento di attuazione dell'articolo 10, comma 1, della Legge 4 gennaio 1990, n. 1, relativo agli apparecchi elettromeccanici utilizzati per l'attività di estetista. *Gazzetta Ufficiale - Serie Generale* n. 163, 15 luglio 2011.
- [4] Italia. Decreto Ministeriale 15 ottobre 2015, n. 206. Regolamento recante modifiche al decreto 12 maggio 2011, n. 110, concernente il regolamento di attuazione dell'articolo 10, comma 1, della Legge 4 gennaio 1990, n. 1, relativo agli apparecchi elettromeccanici utilizzati per l'attività di estetista. *Gazzetta Ufficiale - Serie Generale* n. 300, 28 dicembre 2015.
- [5] International Agency of Research on Cancer (IARC). Radiation. Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. A Review of Human Carcinogens. Vol. 100 D. Lyon: IARC; 2012.
- [6] Pozzi R, Polichetti A. L'esposizione alla radiazione UV tra rischi, benefici e controversie scientifiche: come e cosa comunicare? In: XXXVII Congresso Nazionale AIRP di Radioprotezione. Bergamo, 17-19 ottobre 2018. p. 367-71.
- [7] European Commission. Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks (SCHEER). Opinion on Biological effects of ultraviolet radiation relevant to health with particular reference to sunbeds for cosmetic purposes, 17 November 2016. Health effects of sunbeds for cosmetic purposes. Final. Luxembourg; 2016.
- [8] Testai E. Abbronzatura a tutti i costi o pallido è bello? Quanto è sicuro utilizzare i lettini abbronzanti. *Not Ist Super Sanità* 2017;30(1):15-6.
- [9] World Health Organization (WHO). Artificial tanning devices: public health interventions to manage sunbeds. Geneva: WHO; 2017. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Traduzione italiana curata da Polichetti A, Pozzi R, D'Amore G, Gobba F
- [10] Italia. 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. *Gazzetta Ufficiale - Serie Generale* n. 200, 29 agosto 2003.

- [11] Bogi A, Pinto I, Stacchini N, et al. Stimolatori muscolari ad uso estetico come sorgenti rilevanti di campo magnetico: aspetti protezionistici. In: Atti del Convegno Nazionale Airp di Radioprotezione. Roma, 29 settembre-1° ottobre 2021. p. 462-81.
- [12] Italia. Legge 22 febbraio 2001, n. 36. Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici. Gazzetta Ufficiale - Serie Generale n. 200, 29 agosto 2003

VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI GENERATI DA UN RADAR PER L'OSSERVAZIONE METEOROLOGICA E MISURE PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO PER I LAVORATORI

Vanni Lopresto

Direzione Centrale Infrastrutture e Servizi – ENEA, Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile, Centro Ricerche Casaccia, Roma

RIASSUNTO

Nel presente lavoro si illustra un caso di studio relativo alla valutazione del rischio da esposizione ai campi elettromagnetici (CEM) emessi da un radar meteorologico per l'osservazione della troposfera e delle nuvole, installato nella Stazione di osservazioni climatiche situata nell'isola di Lampedusa. Il radar oggetto dello studio è un radar monostatico a effetto Doppler pulsato, operante in banda Ka, che consente di rilevare nuvole e nebbie atmosferiche. Il radar trasmette alla frequenza di 35,2 GHz con potenza di picco fino a 3 kW e potenza media fino a 3 W.

La valutazione del rischio da esposizione a CEM è stata effettuata, ai sensi dell'art. 209 – comma 1 del D.lgs. 81/2008 e s.m.i., sulla base della documentazione fornita dal fabbricante, in cui sono indicate le distanze di sicurezza per il rispetto delle restrizioni della Raccomandazione 1999/519/CE che, ai sensi della legge quadro 36/2001 e del DPCM 8 luglio 2003, si applicano alla popolazione e alle esposizioni non professionali dei lavoratori per le sorgenti di CEM tra 100 KHz e 300 GHz diverse dai sistemi fissi di comunicazione e radiotelevisivi. In base a tali distanze di sicurezza, sono state implementate le misure organizzative e procedurali che assicurano il rispetto dei limiti per la popolazione, così da minimizzare il rischio per i lavoratori addetti, inclusi i lavoratori appartenenti a gruppi particolarmente sensibili al rischio di cui agli artt. 183 e 209 del D.lgs. 81/2008 e s.m.i.

INTRODUZIONE

Ai fini della valutazione del rischio da esposizione a CEM nei luoghi di lavoro, occorre tenere conto del combinato disposto del D.lgs. 81/2008 e s.m.i. [1], come modificato dal D.lgs. 159/2016 di recepimento della Direttiva 2013/35/UE [2], nonché della Legge Quadro 36/2001 [3] e dei relativi decreti

attuativi [4]. Alle esposizioni professionali a CEM di cui all'art. 3, lett. f della Legge 36/2001 – ossia le esposizioni necessarie e strettamente correlate con la mansione lavorativa – si applicano i limiti di cui all'art. 208 e allegato XXXVI del D.lgs. 81/2008 e s.m.i. Invece, le esposizioni non professionali di cui all'art. 3, lett. g della Legge 36/2001 – ossia quelle occupazionali a CEM non necessarie e non correlate con la specifica mansione del lavoratore – devono essere contenute entro i limiti fissati dalla normativa vigente per la tutela della popolazione.

Per le esposizioni della popolazione e le esposizioni non professionali a CEM nella gamma di frequenza compresa tra 100 kHz e 300 GHz (così dette alte frequenze) non riconducibili ai sistemi fissi di telecomunicazione e radiotelevisivi, il DPCM 8 luglio 2003, pubblicato sulla G.U.R.I. n. 199 del 28 agosto 2003 (DPCM Alta Frequenza), recepisce le restrizioni all'esposizione stabilite nella Raccomandazione 1999/519/CE [5].

In questo studio, la valutazione, dei rischi e l'identificazione dell'esposizione a CEM derivanti da un radar meteorologico per l'osservazione della troposfera e delle nuvole, installato nella Stazione di osservazioni climatiche situata nell'isola di Lampedusa, è stata effettuata, ai sensi dell'art. 209, comma 1 del D.lgs. 81/2008 e s.m.i., sulla base delle informazioni sull'uso e sulla sicurezza rilasciate dal fabbricante dell'attrezzatura, in cui sono indicati i livelli di emissione in conformità alla legislazione europea, applicabili alle condizioni di esposizione sul luogo di installazione.

IDENTIFICAZIONE DELL'ESPOSIZIONE

L'apparecchiatura oggetto della valutazione è un radar meteorologico per l'osservazione della troposfera e delle nuvole, modello MIRA-35C, prodotto da METEK Meteorologische Messtechnik GmbH (Elmshorn, Germania), installato nella stazione di osservazioni climatiche dell'ENEA nell'isola di Lampedusa (Figura 1). Il MIRA-35C è un radar monostatico a effetto Doppler pulsato operante in banda Ka e basato su magnetron, che consente di rilevare nuvole e nebbie atmosferiche. Il radar è equipaggiato con un'antenna Cassegrain avente un diametro di 1 m e una larghezza del fascio di 0,6°. Il radar trasmette CEM a microonde alla frequenza di 35,2 GHz con una potenza di picco fino a 3 kW e una potenza media fino a 3 W, ossia con un fattore di cresta di 30 dB.

La potenza del radar oggetto della valutazione è superiore ai valori del livello di esclusione a bassa potenza (P_{max}) riferiti al rateo di assorbimento specifico di energia (*specific absorption rate*, SAR, W/kg) riportati in Tabella 1, di cui alla norma CEI EN 50663 [6] per la conformità con i limiti di base per l'esposizione a CEM della popolazione indicati nella Raccomandazione

1999/519/CE. Pertanto, non sussistendo la presunzione di conformità, è necessario un approfondimento della valutazione ai sensi dell'art. 209 del D.lgs. 81/2008 e s.m.i.



Figura 1. Radar meteorologico MIRA-35C installato nella Stazione di osservazioni climatiche dell'ENEA nell'isola di Lampedusa.

Tabella 1. Valori del livello di esclusione a bassa potenza (P_{max}) riferito al SAR da non superare per la conformità con i limiti di base per l'esposizione a CEM della popolazione e dei lavoratori (norma CEI EN 50663:2018)

Tipo di esposizione (limiti applicabili)	Regione del corpo esposta	Livello di esclusione a bassa potenza	
		P_{max} (mW)	P_{max} (dBm)
Popolazione (Racc. 1999/519/CE)	Testa e tronco	20	13
	Arti	40	16
Esposizioni professionali (Direttiva 2013/35/UE)	Testa e tronco	100	20
	Arti	200	23

VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE

Ai sensi della Legge quadro 36/2001 e del DPCM Alta Frequenza, per l'esposizione della popolazione e le esposizioni non professionali dei lavoratori ai CEM a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz derivanti da sorgenti che non siano riconducibili ai sistemi fissi di telecomunicazione e radiotelevisivi, tra cui i radar, si applica l'insieme delle restrizioni all'esposizione della popolazione contenute nella Raccomandazione 1999/519/CE, di cui si riporta un estratto nella Tabella 2 per quanto concerne i livelli di riferimento (ossia i valori limite per i livelli ambientali delle intensità di campo elettrico e magnetico e della densità di potenza) nell'intervallo di frequenza di funzionamento del radar.

A norma dell'art. 209 del D.lgs. 81/2008 e s.m.i., la valutazione dell'esposizione a CEM, e l'identificazione delle misure per la riduzione del rischio, è stata effettuata sulla base delle informazioni reperibili nella documentazione fornita dal fabbricante, in cui è riportata la certificazione dell'apparecchiatura radar contenente le prescrizioni in termini di distanze di sicurezza per il rispetto dei limiti normativi vigenti nella Repubblica Federale di Germania per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai CEM, che recepiscono le restrizioni della Raccomandazione 1999/519/CE.

Tabella 2. Livelli di riferimento per l'esposizione della popolazione applicabili nella gamma di frequenza di funzionamento del radar

Livello di riferimento per la popolazione (Raccomandazione 1999/519/CE)			
Gamma di frequenza (GHz)	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Densità di potenza S_{eq} (W/m²)
2 – 300	61	0,16	10

MISURE PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO

Nella Tabella 3 si riportano le distanze di separazione ai fini del rispetto dei livelli di riferimento della Raccomandazione 1999/519/CE, come specificate nel certificato del fabbricante, da applicare nella direzione del lobo principale di irradiazione dell'antenna (ossia lo zenit) e nella direzione ortogonale (90°), riferite a un'altezza d'installazione dell'antenna dal suolo di 1,5 m.

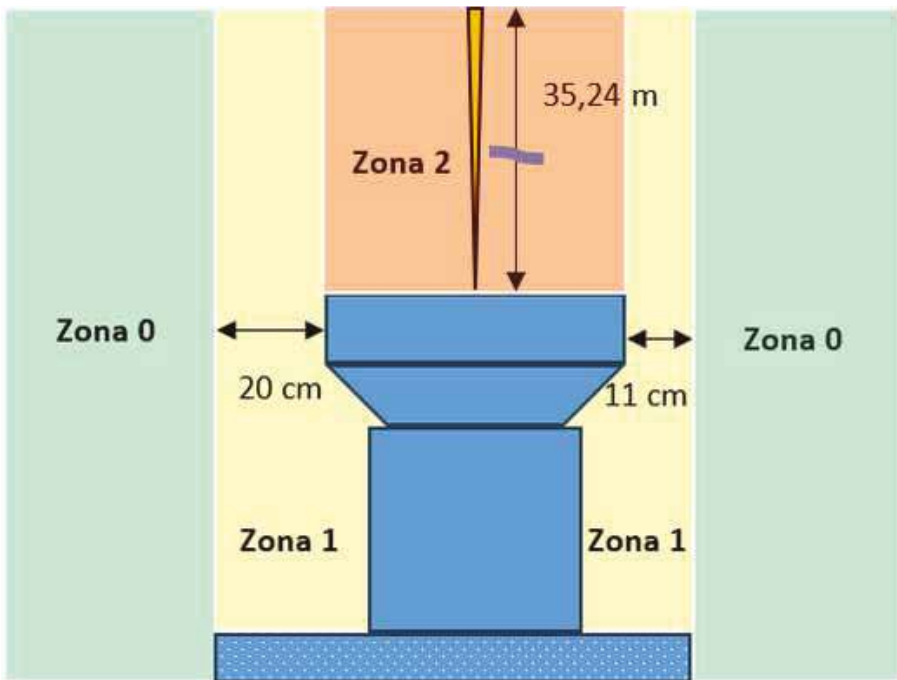
Sulla base dei valori delle distanze di rispetto fornite dal fabbricante, riportate nella Tabella 3, si evince che la distanza minima di separazione da prescrivere per un lavoratore che si trovi nella prossimità dell'installazione radar è di 11 cm. Tale prescrizione assicura, altresì, che nessuna parte del corpo del lavoratore sia intercettata dal fascio principale di irradiazione del radar.

Tabella 3. Distanze di rispetto da applicare ai fini della conformità ai livelli di riferimento della Raccomandazione 1999/519/CE

	Direzione del lobo principale (zenit)	Direzione ortogonale (90°)	Altezza d'installazione dell'antenna dal suolo
Distanza di rispetto	35,24 m	0,11 m	1,5 m

Ai fini pratici, si è ritenuto opportuno implementare la Zonizzazione di cui alla norma CEI EN 50499 [7], come rappresentato in Figura 2. Nello specifico, è stata identificata come Zona 0, ossia la zona in cui è assicurato il rispetto dei

livelli di riferimento della Raccomandazione 1999/519/CE, la zona delimitata da una catena di materiale dielettrico installata sul basamento di sostegno su cui è montato il radar. Poiché l'apparecchiatura radar è posizionata asimmetricamente rispetto al basamento, la catena di delimitazione assicura che su tre lati sia garantita una distanza dal bordo dell'antenna di almeno 20 cm, mentre su un lato si è "a misura" degli 11 cm minimi prescritti dal fabbricante.



CONCLUSIONI

La valutazione del rischio CEM per i lavoratori che operano presso il radar meteorologico, installato nella stazione di osservazioni climatiche dell'ENEA nell'isola di Lampedusa, è stata effettuata, ai sensi dell'art. 209, comma 1 del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i., sulla base delle informazioni sull'uso e sulla sicurezza rilasciate dal fabbricante dell'attrezzatura, in cui sono indicate le distanze di rispetto per la conformità ai livelli di riferimento per l'esposizione della popolazione di cui alla Raccomandazione 1999/519/CE.

Sulla base di tali indicazioni, è stata definita e messa in atto un'appropriata procedura di zonizzazione (CEI EN 50499) per la riduzione del rischio.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Decreto Legislativo 9 aprile 2008 n.81 (D. Lgs. 81/2008) – Testo coordinato con il D. Lgs. 3 agosto 2009, n. 106 – Attuazione dell’art. 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro. *Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana*, n. 180, 5 agosto 2008, Revisione luglio 2025.
- [2] Direttiva 2013/35/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio dell’Unione Europea del 26 giugno 2013 sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all’esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici). *Gazzetta Ufficiale dell’Unione Europea*, L 179/1, 29 giugno 2013, 2013, L179, 1-21
- [3] Legge 22 febbraio 2001, n.36, Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici. *Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana*, n. 55, 7 marzo 2001.
- [4] Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri (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. *Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana*, n. 199, 28 agosto 2003.
- [5] Raccomandazione del Consiglio delle Comunità europee, 12 luglio 1999 sulla limitazione dell’esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz (1999/519/CE). *Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee* L 199, 59-70, 30 luglio 1999.
- [6] Norma CEI EN 50663 (2018-05). Norma generica per la valutazione della conformità di apparecchiature elettroniche ed elettriche di bassa potenza ai limiti dell’esposizione umana ai campi elettromagnetici (10 MHz – 300 GHz).
- [7] Norma CEI EN 50499 (2020-11). Procedura per la valutazione dell’esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici.

STUDIO PREVISIONALE DELL' IMPATTO ACUSTICO E INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RUMORE SVOLTO PRESSO LA SEDE INAIL DI AREZZO A SEGUITO DI INSTALLAZIONE DI IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE CENTRALIZZATO.

Massimiliano FAIELLA, Augusto PAPA, Viviana VOSA

INAIL UOT CVR Napoli

INTRODUZIONE

Il presente studio analizza l'impatto acustico derivante dalla sostituzione del sistema di climatizzazione centralizzato presso la sede INAIL di Arezzo, situata in Piazza Guido Monaco. L'obiettivo è stato valutare la propagazione del rumore e progettare interventi di bonifica acustica per garantire il rispetto dei limiti normativi.

Per una valutazione accurata, è stata condotta una campagna di misure acustiche pre e post intervento, rilevando il livello di rumore nei punti di installazione del nuovo impianto. Sulla base delle caratteristiche acustiche delle nuove apparecchiature, sono stati elaborati diversi scenari previsionali considerando diverse possibili ubicazioni dell'impianto.

Il modello di propagazione è stato calibrato attraverso misurazioni del clima acustico, verificando la conformità ai limiti di legge in relazione alla posizione degli impianti e ai ricettori esposti.

CLASSIFICAZIONE ACUSTICA

Ai fini della determinazione dei valori limite, il D.P.C.M. 1° marzo 1991, in conformità alla suddivisione territoriale prevista dal D.M. n° 1444/68, introduce il criterio della zonizzazione acustica. Tale normativa impone ai Comuni di suddividere il territorio in sei classi, ciascuna con specifici limiti di rumorosità. La classificazione, riportata nella Tabella 1, si basa sulla tipologia degli insediamenti, con limiti aggiornati dal D.P.C.M. 14 novembre 1997.

La sede INAIL di Arezzo e i ricettori più prossimi ricadono nella Classe IV, definita come “area di intensa attività umana”, per la quale il limite assoluto di rumorosità è fissato a 65 dBA per il periodo diurno.

CLASSI DI DESTINAZIONE D'USO DEL TERRITORIO	TEMPI DI RIFERIMENTO	
	diurno (06.00-22.00)	Notturmo (22.00-06.00)
I aree particolarmente protette	50	40
II aree prevalentemente residenziali	55	45
III aree di tipo misto	60	50
IV aree di intensa attività umana	65	55
V aree prevalentemente industriali	70	60
VI aree esclusivamente industriali	70	70

Tabella 1:
zonizzazione acustica

RECETTORI

I ricettori sensibili sono definiti come edifici e spazi abitativi occupati da persone o comunità, presumibilmente più esposti al rumore generato dall’insediamento. La loro identificazione tiene conto di diversi fattori, tra cui la zonizzazione acustica, la distanza e la direzionalità delle sorgenti sonore, la propagazione del rumore e l’altezza delle finestre degli edifici esposti.

Nel presente studio, i principali ricettori individuati sono un albergo situato a 22,2 metri dalla sorgente sonora, e due edifici residenziali posti rispettivamente a 17 metri e 18,4 metri di distanza (Foto 1, Foto 2, Foto 3). Non sono stati rilevati, a distanze significative, ricettori altamente sensibili come scuole o ospedali.



Foto 1: Palazzina INAIL sede Arezzo e distanza edifici circostanti la struttura



Foto 2 – Albero ricettore, prospiciente lato sinistro del terrazzino dist. 17 m



Foto 3 – Abitazioni (ricettori) prospiciente lato destro del terrazzino dist 22,20 e 18,40 m

DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE

Gli impianti installati sono n. 5 macchine VRV di casa costruttrice Mitsubishi Electric. Nello specifico:

- a) n. 2 unità esterne modello: PURY-P300YNM-A2(H) serial 29W00094 e 23W01154;
- b) n. 2 unità esterne modello: PURY-P350YNM-A2(H) serial 21W00707 e 21W00706;
- c) n. 1 unità esterna modello: PURY-P450YNM-A2(H) serial 28W00024.

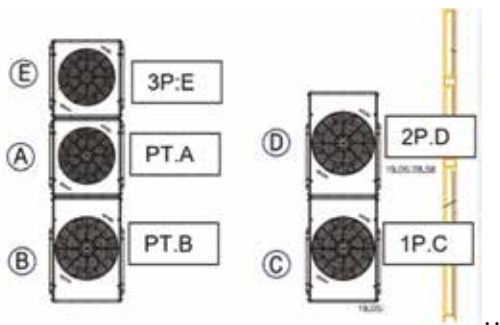


Fig. 2 – Posizione in pianta e denominazione impianti

MISURE

Si sono stabiliti, in posizioni significative, **n. 7 punti di misura e controllo**, in considerazione delle posizioni spaziali ove sono previsti i ricettori più esposti (*fig.1 – foto 4*).



Fig. 1 – Posizioni punti di misura



Foto 4– Punto di misura LA a finestre aperte albergo

Tipologia rilievo	Livello Ambientale LA	Livello Residuo LR	Criterio Differenziale
Finestre aperte	46,4 dBA	44,2 dBA	+2,2 dBA
Finestre chiuse	33,7 dBA	31,0 dBA	+2,7 dBA

Tab. 3– rilievi del 25/03/2024 presso stanza albergo

Per la valutazione previsionale nello scenario acustico, si sono impiegati, a fini cautelativi, i seguenti valori di pressione sonora massimi (fase di riscaldamento) rilevati in camera anecoica dal costruttore, di seguito riportati:

- a) Mod P300YNM: 67(86) dBA;
- b) Mod P350YNM: 64(83) dBA;
- c) Mod. P450YNM: 70(89) dBA.

METODOLOGIA PER LA MODELLAZIONE ACUSTICA

Per la modellizzazione acustica dell'area è stato utilizzato il software CADNA versione 4.0, sviluppato da DataKustik. Questo software si basa sul principio del *ray tracing*, un metodo che discretizza l'energia sonora emessa da una sorgente e calcola il campo sonoro in un punto specifico come somma dei contributi dei vari raggi che lo attraversano.

Durante il loro percorso, i raggi sonori subiscono attenuazioni dovute a diversi fattori: divergenza geometrica, riflessioni, dissipazione nel mezzo, interazione con il suolo e ostacoli, effetti meteorologici e fenomeni di diffrazione.

A partire dalla planimetria dell'area, i dati necessari sono stati importati nel software per ricostruire un modello tridimensionale dello stato dei luoghi (*fig. 2*). Gli elementi identificati sono stati classificati come oggetti attivi o passivi dal punto di vista acustico, consentendo una simulazione accurata della propagazione del rumore (*fig. 3*).



Fig. 2 - Rappresentazione 3D della sede INAIL AREZZO

SCENARIO PREVISIONALE: VALUTAZIONE DEI LIMITI DI EMISSIONI

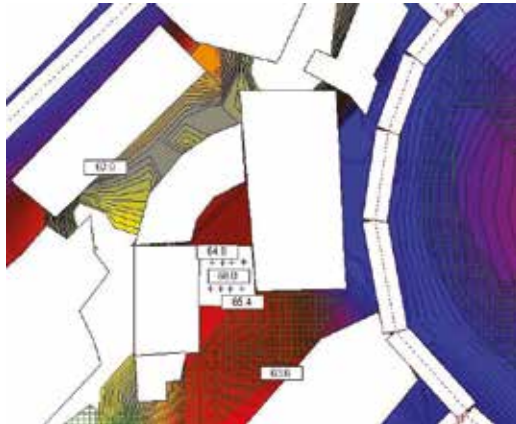


Fig. 3 - Scenario rumore ambientale dello stato attuale con le 8 U.E. in funzionamento contemporanea

Il criterio del limite assoluto in funzione della classe di destinazione d'uso territoriale stabilisce che non debba essere superato nel periodo diurno e notturno il limite di zona.

In riferimento alla zonizzazione territoriale del Comune di Arezzo e dalla valutazione effettuata **il criterio è rispettato in quanto il valore di LA previsto ai ricettori è inferiore ai 65 dB(A) diurni previsti per la classe IV.**

PROGETTAZIONE INTERVENTI MITIGATORI ACUSTICI

Al fine di migliorare la protezione dal rumore dei ricettori esposti dalla propagazione aerea, sono state installate **due barriere** scatolari in acciaio zincato verniciato, ad L (**foto 5**), con pannelli fonoassorbenti e fonoisolanti con lamina di piombo antirombo, lamiera forata con sostegno in acciaio.

La realizzazione del **pavimento grigliato** è effettuata con elementi di collegamento disaccoppiati come da figura seguente (**foto 6**).



Foto 5 – Barriere acustiche (ad L verso l'albergo)



Foto 6 – Dettaglio grigliato di supporto impianti

MISURE DI COLLAUDO: “LOW NOISE”

I rilievi acustici di collaudo del 6 giugno 2024, sono avvenuti con la funzione “Low noise” impostata al 50% (valori riferiti alla velocità di ventilazione). L’attenuazione della rumorosità è stata configurata dalla control board dell’unità esterna.

Le differenti impostazioni possono essere scelte sulla base delle esigenze installative anche all’85%, 70%, 60%.

MISURE DI MONITORAGGIO POST OPERA

Si sono effettuate due campagne di misura a collaudo, con la valutazione di impatto acustico del rumore prodotto dagli impianti, nei giorni:

- 25/03/2024 (risultati in riquadro di fig.4);
- 04/06/2024 (risultati in rosso di fig. 4).

Quest’ultima a seguito dell’impostazione della funzione Low Noise” avanzata e dell’installazione di ulteriore barriera di 3 metri a totale copertura della direttrice del rumore verso l’albergo.

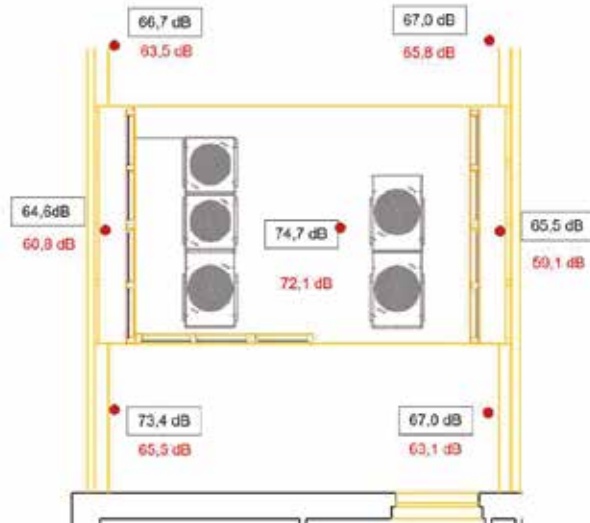


Fig. 4 – Pianta con posizione impianti e barriera ad L

VERIFICA FINALE: RISPETTO DEI LIMITI NORMATIVI

Di seguito vengono riportati i dati relativi ai rilievi acustici prima e dopo gli interventi di mitigazione.

Misura	Livello Ambientale LA 25/03/24	Livello Ambientale LA 04/06/24	Miglioramento
1	73,4 dBA	65,5 dBA	- 7,9 dBA
2	64,6 dBA	60,8 dBA	- 3,8 dBA
3	74,7 dBA	72,1 dBA	-2,6 dBA
4	67,0 dBA	63,1 dBA	-3,9 dBA
5	66,7 dBA	63,5 dBA	-3,2 dBA
6	65,5 dBA	59,1 dBA	-6,4 dBA
7	67,0 dBA	65,8 dBA	-1,2 dBA

Tab. 2– Rilievi acustici presso terrazzino: impianti prima e dopo ulteriori interventi di mitigazione (barriera ad L e grigliato)

CONCLUSIONI

Nella sede INAIL di Arezzo, ubicata in via Piazza Guido Monaco, sono stati installati n. 5 impianti di climatizzazione, che sostituiscono l'insieme di tutti i singoli impianti di condizionamento, installati nel tempo, per climatizzare i diversi uffici. Il presente studio ha riguardato la valutazione dell'impatto acustico post opera al fine di determinare la conformità acustica dei nuovi impianti di condizionamento, ed il rispetto dei limiti di zona ai ricettori più prossimi. La posizione di allocazione delle macchine è sul terrazzino secondo piano della struttura Dipartimentale INAIL. Come ricettori sensibili si individuano essenzialmente un albergo e due edifici residenziali: il più vicino distante 17 mt, il più lontano 18,4 m. Non sono presenti a distanze ragionevoli ricettori cosiddetti "sensibili" come scuole ed ospedali. La classe acustica in cui ricade la struttura INAIL è la classe IV area di intensa attività umana come evidenziato dalla zonizzazione acustica comunale di Arezzo, con il **limite assoluto di 65 dBA diurni**.

Si sono effettuati diversi interventi di mitigazione quali:

- realizzazione di basamento grigliato antivibrante;
- schermi acustici attorno alle macchine;
- funzione di limitazione low noise impostata al 50%.

Il monitoraggio è stato fatto prima dei suddetti interventi e dopo gli stessi. Tutti i rilievi, svolti sempre nel periodo diurno, sono stati effettuati con strumentazione fonometrica di classe 1, con certificazione ACCREDIA, in corso di validità. Rispettando le condizioni prescritte dal decreto 16 marzo 1998, in relazione alle condizioni di ventosità e meteorologiche. **Dall'analisi dei risultati, risulta che sia i limiti assoluti, relativi alla classificazione acustica, che quelli differenziali non vengono superati.**

APPARATO RESPIRATORIO E IMMERSIONE SUBACQUEA

Maurizio Schiavon (1), Daniela Pigni (2), Enrico Marchetti (2), Maria Concetta D'Ovidio (2)

1) *Specialista in Medicina dello Sport, Medical Examiner of Divers Level 1*

2) *Dipartimento di Medicina, Epidemiologia, Igiene del Lavoro e Ambientale (DiMEILA), Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro (INAIL), Monte Porzio Catone (Roma)*

Le tecniche di immersione risalgono all'antichità, quando l'uomo primitivo cercava di immergersi trattenendo il respiro, per la pesca subacquea e la ricerca di ricchezze. Ancor oggi risulta molto praticata l'immersione in apnea, conosciuta come *Free diving*, perché offre una sensazione di libertà grazie alla ridotta attrezzatura richiesta. La limitazione di immagazzinare ossigeno in superficie è stata poi superata con gli autorespiratori (SCUBA=*Self Contained Underwater Breathing Apparatus*) contenenti aria (ARA=Auto-Respiratore ad Aria) o miscele di gas a varie concentrazioni di ossigeno e azoto. Tali tecniche permettono una respirazione normale durante l'immersione, in modo da prolungare l'immersione stessa, sia con finalità ricreative che professionali. L'immersione subacquea, svolgendosi in un ambiente straordinario, comporta modificazioni fisiche e fisiologiche, come l'aumento della pressione ambiente e dei gas, con diffusione nei diversi tessuti che richiederà un adeguato smaltimento durante la risalita, per non incorrere in una PDD (Patologia da Decompressione), evitando inoltre di trattenere il respiro durante la risalita stessa, per non creare una sovradistensione del tessuto polmonare (PBT=*Pulmonary Barotrauma*). I cambiamenti fisiopatologici del subacqueo suggeriscono particolare attenzione nella valutazione preventiva, specie per l'apparato respiratorio, in funzione del tipo di immersione, della profondità, dei tempi di immersione e del lavoro svolto.

I rischi dell'immersione subacquea sono inoltre specifici per i soggetti affetti da patologie respiratorie, come l'asma e la BPCO (Bronco Pneumopatia Cronica Ostruttiva). Risulta evidente quindi l'importanza di una valutazione medica scrupolosa per prevenire incidenti a causa dell'immersione e garantire la sicurezza stessa dei subacquei. Le linee guida per l'idoneità respiratoria all'immersione subacquea includono raccomandazioni specifiche anche per i soggetti con asma [1-7].

La valutazione del subacqueo sano o con patologie respiratorie, oltre che approfondita, deve essere personalizzata, deve tener conto della maturità del soggetto, del suo livello di comprensione, senso di responsabilità e disponibilità ad accettare un presunto aumento di rischio.

Un controllo medico preventivo e periodico è la miglior garanzia per poter svolgere l'attività subacquea in tranquillità e permette di conoscere la situazione personale del candidato, suggerendo le tecniche e i metodi di immersione adattati al soggetto.

È quindi essenziale che tutti coloro che praticano attività iperbariche ricevano una formazione continua, specifica e documentata, in linea con quanto previsto dagli art. 36, 37 (Titolo I - Principi comuni, Sezione IV- formazione, informazione e addestramento) e art. 184 (Titolo VIII - Agenti Fisici, Capo I) del D.Lgs 81/08.

Il rischio iperbarico, definito all'art. 180 (Titolo VIII - Agenti Fisici, Capo I) dello stesso D.Lgs, riconducibile agli agenti fisici, richiede specifiche misure di valutazione, prevenzione e protezione. In particolare, l'esposizione ad atmosfere iperbariche può comportare seri rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori. La formazione e l'informazione di tutti i soggetti che praticano attività in ambienti iperbarici, come sommozzatori, operatori subacquei, lavoratori in camere iperbariche o in pressioni elevate, costituisce un elemento imprescindibile per la prevenzione degli infortuni e delle malattie professionali. Il Laboratorio di Sanità Pubblica della USL Toscana Sud Est, con la collaborazione di INAIL e dell'Azienda USL di Modena, ha realizzato il Portale Agenti Fisici (PAF - <https://www.portaleagentifisici.it/>), il quale rappresenta un riferimento operativo per i professionisti della sicurezza sul lavoro facilitando l'individuazione di strategie corrette di prevenzione e protezione dai rischi da agenti fisici in tutti i settori lavorativi. Il Portale è oggetto di aggiornamenti continui e in costante evoluzione, e si suddivide in differenti sezioni, una per ciascun agente fisico. All'interno della sezione "Atmosfere Iperbariche" sono state realizzate delle schede informative finalizzate ad ampliare la diffusione della conoscenza di tale sezione del PAF aggiornando la sottosezione "Documentazione" con pubblicazioni scientifiche e comunicazioni a congressi. Le schede sono indirizzate al rischio iperbarico e allo stress ossidativo e a tutte le tematiche che intervengono nelle diverse attività lavorative e alle diverse categorie di lavoratori, alle metodologie innovative e *omiche*, alla nutrizione e altri *topics* individuati anche sulla base degli sviluppi delle attività di ricerca e di trasferibilità [8-13].

BIBLIOGRAFIA

- [1] Di Napoli PL, Rossi A. Controindicazioni pneumologiche all'attività sportiva subacquea in Apparato respiratorio e attività subacquea, Editors Rossi A e Schiavon M, Editeam sas Gruppo Editoriale, 2000:25-41
- [2] Godden D, Currie G, Denison D, Farrell P, Ross J, Stephenson R, Watt S, Wilmshurst P. British Thoracic Society guidelines on respiratory aspects of fitness for diving, BTS Guidelines, Thorax, 2003;58:3-13
- [3] Rossi A, Schiavon M. Patologia polmonare e attività subacquea in Trattato di Medicina Interna, Malattie dell'Apparato Respiratorio (Vol V - Tomo II), ed R. Piccin Nuova Libreria Spa, 2008:1151-116
- [4] Schiavon M, Immersione e broncopneumopatie in Ambiente Acqua: dal nuoto alla subacquea. Scienze Biomediche applicate agli sport acquatici, Ed Davini A, CESI Casa Editrice Scientifica Internazionale, 2008:333-339
- [5] Schiavon M, Rossi A. Indicazioni pneumologiche per l'idoneità all'attività subacquea in Patologia respiratoria e Attività Sportiva, Ed Rossi A. Editeam sas Gruppo Editoriale, 2004:75-86
- [6] Tetzlaff K, Thorsen E. Breathing at depth: physiologic and clinic aspects of diving while breathing compressed gas. Clin Chest Med 2005; 26:355-80. doi: 10.1016/j.ccm.2005.05.001
- [7] van Ooij P-J, van Hulst RA. Respiratory fitness for occupational diving, what is new? Undersea Hyperb Med 2025;52(1):33-40
- [8] D'Ovidio MC, Pigni D, Sacco F, Costanzo C, Longobardi P, Bogi A, Tranfo G, Marchetti E. Rischio Iperbarico. SCHEDE INFOiperBARICA. https://www.portaleagentifisici.it/fo_iperbariche_schede_informative.php?lg=IT
- [9] Pigni D, D'Ovidio MC, Sacco F, Costanzo C, Longobardi P, Bogi A, Marchetti E, Tranfo G. Stress Ossidativo. SCHEDE INFOiperBARICA. https://www.portaleagentifisici.it/fo_iperbariche_schede_informative.php?lg=IT
- [10] Pigni D, Costanzo C, Businaro R, Pinto A, Melis P, Longobardi P, Bogi A, Tranfo G, Marchetti E, D'Ovidio MC. Aspetti fondamentali nella valutazione del rischio nei subacquei professionisti. SCHEDE INFOiperBARICA. https://www.portaleagentifisici.it/fo_iperbariche_schede_informative.php?lg=IT
- [11] D'Ovidio MC, Costanzo C, Longobardi P, Bogi A, Tranfo G, Marchetti E, Pigni D. Attività a secco: lavori di escavazione tunnel. SCHEDE INFOiperBARICA. https://www.portaleagentifisici.it/fo_iperbariche_schede_informative.php?lg=IT

[12] Pigni D, Castellano P, Bogi A, Costanzo C, Longobardi P, Marchetti E, D'Ovidio MC, Tranfo G. Le sostanze chimiche nel mare. SCHEDA INFOiperBARICA.

https://www.portaleagentifisici.it/fo_iperbariche_schede_informative.php?lg=IT

[13] Pigni D, Castellano P, Bogi A, Costanzo C, Longobardi P, Marchetti E, D'Ovidio MC, Tranfo G. Le sostanze chimiche inquinanti "il petrolio". SCHEDA INFOiperBARICA.

https://www.portaleagentifisici.it/fo_iperbariche_schede_informative.php?lg=IT

STATO DELLA RICERCA SUL LAVORO IN AMBIENTI DI LAVORO CALDI.

Raffaella Modestino (1) Michele del Gaudio (1) Patrizia De Cillis (2)

- 1) Inail UOT CVR di Avellino
- 2) Inail DIT Sezione Tecnico Scientifica III Trasferibilità delle attività di innovazione tecnologica e terza missione

PREMESSA

Copernicus, il programma di osservazione della Terra dell'Unione Europea dedicato a monitorare il nostro pianeta e il suo ambiente, ha segnalato una anomalia della temperatura media annua nel 2024 di +1,5 °C rispetto al periodo di riferimento 1991-2020, un valore leggermente inferiore rispetto agli anni precedenti: +1,9 °C nel 2023 e di +1,8 °C nel 2022.

La comunità scientifica, che si occupa di prevenzione della salute dei lavoratori, ha orientato negli ultimi anni la propria attenzione ai rischi legati all'aumento delle temperature medie estive e all'aumento delle giornate con picchi di temperatura superiori a 35÷40 °C.

L'analisi con l'utilizzo della intelligenza artificiale dei lavori scientifici prodotti e pubblicati, negli ultimi anni, può servire a capire quali sono gli aspetti ritenuti più significativi ed eventualmente ad individuare gli argomenti che sarà necessario approfondire maggiormente in futuro.

Il concetto di intelligenza artificiale (IA) esiste da molti anni ma solo recentemente sta influenzando il modo in cui le persone si avvicinano alle attività, ottengono informazioni e condividono idee.

Questo grazie soprattutto ad un ramo specifico dell'IA, l'intelligenza artificiale generativa che si concentra sulla creazione di nuovi contenuti, andando oltre la semplice analisi dei dati. Essa sfrutta le tecniche avanzate di machine learning per generare contenuti originali simili ai modelli di dati con cui è stata addestrata e a cui è stata esposta.

Particolarmente interessante risulta essere una categoria di intelligenza artificiale generativa nota come "elaborazione del linguaggio naturale", LLM (dall'inglese Large Language Models). Il sistema viene sottoposto ad un processo di pre-addestramento che consiste nell'esposizione ad una vasta

mole di testi da cui i LLM apprendono la struttura sintattica del linguaggio, il campo semantico delle parole e la conoscenza generale.

Questo permette ai sistemi guidati dai modelli LLM, chiamati chatbot, di fornire risposte grammaticalmente corrette e semanticamente adeguate quando vengono interrogati dall'utente con una domanda scritta in linguaggio naturale.

Nel mondo della ricerca scientifica questo tipo di approccio potrebbe portare ad una vera rivoluzione sia per quanto riguarda il reperimento dell'informazione che la sua diffusione.

METODOLOGIA

Pubmed è una delle principali banche dati bibliografiche di ambito biomedico e scienze affini, sviluppata dal National Center for Biotechnology Information (NCBI), una divisione della National Library of Medicine (NLM). Essa è aggiornata quotidianamente e permette l'accesso gratuito alle pubblicazioni scientifiche internazionali.

Pubmed è costituita da oltre 38 milioni di citazioni bibliografiche della letteratura scientifica provenienti dalla banca dati MEDLINE (database bibliografico di scienze della vita e discipline biomediche) a partire dal 1964, per la gran parte in lingua inglese, tratte da circa 5.600 periodici biomedici nell'ambito delle scienze della vita, e da una collezione di e-book online.

Questo studio si è concentrato sull'analisi dei Mesh Terms, ovvero dei termini del vocabolario controllato del Medical Subject Headings della NLM, maggiormente utilizzati in questa banca dati per indicizzare la produzione scientifica riguardante i rischi dei lavoratori legati all'aumento delle temperature medie estive.

Per generare un'idonea stringa di ricerca e quindi trovare parole chiave precise per ottenere un elenco di documenti più mirati in Pubmed, si è scelto di avvalersi del supporto di uno strumento di intelligenza artificiale generativa. L'obiettivo è quello di vedere l'efficacia delle tecniche di machine learning come supporto ad un corretto inquadramento della tematica di interesse.

Per questo studio è stato fondamentale l'utilizzo di Scopus, la più grande banca dati bibliografica multidisciplinare Elsevier che raccoglie produzione scientifica peer-reviewed e più di 70 milioni di citazioni bibliografiche e abstracts provenienti da letteratura scientifica e autorevoli fonti web, di ambito scientifico-tecnologico, in particolare physical sciences (chimica, fisica, matematica, ingegneria, informatica, scienze della terra), health sciences, life sciences, oltre a social sciences and humanities.

Lo strumento di nuova generazione “Scopus AI”, combina l’intelligenza artificiale generativa con i contenuti e i dati affidabili del database Scopus per aiutare i ricercatori ad ottenere informazioni approfondite più velocemente.



Figura 1 - Fasi dell’elaborazione di Scopus AI

L’immagine di Figura 1 sintetizza gli step di Scopus AI: l’elaborazione mediante le tecniche di intelligenza artificiale offrono all’utente risultati che permettono di reperire l’informazione di interesse seguendo numerosi percorsi e soprattutto di raffinare la ricerca mediante gli strumenti offerti.

Scopus AI propone percorsi di approfondimento suggerendo, tra i “documenti fondamentali”, quelli di maggior impatto sul tema selezionato; offre la funzionalità “esperti del settore” ossia la possibilità di selezionare gli oltre 19,6 milioni di profili di autori in Scopus per trovare i migliori ricercatori collegati alle query e generare un riepilogo del loro lavoro e dei loro contributi scientifici; genera “mappe concettuali”, ossia parole chiave provenienti da abstract di ricerca collegate tra di loro in uno schema che permette di risalire sempre alle relazioni con altre aree di ricerca pertinenti, anche quelle che, ad una lettura superficiale umana, potrebbero sembrare fuori luogo.

Quest’ultima funzionalità, la Concept Map, è risultata particolarmente interessante in quanto partendo dalle parole chiavi dell’abstract, fornisce una

visione generale dello spazio tematico, offrendo collegamenti tra i concetti di ricerca e spunti di connessioni.

Ponendo a Scopus AI la seguente domanda:

“What are the risks associated with occupational safety in high temperature work environments?”

Si ottiene la mappa in Figura 2 che successivamente è stata usata come riferimento per individuare i Mesh terms di Pubmed.

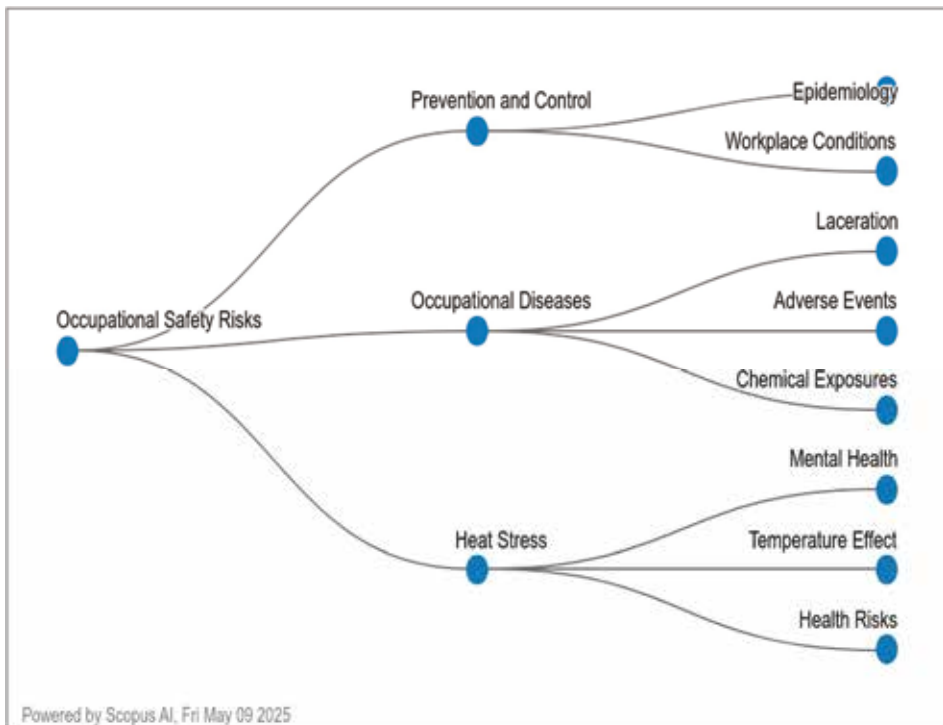


Figura 2 - Mappa ottenuta dall'interrogazione di Scopus IA

La stringa di ricerca utilizzata su Pubmed, individuata con l'ausilio della mappa di Scopus, ci permette di ricavare 1550 pubblicazioni con concetti correlati ai termini hot temperature, climate change, occupational diseases e heat stress disorders.

ANALISI DEI RISULTATI

Pubmed permette di esportare i risultati della ricerca in un formato testuale che può essere elaborato da Meva, un servizio web gratuito di data mining

medico-scientifico che funge da post-processor per i dati bibliografici MEDLINE, per ottenere il data mining sul campo bibliografico di interesse. Lo studio si è concentrato sulla frequenza dei termini Mesh usati per indicizzare i documenti estratti.

Inoltre, come risultato della ricerca, Pubmed offre un istogramma rappresentante la distribuzione temporale delle pubblicazioni dal 1954 ad oggi (Figura 3).

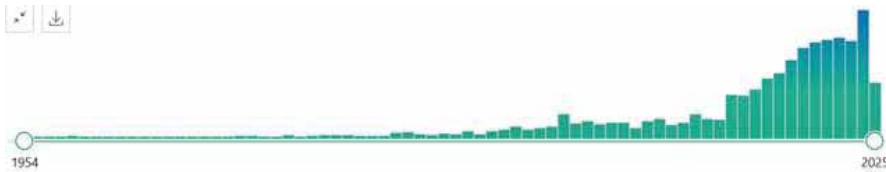


Figura 3 - Istogrammi del numero di pubblicazioni selezionate nel periodo 1954 - 2025

Analizzando la distribuzione temporale delle pubblicazioni dal 1954 ad oggi si evince che il maggior numero di pubblicazioni sono concentrate nell'anno 2024, ma interessante è evidenziare che l'argomento ha avuto un maggior rilievo solo a partire dal 2013 con 53 pubblicazioni.

L'elaborazione mediante Meva fornisce la distribuzione dei Mesh terms maggiormente utilizzati rappresentata dall'istogramma (Figura 4).

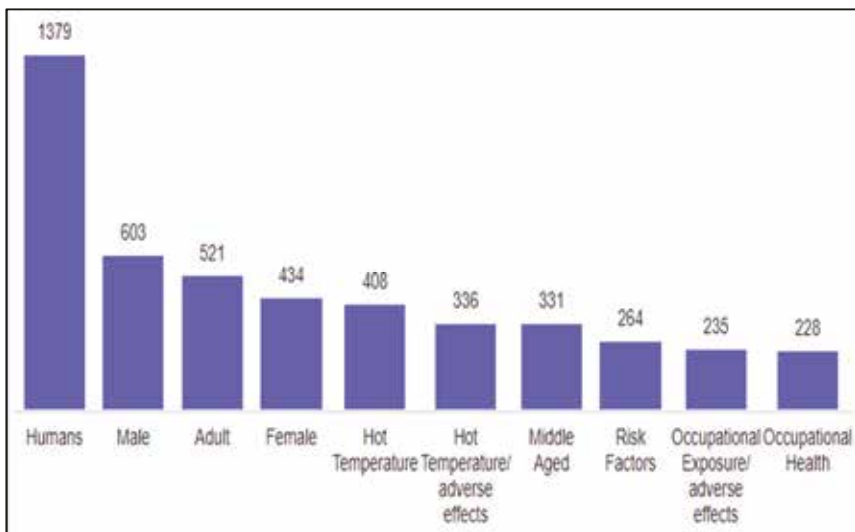


Figura 4 - Mesh terms maggiormente utilizzati

Analizzando tutte le occorrenze dei Mesh terms, sono state elaborate due word cloud: in Figura 5 vengono esposti i termini Mesh con una frequenza massima pari a 50, mentre nella Figura 6 vengono esposti i termini con una frequenza inferiore.

È emerso che in molti studi sono stati considerati il sesso e l'età dei soggetti esposti perché direttamente correlati all'efficienza del sistema di termoregolazione del corpo umano, prima difesa da stress termici.

È risultato pure evidente che molti studi nascono dall'esigenza di proteggere i lavoratori ricercando i fattori di rischio da ridurre per prevenire danni alla salute degli stessi.



Figura 5 - Word cloud dei termini con frequenza massima 50

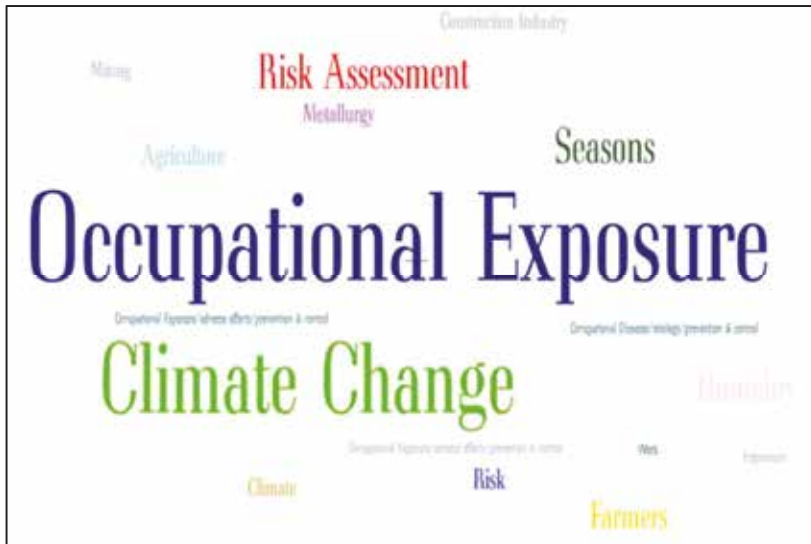


Figura 6 - Termini Mesh meno frequenti

I termini Mesh meno frequenti, rappresentati in Figura 6, permettono di effettuare ulteriori considerazioni soprattutto nell'ottica di studi futuri.

Un maggiore approfondimento è stato dedicato ai settori dell'agricoltura e dell'edilizia che risentono direttamente delle condizioni climatiche come pure le miniere che invece sono legate a caratteristiche geotermiche del sottosuolo. Altri termini significativi si riferiscono al cambiamento climatico e quindi agli aspetti ambientali.

CONCLUSIONI

La tecnica del Text Mining si è rivelata utilissima per analizzare i lavori prodotti dal mondo scientifico relativamente all'esposizione al caldo dei lavoratori.

Il numero di articoli scientifici prodotti sono indicativi dell'interesse sull'argomento. In particolare, l'incremento a partire dal 2013 e il picco del 2024 coincidono con i segnali di cambiamenti climatici e con le condizioni record di caldo nell'anno 2023.

Considerando anche i Mesh terms meno frequenti, sembrerebbe che sia necessario approfondire negli studi futuri gli aspetti legati anche al settore produttivo, alle condizioni climatiche e all'esposizione professionale.

BIBLIOGRAFIA

- [1]. European State of the Climate - ESOTC 2024 World Meteorological Organization and European Union, represented by the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF), 2025. <https://climate.copernicus.eu/esotc/2024>
- [2]. Fiegler-Rudol J, Lau K, Mroczek A, Kasperczyk J. (2025). Exploring Human–AI dynamics in enhancing workplace health and safety: A narrative review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 22(2), 199 < doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph22020199> >
- [3]. ISPRA Ambiente in Italia : uno sguardo d'insieme. Annuario dei dati ambientali 2024. ISBN 978-88-448-1254-6.
- [4]. Meva - <https://www.med-ai.com/meva/>
- [5]. Pubmed - <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
- Tenner H, Thurmayer GR, Thurmayer R. (2003). Data Mining with Meva in MEDLINE. In: Perner P, Brause R, Holzhütter HG. (eds) *Medical Data Analysis. ISMDA 2003. Lecture Notes in Computer Science*, vol. 2868. Springer, Berlin, Heidelberg < https://doi.org/10.1007/978-3-540-39619-2_6>

IL MICROCLIMA IN AMBIENTI DI LAVORO SOTTERRANEI

Michele del Gaudio

Inail UOT CVR di Avellino.

PREMESSA

Gli ambienti di lavoro sotterranei sono quelli ubicati sotto il livello naturale del terreno.

In questa definizione rientrano sia i luoghi di lavoro ubicati nei locali interrati di un edificio, sia i luoghi di lavoro più complessi come: cantine, siti archeologici, gallerie ferroviarie ed autostradali (sia durante la fase di scavo che nel successivo utilizzo).

Il D.Lgs. 81/08 all'art.65 vieta l'utilizzo di questi ambienti come luoghi di lavoro, ma prevede una deroga al divieto quando "*...le lavorazioni non diano luogo ad emissioni di agenti nocivi, sempre che siano rispettati i requisiti di cui all'allegato IV, in quanto applicabili, e le idonee condizioni di aerazione, di illuminazione e di microclima*". L'utilizzo viene autorizzato dall'Ispettorato Nazionale del Lavoro e vale il principio del silenzio assenso, trascorsi trenta giorni dalla richiesta del datore di lavoro.

Nei locali interrati degli edifici, si dovrà innanzitutto inquadrare correttamente l'attività per capire se esistono dei motivi che ne impediscono lo svolgimento in locali interrati. Successivamente si dovranno prevedere le necessarie azioni per adeguare l'ambiente ai requisiti previsti dall'allegato IV del D. Lgs. 81/08. Volendo utilizzare un approccio familiare a chi si occupa di microclima, l'obiettivo sarà verificare che l'ambiente sia "confortevole".

Nei luoghi di lavoro più complessi l'approccio dovrà essere necessariamente diverso perché l'obiettivo dovrà essere la salvaguardia della salute dei lavoratori, dato che è più difficile o addirittura impossibile ridurre l'influenza dei fattori naturali presenti in sotterraneo.

I LUOGHI DI LAVORO IN SOTTERRANEO

Per permettere la presenza di lavoratori, i locali sotterranei degli edifici debbono essere dotati di un sistema di ventilazione meccanico. Questi locali sono utilizzati soprattutto per archivi o attività commerciali o in ambito sanitario per installare attrezzature diagnostiche più pesanti come quelle della radiologia.

Questi ambienti sono anche caratterizzati dall'assenza di luce naturale.

Data la modesta profondità nel suolo, se correttamente isolati dal terreno, non risentono di particolari influenze termiche o di umidità e possono essere facilmente riscaldati o raffrescati. La ventilazione assolve anche ad una importante funzione di prevenzione, riducendo l'esposizione al radon, un gas nobile radioattivo naturale che è il prodotto intermedio del decadimento di elementi radioattivi che si trovano nel suolo, nell'acqua e nei materiali da costruzione. Esso è invisibile, inodore, incolore e insapore ma, se viene inalato, i suoi prodotti di decadimento possono accumularsi sulle cellule dell'epitelio bronchiale e possono dare origine a processi di cancerogenesi. Il DECRETO LEGISLATIVO 31 luglio 2020, n. 101 obbliga i datori di lavoro a monitorare la concentrazione di questo gas e qualora venga superato il limite 300 Bq/m^3 di concentrazione media annua occorre attuare delle azioni di prevenzione che consistono principalmente nel ricambiare l'aria e sigillare eventuali via di ingresso dell'aria che risale dal sottosuolo.

Le caratteristiche strutturali dell'edificio sono importanti perché le tecniche di costruzione moderne isolano maggiormente questi locali mentre potrebbe esser più complicato adattare ambienti sotterranei di edifici più antichi dove spesso la roccia è presente direttamente a vista.

Condizioni più severe si incontrano, invece, nei luoghi di lavoro posti a maggiore profondità, come i cantieri per la realizzazione di gallerie autostradali, ferrovie, metropolitane, centrali energetiche. In questo caso le condizioni geotermiche possono influenzare in modo più significativo il luogo di lavoro e pertanto le condizioni termo-idrometriche ambientali sono il frutto dell'equilibrio tra le caratteristiche del suolo e gli effetti dell'attività svolta. Il gradiente geotermico medio prevede un aumento della temperatura di $3 \text{ }^\circ\text{C}$ ogni 100 metri di profondità, ma in particolari situazioni, legate ad esempio a fenomeni vulcanici locali, questo gradiente può essere maggiore. Al calore proveniente dalla roccia va aggiunto quello prodotto dalle frese e quello prodotto dai motori delle macchine utilizzate per lo scavo. Nelle attività di scavo in cui occorre creare condizioni iperbariche, per contenere crolli e falde acquifere, la compressione comporta un ulteriore riscaldamento dell'aria per il principio di Gay Lussac.

Il valore dell'umidità è ovviamente legato alla presenza di falde acquifere e, nei cantieri, alla necessità di utilizzare fanghi lubrificanti durante lo scavo. Questi luoghi di lavoro possono essere temporanei come nel caso dei cantieri ma possono diventare successivamente anche luoghi stabili di lavoro o comunque possono essere frequentati periodicamente dai lavoratori, per le necessarie attività di manutenzione. Vale la pena di citare anche i luoghi archeologici dove i visitatori transitano occasionalmente ma occorre preservare la salute delle guide che, invece, sono presenti molte ore al giorno.

CASI REALI DI AMBIENTI SEVERI

Per poter comprendere quali condizioni si possono trovare in ambienti sotterranei severi, si riporta di seguito la descrizione di due tunnel realizzati a profondità diverse e quindi con diversa influenza geotermica.

Nel traforo del Sempione lungo circa 19 Km, realizzato con frese e martelloni dal 1898 al 1905 ad una quota di circa 700 mt. s.l.m. fra Italia e la Svizzera sotto il monte Leone (3552 mt.) si raggiunsero temperature dell'acqua e della roccia di 55°C. L'anomalia termica era legata alla formazione delle rocce metamorfiche che sono state interessate allo scavo che ancora conservavano il calore prodotto durante la loro formazione. Nella figura 1 sono riportate le temperature misurate lungo il tracciato del tunnel.

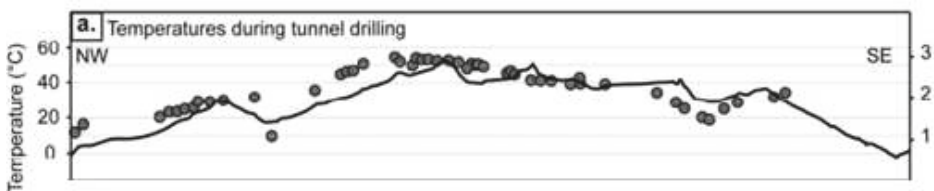


Fig. 1 - Temperature misurate lungo il tracciato del tunnel del Sempione

In un cantiere ferroviario nell'appennino meridionale in cui era utilizzata una macchina perforatrice TBM (Tunnel Boring Machine) sono state registrate temperature comprese fra i 14 °C ed i 20 °C con valori di umidità relativa intorno al 70 %.

Vista la minore profondità (mediamente il tunnel si trova alla profondità di 200 metri) l'effetto geotermico è poco significativo e la principale fonte di calore è rappresentata dalle attrezzature utilizzate per la perforazione.

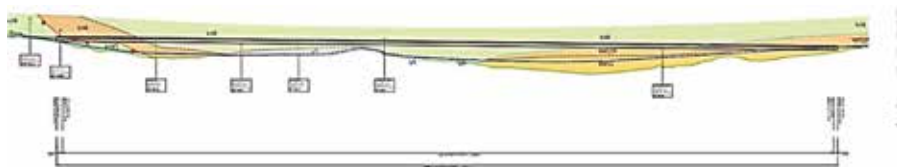


Fig. 2 - Tracciato ferroviario nell'appennino meridionale

VALUTAZIONE DEI RISCHI

Gli ambienti di lavoro sotterranei possono avere condizioni climatiche legate alla struttura, alla attività svolta e all'influenza diretta del suolo. Questi ambienti possono essere considerati vincolati se l'attività richiede la conservazione dell'ambiente naturale come ad esempio nelle attività vinicole, altrimenti occorrerà cercare di rendere gli ambienti confortevoli o almeno sicuri per i lavoratori che li occupano.

Quando il luogo di lavoro è ubicato in sotterraneo solo al fine di utilizzare quello spazio fisico, potranno essere sicuramente garantite condizioni di benessere termico e pertanto occorrerà monitorare i parametri fisici ed utilizzare gli indici di Fanger, come indicato nello standard tecnico UNI EN ISO 7730 e UNI EN 16798 scegliendo un livello di qualità relativo all'attività svolta.

Per gli ambienti vincolati, o in cui l'influenza del suolo è significativa, si procederà alla valutazione utilizzando il metodo proposto dalle norme tecniche UNI EN ISO 7933 e UNI EN ISO 11079, che permettono di prevenire rispettivamente gli effetti di ambienti severi caldi e di ambienti severi freddi.

Ambienti moderati. Gli indici da calcolare ai sensi dello standard UNI EN ISO 7730 sono il voto medio previsto PMV ed il relativo indice di insoddisfatti PPD. Questi indici infatti permettono di prevedere il gradimento e quindi la percentuale di soggetti che saranno insoddisfatti a partire dai parametri misurati nell'ambiente: t_a temperatura dell'aria, t_r temperatura radiante, v_a velocità dell'aria, h_r valore dell'umidità relativa, considerando l'isolamento garantito dal vestiario indossato e l'impegno metabolico relativo alla attività svolta dai lavoratori.

Gli ambienti ubicati nel sottosuolo sono normalmente sottoposti a verifica ai sensi dell'art. 65 del D.lgs. 81/08 ed il loro utilizzo è subordinato all'utilizzo di un sistema di ventilazione meccanica che quindi può provvedere anche a condizionare i locali dal punto di vista termo-igrometrico e ripristinare eventuali discomfort. In questi ambienti le criticità possono essere legate ad

un errato dimensionamento degli impianti di condizionamento, alla presenza di attrezzature che producono calore/freddo o ad un eccessivo affollamento.

Ambienti severi. In questo caso l'effetto del suolo è significativo e quindi è necessario proteggere la salute e la sicurezza dei lavoratori. In questi ambienti i lavoratori possono essere presenti durante le fasi di costruzione o successivamente durante il funzionamento dell'opera. Rientrano in questi ambienti le gallerie ferroviarie ed autostradali, le gallerie a servizio di centrali energetiche ecc.

Nel tempo le modalità di scavo sono cambiate e si è passati da condizioni di lavoro estreme con lavoro manuale ed utilizzo di attrezzature spesso pericolose in ambienti in cui gli effetti ambientali erano spesso imprevedibili, a condizioni sicuramente migliori in cui i lavoratori utilizzano attrezzature per lo scavo molto più complesse come la TBM (talpe) in grado di controllare, con una sezione in sovrappressione, gli effetti di gas esplosivi o di falde acquifere che affiorano durante lo scavo. Grazie al gradiente geotermico l'ambiente di scavo può essere caratterizzato da temperature elevate, mentre nei cantieri in cui è necessario congelare i terreni per prevenire fenomeni di instabilità si potrebbero creare condizioni caratterizzate da basse temperature. La valutazione andrà fatta seguendo le indicazioni delle norme tecniche UNI EN ISO 7933:2005 per ambienti caldi e UNI EN ISO 11079:2008 per ambienti freddi. Nel primo caso vengono calcolati i tempi massimi di esposizione per evitare danni alla salute, nel secondo, invece il valore di isolamento del vestiario da utilizzare.

Il valore di umidità relativa è un altro parametro che normalmente deve essere tenuto sotto controllo perché in ambienti sotterranei essa è normalmente elevata.

In questi ambienti occorre comunque garantire una corretta ventilazione, per controllare la concentrazione degli inquinanti prodotti dai motori degli automezzi anche se sono sempre meno utilizzati mezzi a combustibile fossile. Quando lo scavo si realizza a profondità relativamente ridotte l'effetto geotermico può essere meno significativo e le temperature possono essere tali da poter garantire condizioni di comfort solo adeguando il vestiario.

CONCLUSIONI

Gli ambienti di lavoro sotterranei risentono significativamente dell'effetto del suolo. Nei piani interrati degli edifici, l'assenza di aperture dirette verso l'esterno richiede necessariamente l'installazione di un sistema di ventilazione meccanico mentre in ambienti più complessi come le gallerie si possono riscontrare condizioni estreme con temperature e valori di umidità dell'aria

che possono creare problemi alla salute e alla sicurezza dei lavoratori. I datori di lavoro debbono rendere confortevoli gli ambienti in cui le condizioni valutate evidenziano discomfort e soprattutto debbono organizzare il lavoro in modo da proteggere i lavoratori dagli effetti ambientali che possono essere diretta causa di rischi per la salute. In entrambi i casi garantire comfort contribuisce a mantenere alto il livello di attenzione per evitare il verificarsi di infortuni.

BIBLIOGRAFIA

- [1] EUROPEAN STATE OF THE CLIMATE | ESOTC 2024 World Meteorological Organization and European Union, represented by the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF), 2025. <https://climate.copernicus.eu/esotc/2024>.
- [2] ISPRA Ambiente in Italia: uno sguardo d'insieme Annuario dei dati ambientali 2024. ISBN 978-88-448-1254-6.
- [3] Antonio Pignalosa. Tesi di dottorato in scienze della terra “Rapporti tra tettonica e clima durante l'esumazione nelle alpi centrali. evidenze dalla termocronologia e dall'analisi strutturale lungo il traforo ferroviario del Sempione”. Università di Bologna AA 2007-2008.
- [4] EN 16798-1:2018, Energy performance of buildings - Part 1: Indoor environmental
- [5] Input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics - Module M1-6
- [6] EN 16798-2:2017, Energy performance of buildings - Part 2: Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics - Module M1-6 - Technical report - Interpretation of the requirements in EN16798-1
- [7] 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.
- [8] 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
- [9] 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.

UNA PIATTAFORMA DIGITALE INTERATTIVA E UNA TECNOLOGIA DI REALTÀ AUMENTATA: CONFRONTO TRA APPLICAZIONI NEI CONTESTI DI FORMAZIONE E DI INTERVISTA A LAVORATORI CON DISABILITÀ

**Raffaele d'Angelo (1), Gennaro Bufalo (2), Francesco Carbone (2),
Francesca Massa (2), Andrea Tarallo (2), Antonio Lanzotti (2)**

- 1) Consulenza tecnica per la salute e la sicurezza (Ctss), Istituto Nazionale Assicurazione Infortuni sul Lavoro (INAIL), Campania, Napoli, Italia
- 2) IDEAS, Dip. Di Ingegneria Industriale, Università degli Studi di Napoli Federico II, Napoli, Italia

INTRODUZIONE

L'integrazione di tecnologie avanzate come la Realtà Aumentata (AR) e le Piattaforme Digitali Interattive sta rivoluzionando i processi formativi e comunicativi; in particolare, l'uso di dispositivi come Microsoft HoloLens (AR) e strumenti come Microsoft Forms (piattaforma digitale interattiva) offre nuove opportunità per migliorare l'efficacia dell'interazione tra individui, specialmente in contesti professionali e educativi [1, 2].

Questo lavoro trae origine da precedenti lavori [3], che hanno interessato applicazioni di una tecnologia in Realtà Aumentata.

Il lavoro si propone di analizzare l'impatto dell'uso di tali tecnologie nel raggiungimento di obiettivi tradizionalmente ottenuti attraverso l'interazione diretta tra persone, focalizzandosi su casi-studio specifici come la formazione sulla sicurezza sul lavoro e le interviste a lavoratori con disabilità.

Tali casi-studio sono in fase di sperimentazione presso i laboratori della Consulenza tecnica per la salute e la sicurezza (Ctss) sede regionale della Campania dell'Istituto Nazionale Assicurazione Infortuni sul Lavoro (INAIL).

MATERIALI E METODI

Per la formazione sulla sicurezza sul lavoro si è considerato un insegnante-istruttore (docente) che istruisce un lavoratore (discente/allievo) sulle corrette procedure operative e sui potenziali rischi associati.

Per le interviste a lavoratori con disabilità, si è considerato un intervistatore che raccogliere informazioni utili alla progettazione di ambienti di lavoro inclusivi e adatti alle loro esigenze.

In alternativa, per i casi-studio, sia per la formazione sia per le interviste, si è considerato l'utilizzo dei seguenti strumenti:

-un Sistema Microsoft HoloLens versione 2, costituito da un caschetto con lenti che consentono la visione dell'ambiente esterno e sulle quali possono essere proiettate delle immagini olografiche che vengono viste appartenere al mondo reale.

Il sistema è dotato da diversi sensori per la rilevazione e trasmissione sonora, la visualizzazione dell'ambiente esterno, e la rilevazione dei movimenti oculari, della testa e delle mani. Questo per consentire al sistema di realizzare diverse funzioni caratteristiche della Realtà Aumentata. HoloLens è equipaggiato con un computer olografico e con il sistema operativo Windows Holographic. Il sistema è anche eventualmente gestibile con un Personal Computer.

-la Piattaforma Digitale interattiva Microsoft Forms, con cui è possibile creare sondaggi, test, manuali di istruzione, e invitare altre persone a rispondere usando un qualsiasi Web Browser o dispositivo mobile.

Il confronto delle due strumentazioni è stato realizzato considerando un primo caso-studio per l'istruzione all'impiego in sicurezza di un mulino da laboratorio.

Il secondo caso-studio è stato la somministrazione del questionario WHODAS 2.0 (World Health Organization Disability Assessment Schedule), sviluppato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), adatto a misurare la salute e la disabilità in modo standardizzato e transculturale, utilizzato in persone affette da qualunque tipo di malattia, inclusi i disturbi fisici e mentali.

Nella figura 1 sono rappresentati dei momenti di utilizzo del dispositivo HoloLens nel caso di rischi fisici durante l'uso, in un laboratorio di analisi, di un mulino per campioni solidi, mentre la figura 2 riporta una parte del questionario WHODAS 2.0.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Dalle esperienze sinora effettuate con i due casi-studio si sono potute trarre le seguenti, sintetiche, considerazioni.

1-Interazione tra insegnante-istruttore (docente) e lavoratore (discente/allievo) nella formazione sulla sicurezza sul lavoro

La formazione sulla sicurezza è fondamentale per garantire ambienti di lavoro sicuri (conformemente al Testo Unico sulla Sicurezza Dlgs. 81/08). Tradizionalmente, questa formazione avviene attraverso sessioni in aula o sul campo, con un'interazione diretta tra docente e discente.

L'introduzione della realtà aumentata, tramite dispositivi come Microsoft HoloLens, e strumenti come Microsoft Forms, offre una nuova dimensione a questo processo formativo.

Uso di Microsoft HoloLens

Microsoft HoloLens è un dispositivo di realtà mista che consente di sovrapporre elementi virtuali all'ambiente reale, creando un'esperienza immersiva per l'utente. Nell'ambito della formazione sulla sicurezza, HoloLens può essere utilizzato per:

- Simulazione di scenari pericolosi: i lavoratori possono vivere in prima persona situazioni di rischio in un ambiente controllato, apprendendo le procedure corrette senza esporsi a pericoli reali.

- Visualizzazione di procedure operative: attraverso animazioni 3D, è possibile mostrare passo dopo passo le operazioni da eseguire, facilitando la comprensione e l'apprendimento.

- Interazione hands-free: grazie ai comandi vocali e al tracciamento oculare, i lavoratori possono accedere alle informazioni necessarie mantenendo le mani libere per operare in sicurezza.

Rispetto all'interazione diretta tradizionale, l'uso di HoloLens offre il vantaggio di un apprendimento esperienziale, dove il discente può esercitarsi in scenari realistici senza rischi. Tuttavia, la mancanza di feedback immediato da parte del docente potrebbe rappresentare una limitazione, rendendo necessario un approccio integrato che combini sessioni AR con momenti di confronto diretto.

Uso di Microsoft Forms

Microsoft Forms è una piattaforma che consente la creazione di manuali, questionari, sondaggi e quiz in modo semplice e intuitivo. Nella formazione sulla sicurezza, può essere utilizzato per:

- Valutazione delle conoscenze: attraverso quiz e test, è possibile verificare la comprensione delle procedure e dei protocolli di sicurezza da parte dei lavoratori.

- Raccolta di feedback: i discenti possono fornire opinioni sulla formazione ricevuta, permettendo ai formatori di apportare miglioramenti continui. Rispetto all'interazione diretta, Microsoft Forms offre un metodo standardizzato per la valutazione e la raccolta di dati, ma potrebbe non

catturare tutte le sfumature delle competenze pratiche del discente. Pertanto, è consigliabile utilizzarlo in combinazione con altre metodologie formative.



Figura 1 Creazione e esplicitazione di contenuti aumentati con dispositivo Microsoft HoloLens per i due casi-studio, alcuni momenti ripresi nel laboratorio Ctss: a) caschetto HoloLens indossato (si adatta anche a persone che portano occhiali). Scene viste attraverso le lenti di HoloLens:

b) mano dell'operatore che si appresta a chiudere il coperchio e il lucchetto di protezione del mulino indicati dalla comparsa di una mano olografica;

c) parete nei pressi del mulino con sovrapposto un cartello olografico che riporta indicazioni sulla necessità dell'uso di otoprotettori. Il cartello olografico è sfogliabile attraverso le due frecce ai suoi margini attivabili con diverse modalità (sguardo, dita o comando vocale); a sinistra è presente una immagine olografica degli otoprotettori da utilizzare.

d) otoprotettori reali contornati da un doppio rettangolo Olografico tratteggiato impiegato per attirare l'attenzione dell'operatore: mano dell'operatore che si appresta a prenderli per utilizzarli.

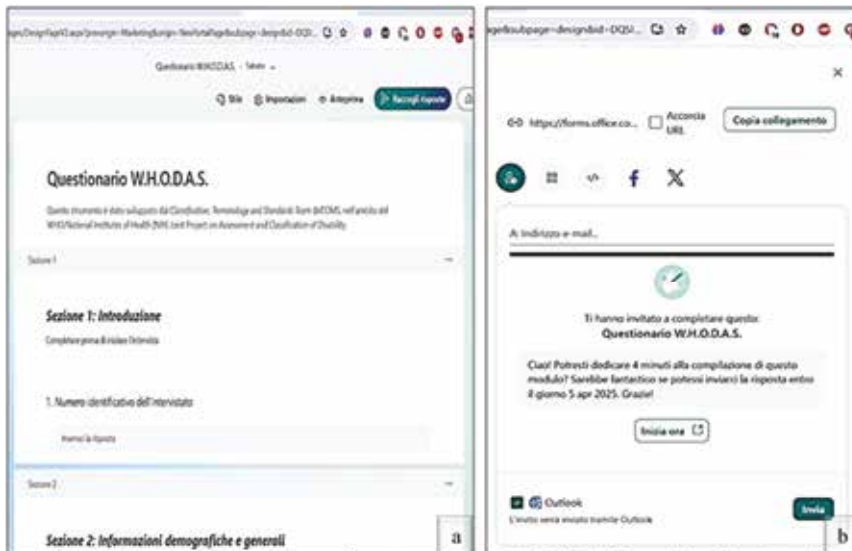


Figura 2. Creazione e esplicitazione di contenuti usando la Piattaforma Digitale interattiva Microsoft Forms per i due casi-studio; alcuni punti del percorso di creazione disponibile sulla piattaforma:

- a) particolare della creazione della pagina iniziale del questionario WHODAS 2.0;
- b) particolare della scheda che aiuta a formare un invio automatico del questionario utilizzando un elenco di indirizzi mail.

2-Interazione con lavoratori disabili per la progettazione di ambienti di lavoro inclusivi

La creazione di ambienti di lavoro inclusivi richiede una comprensione approfondita delle esigenze specifiche dei lavoratori con disabilità. Le interviste dirette possono risultare invasive o mettere a disagio l'intervistato, influenzando la qualità delle informazioni raccolte. L'adozione di tecnologie come Microsoft HoloLens e Microsoft Forms può facilitare questo processo.

Uso di Microsoft HoloLens

Nel contesto dell'interazione con lavoratori disabili, HoloLens può essere impiegato per:

- Simulazione di ambienti di lavoro: i lavoratori possono visualizzare e interagire con prototipi virtuali degli spazi lavorativi, fornendo feedback in tempo reale sulle modifiche necessarie per soddisfare le loro esigenze.
- Formazione personalizzata: attraverso applicazioni AR, è possibile creare percorsi formativi adattati alle specifiche abilità e limitazioni del lavoratore, migliorando l'autonomia e la fiducia. Rispetto all'interazione diretta, l'uso di

HoloLens offre un approccio più pratico e visivo, permettendo al lavoratore di esprimere le proprie necessità in modo concreto. Tuttavia, l'accessibilità del dispositivo e la sua usabilità per persone con determinate disabilità devono essere attentamente valutate.

Uso di Microsoft Forms

Microsoft Forms può essere utilizzato per:

- Raccolta anonima di informazioni: i lavoratori possono compilare questionari in modo riservato, riducendo il disagio associato alle interviste faccia a faccia.
- Personalizzazione dei questionari: le domande possono essere adattate in base al tipo di disabilità, garantendo una raccolta dati più precisa e pertinente. Rispetto all'interazione diretta, Microsoft Forms offre il vantaggio di un approccio più discreto e standardizzato, riducendo il possibile stress emotivo per il lavoratore. Tuttavia, la mancanza di interazione umana potrebbe limitare la profondità delle risposte e la capacità di interpretare le esigenze specifiche del lavoratore. Per questo motivo, un approccio misto, che combini l'uso di questionari con momenti di confronto diretto o esperienze AR, potrebbe rappresentare la soluzione più efficace.

CONCLUSIONI

Dall'analisi condotta, emergono vantaggi e svantaggi nell'uso di Microsoft HoloLens e Microsoft Forms rispetto all'interazione diretta tra le persone.

- Microsoft HoloLens si distingue per la capacità di fornire esperienze immersive e pratiche, particolarmente utili nella formazione sulla sicurezza e nella progettazione di ambienti accessibili per lavoratori con disabilità. Tuttavia, il costo relativamente elevato per una piccola e media impresa, come quelle maggiormente rappresentata in Italia, e la necessità di formazione per l'uso del dispositivo possono rappresentare ancora delle barriere all'adozione diffusa.

- Microsoft Forms, invece, offre una soluzione semplice e scalabile per la raccolta e l'analisi di dati, risultando particolarmente utile per valutazioni, sondaggi e interviste standardizzate.

Occorre però considerare che la sua efficacia può essere limitata dalla difficoltà di catturare elementi qualitativi e sfumature che emergono meglio in un'interazione diretta.

L'interazione diretta rimane un metodo ancora insostituibile per il coinvolgimento emotivo e la capacità di interpretare segnali non verbali.

Può, comunque, risultare meno efficace in contesti in cui è necessario garantire sicurezza (come nella formazione AR) o ridurre il disagio psicologico (come nelle interviste a lavoratori con disabilità).

L'integrazione di queste tecnologie nei processi formativi e comunicativi non deve sostituire completamente l'interazione umana, ma piuttosto migliorarla e renderla più efficace.

Un approccio ibrido, che combini i vantaggi della realtà aumentata, degli strumenti digitali interattivi e dell'interazione umana, rappresenterà, a meno di non considerare i promettenti sviluppi dell'Intelligenza Artificiale, la soluzione più efficace [4].

BIBLIOGRAFIA

[1] Burke M.J., Sarpy S.A., Smith-Crowe K., et al. Relative effectiveness of worker safety and health training methods. *Am J Public Health*. 2006;96(2):315-324. DOI: 10.2105/AJPH.2004.059840.

[2] N. Cavus, K. Al-Dosakee, A. Abdi, S. Sadiq. The utilization of augmented reality technology for sustainable skill development for people with special needs: A systematic literature review. *Sustainability*. 2021;13(19):10532. DOI: 10.3390/su131910532.MDPI.

[3] R. d'Angelo, G. Bufalo, A. Lanzotti, A. Tarallo, D. Coccorese, G. Marannano, DVR+ piattaforma interattiva per la valutazione e la segnalazione del rischio in Realtà Aumentata, Atti del 40° Congresso Nazionale di Igiene Industriale e Ambientale, Palazzo della Salute, Padova, 26 -28 giugno 2024. <https://www.aidii.it/atti-40-congresso-nazionale-di-igiene-industriale-e-ambientale-2024/>.

[4] V. Kumar, S. Barik, S. Aggarwal, et al. The use of artificial intelligence for persons with disability: a bright and promising future ahead, *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 2024; 19: 2415-2417, <https://doi.org/10.1080/17483107.2023.2288241>.

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
- **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
- **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
- **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
- **dB A_{incontri}'99 Rumore e vibrazioni negli ambienti di lavoro – Dalla valutazione alla bonifica**
Atti del Seminario di Modena del 23 settembre 1999
- **dB A_{incontri}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

- **dB A'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
- **dB A_{incontri}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
- **dB A_{incontri}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
- **dB A_{incontri}2004 - Microclima - Valutazione, prevenzione e protezione dai rischi e comfort nei luoghi di lavoro**
 Atti del Convegno di Modena del 14 ottobre 2004
- **dB A_{incontri}2005 – Microclima, aerazione e illuminazione nei luoghi di lavoro - Verso un Manuale di buona pratica**
 Atti del Convegno di Bologna del 14 settembre 2005
- **dB A'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
- **dB A_{incontri}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

- **dB_Aincontri2009 – Interventi per la riduzione del rischio rumore. Legislazione, normativa, tecnologie, esperienze**
Atti del Convegno di Modena del 24 settembre 2009
- **dB_A'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
- **dB_Aincontri2011 – Laser e Radiazioni Ottiche Artificiali non coerenti. Valutazione, prevenzione, protezione, esperienze**
Atti del Convegno di Modena del 21 settembre 2011
- **dB_Aincontri2012 – Aggiornamenti sul rischio rumore. Valutazione, prevenzione e protezione nei luoghi di lavoro**
Atti del Convegno di Modena del 11 ottobre 2012
- **dB_Aincontri2014 – Agenti Fisici nei luoghi di lavoro: aggiornamenti, approfondimenti, esperienze**
Atti del Convegno di Modena del 17 settembre 2014
- **dB_A'15 Trent'anni di Prevenzione e Protezione dagli Agenti Fisici**
Atti del Convegno di Modena del 27 maggio 2015
- **dB_Aincontri2016 – Campi Elettromagnetici nei luoghi di lavoro. Legislazione, Valutazione, Tutela.**
Atti del Convegno di Bologna del 21 ottobre 2016
- **dB_Aincontri2017 – Radiazioni ionizzanti e non ionizzanti: valutazione e protezione alla luce della nuova normativa europea.**
Atti del Convegno di Modena del 14 settembre 2017
- **dB_A2018 – I rischi fisici nei luoghi di lavoro.**
Atti del Convegno di Bologna del 17 ottobre 2018

- **dba2019 – Agenti fisici e salute nei luoghi di lavoro.**
Atti del Convegno di Bologna del 17 ottobre 2019
- **dba2020 – La gestione del microclima nei luoghi di lavoro in presenza di una emergenza epidemica**
Atti del Convegno on-line del 3 dicembre 2020
- **dba2021 – Agenti fisici nei luoghi di lavoro – Radiazioni ionizzanti**
Atti dei Convegni di Bologna del 2 e 3 dicembre 2021
- **dba2022 – Rischi fisici emergenti nei luoghi di lavoro**
Atti del Convegno di Bologna del 23 novembre 2022
- **dba2023 – Rischi fisici nei luoghi di lavoro**
Atti del Convegno di Bologna del 10 ottobre 2023
- **dba2024 – Agenti Fisici nei luoghi di lavoro: stato dell'arte, novità e strumenti di supporto alla valutazione del rischio**
Atti del Convegno di Bologna del 20 novembre 2024
- **dba2025 – Esperienze di valutazione del rischio da agenti fisici nei luoghi di lavoro**
Atti del Convegno di Bologna del 12 giugno 2025

Altre pubblicazioni

Collana REACH

- **REACH-CLP-OSH_2025 – LA SICUREZZA CHIMICA NEI LUOGHI DI LAVORO (2025)**
- **REACH-CLP-OSH_2024 – LE SOSTANZE CMR IN SICUREZZA CHIMICA. Agenti Cancerogeni, Mutageni, tossici per la Riproduzione e che destano molta preoccupazione per la salute (2024)**
- **REACH-OSH2023 – Aggiornamenti sulla sicurezza Chimica. Sostanze cancerogene, mutagene, tossiche per la riproduzione, interferenti endocrine e sensibilizzanti per le vie respiratorie nei luoghi di lavoro. (2023)**
- **REACH-OSH2022 – Sicurezza Chimica e Scheda di Dati di Sicurezza. La Nuova Scheda di Dati di Sicurezza per una nuova Valutazione del rischio da agenti chimici pericolosi, tossici per la riproduzione, cancerogeni, mutageni. (2022)**
- **REACH-OSH2021 – Sicurezza Chimica. Individuazione del pericolo, Valutazione del rischio, Valutazione dell’esposizione, Misure di gestione del rischio. (2021)**
- **CLP-REACH_2020-COVID - Rischio chimico nei luoghi di vita e di lavoro. (2020)**
- **REACH-OSH_2019 – Sostanze Pericolose: Valutazione del rischio, Scheda di Dati di Sicurezza, Scenari di Esposizione, Misure di gestione del rischio. (2019)**

- **REACH2018 – Sostanze Pericolose. Identificazione, Registrazione, Valutazione, Autorizzazione, Restrizione e Gestione del Rischio. (2018)**
- **REACH 2017 – L’applicazione dei Regolamenti REACH e CLP nei luoghi di vita e di lavoro e nel comparto metalmeccanico (2017)**
- **REACH 2016 – L’applicazione dei regolamenti REACH e CLP nei luoghi di vita e di lavoro (2016)**
- **REACH 2015 – L’applicazione dei regolamenti REACH e CLP nei luoghi di lavoro. L’applicazione dei Regolamenti Europei delle Sostanze Chimiche in ambito sanitario (2015)**
- **REACH 2014 - I Regolamenti Europei REACH e CLP: l’interazione tra le normative sociali e di prodotto, il confronto e l’assistenza alle imprese, l’armonizzazione europea dei controlli (2014)**

Collana RisCh

- **RisCh 2014 – L’aggiornamento della valutazione del rischio da agenti chimici pericolosi, cancerogeni e mutageni:** la valutazione della sicurezza chimica, la nuova scheda di dati di sicurezza e gli scenari di esposizione
- **RisCh 2012 – Agenti chimici pericolosi, cancerogeni, mutageni, REACH, CLP, SDS**
- **RisCh 2011 – Le nuove valutazioni del rischio da agenti chimici pericolosi e dell’esposizione ad agenti cancerogeni, mutageni**
- **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
- **RisCh 2008 – Sostanze pericolose:** agenti chimici pericolosi, cancerogeni, mutageni e l'amianto
- **RisCh 2006 – Il rischio chimico nei luoghi di lavoro:** identificazione, misurazione, valutazione, prevenzione e protezione, sorveglianza sanitaria, esperienze ed approfondimenti
- **RisCh 2005 – Sostanze e preparati pericolosi per la salute e la sicurezza dei lavoratori.** Classificazione ed autotrasferimento, etichettatura di pericolo e scheda di sicurezza, valutazione del pericolo e del rischio, aspetti critici ed innovativi. Il caso della silice libera cristallina

- **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
- **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 2017 – La gestione della sicurezza delle attrezzature di lavoro: i controlli e le verifiche periodiche.**
- **SICUREZZA 2015 – Aggiornamenti sugli ambienti confinati e sulle ATEX**
- **SICUREZZA 2010 – Attrezzature di lavoro e Direttive Comunitarie.** Applicazione dei RES e conformità delle attrezzature
- **SICUREZZA 2008 – La nuova organizzazione della sicurezza.** I sistemi della gestione della sicurezza ed i lavori in appalto
- **SICUREZZA 2006 – Procedure di sicurezza.** Progettazione e applicazione
- **SICUREZZA 2005 – Lavori in quota.** Apprestamenti di sicurezza e DPI
- **SICUREZZA 2004 – Atmosfere esplosive:** la valutazione e la gestione del rischio negli ambienti di lavoro
- **SICUREZZA 2003 – Sei anni di coordinamento nei cantieri temporanei e mobili**
- **SICUREZZA 2002 - Dall'eliminazione del pericolo alla gestione del rischio.** La sicurezza degli ambienti di lavoro, degli impianti, delle macchine

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
- **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
- **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)



Il progetto dBA nasce a Modena nel 1985 da un'idea di Omar Nicolini. In un mondo del lavoro che chiedeva tutele e rivendicava salute dBA'85 si propose come un'occasione di confronto, un punto di riferimento, di coagulo per le tante esperienze disponibili sul rischio rumore che rappresentavano anche le esperienze trainanti per gli altri rischi per la salute e la sicurezza e che certamente diede impulso a molte altre idee ed iniziative, come il Salone Ambiente Lavoro. Evidenziare la praticabilità della prevenzione primaria fu infatti uno dei principali obiettivi di dBA, sostenuto già nel 1985 dalla presenza di una rassegna espositiva delle principali ditte del settore. Per inciso, la denominazione dell'iniziativa, più che per l'evidente assonanza con i decibel ponderati (A), segnala la volontà di realizzare una mostra convegno "della Bonifica Acustica".

Le successive edizioni del Convegno si sono tenute assumendo connotazioni diverse in relazione alle più importanti novità legislative ed alla volontà di affrontare l'insieme dei rischi fisici (rumore, vibrazioni, microclima, campi elettromagnetici, radiazioni ottiche e radiazioni ionizzanti) in un unico contenitore.

Oggi dBA è un'iniziativa matura che porta a sintesi il progetto di un confronto multidisciplinare sui rischi fisici e approfondisce gli argomenti più attuali in incontri dedicati a temi specifici, sempre nell'ambito dei rischi fisici, con contributi tecnoscintifici 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.

Ancora oggi dBA mantiene vivo l'interesse sui temi della salute nei luoghi di lavoro e tale intende continuare a essere anche con la vostra attenzione.

PROPRIETÀ LETTERARIA RISERVATA

ISBN 979-12-81779-08-2



9 791281 779082

Stampato in Italia – Printed in Italy – Maggio 2026

Stampato da Premiata Stabilimento Tipografico dei Comuni
Soc.Coop. - Santa Sofia (FC)

dBA 2025



**Esperienze di valutazione del rischio da agenti
fisici nei luoghi di lavoro**

In collaborazione con:



**COORDINAMENTO
TECNICO
INTERREGIONALE
DELLA PREVENZIONE
NEI LUOGHI DI LAVORO**



**FEDERAZIONE NAZIONALE
DEGLI ORDINI
DEI CHIMICI E DEI FISICI**