

UN PROGETTO PER IL CONFRONTO INTERLABORATORIALE SULLA MISURAZIONE DEI LIVELLI DI RISCHIO DA VIBRAZIONI NEI LUOGHI DI LAVORO: PRIME INDICAZIONI

**Omar Nicolini⁽¹⁾, Nino Della Vecchia⁽¹⁾, Pietro Nataletti⁽²⁾, Iole Pinto⁽³⁾,
Luigi Trimarchi⁽⁴⁾, Massimo Garai⁽⁵⁾**

⁽¹⁾: Az.USL di Modena – Dipartimento di sanità Pubblica

⁽²⁾: ISPESL – Dipartimento di Igiene del Lavoro

⁽³⁾: ASL n°7 di Siena – Dipartimento di Prevenzione

⁽⁴⁾: INAIL – Direzione Regionale Emilia-Romagna

⁽⁵⁾: Università di Bologna - DIENCA

PREMESSA

L'Unione Europea stima che il 21% degli occupati italiani sia esposto a vibrazioni, tanto quelle applicate al sistema mano-braccio (HAV) quanto quelle al corpo intero (WBV) e le patologie da tale agente fisico rappresentano la quinta causa di malattia professionale indennizzata dall'INAIL.

Con Decreto Legislativo n.187 del 2005 prima e con Decreto Legislativo n.81 del 2008 poi il nostro Paese ha recepito la Direttiva 2002/44/CE che impegna le aziende ad una rinnovata attenzione per ridurre il rischio di patologie professionali da esposizione ad elevati livelli di vibrazioni.

La legislazione in vigore dal 2006 richiede che le aziende effettuino la valutazione del rischio mediante diverse modalità ed in particolare che possano avvalersi dell'utilizzo di dati desunti da banche dati di soggetti autorizzati (nel 2006: ISPESL, Regioni e CNR) ovvero mediante misurazione sul campo dei livelli di rischio.

Pur in presenza di indicazioni normative esplicitate dal provvedimento legislativo (ISO 2631 per WBV e ISO 5349 per HAV) l'attività di vigilanza del Servizio di Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro (d'ora in poi: SPSAL) dell'Azienda USL di Modena ha mostrato che le misurazioni del rischio possono portare a risultati anche molto distanti sulla base delle metodologie e delle scelte operative seguite e della perizia dei rilevatori.

E' poi da rilevare che la BDV presenta a tutt'oggi un numero di misurazioni molto limitato rispetto alla casistica che si riscontra nei luoghi di lavoro e ciò ne limita la fruibilità da parte delle aziende in fase di valutazione del rischio.

Su queste basi, a cura dell'Azienda USL di Modena – Dipartimento di Sanità Pubblica, dell'Azienda USL di Siena – Dipartimento di Prevenzione, dell'ISPESL – Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro, dell'INAIL – Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro, Direzione Regionale della Emilia-Romagna e dell'Università di Bologna – DIENCA, è stato promosso e realizzato il progetto di ricerca interlaboratoriale sul campo denominato "VAL" (Vibrazioni negli Ambienti di Lavoro) di cui questa relazione rappresenta il primo momento di razionalizzazione dei risultati.

E' infine da rilevare che il progetto di ricerca VAL si pone in naturale continuità con un accordo in via di perfezionamento tra Regioni, ISPESL e CNR volto a consolidare l'esperienza della banca dati vibrazioni realizzata dalla ASL di Siena e da ISPESL ed attualmente presente sul sito www.ispesl.it. L'accordo punta a mantenere l'unitarietà delle banche-dati, promosse in primis dal DLgs.187/05, prevedendone l'inserimento in un portale italiano specializzato, come pre-condizione per disporre di uno strumento caratterizzato da elevata certezza sugli standard di qualità dei dati presenti, da qualificate ma semplici modalità di arricchimento di esperienze provenienti dai più diversi soggetti presenti nel mondo della prevenzione ed aggiornata con regolarità. Poiché in tale accordo si sostiene l'opportunità dell'aggiornamento continuo dei dati in BDV "anche tramite l'apporto di qualificati contributi esterni sulla base di un apposito protocollo" gli estensori di tale bozza di accordo hanno già provveduto a definire la struttura dei Protocolli delle misure per coloro che vogliano contribuire all'arricchimento della BDV (vedi Relazione di pag. 587 di questi Atti), ma si poneva l'esigenza di sperimentare sul campo detti Protocolli.

1) IL PROGETTO DI RICERCA "VAL"

Sulla base dell'insieme delle considerazioni svolte in premessa il progetto VAL si è posto le seguenti finalità:

- promozione, condivisione e applicazione sul campo di modalità corrette di misurazione del rischio e di espressione dei livelli di esposizione presenti sui posti di lavoro con i Consulenti che operano in provincia di Modena;
- arricchimento della BDV con valori misurati su sorgenti o relativi a condizioni produttive non ancora in essa descritte;
- sperimentazione e perfezionamento del Protocollo di misurazione per l'accesso alla BDV;
- valutazione statistica delle incertezze di misura in predeterminate condizioni operative sul campo.

Gli studi di consulenza ed i liberi professionisti che effettuano misurazioni di vibrazioni nel territorio della provincia di Modena sono stati contattati per verificarne la disponibilità ad un confronto teorico-pratico sulle modalità di valutazione del rischio.

Il 29 gennaio 2008 è stato organizzato un workshop, al quale sono invitati i consulenti incontrati nell'ambito dell'attività del SPSAL modenese, nel quale è stato presentato il progetto nel suo insieme e nelle sue due Fasi applicative, con approfondimenti sulle modalità dell'impegno e sulle caratteristiche della strumentazione necessaria. Con un ampio confronto tecnico-operativo è stato illustrato e discusso il Protocollo per le misurazioni che consentirà a chi lo applica di far confluire i propri dati alla BDV definendone anche degli aspetti migliorativi.

Nelle settimane successive al workshop sono state raccolte le adesioni dei Consulenti alle due Fasi del progetto e tutte le informazioni tecniche sulla strumentazione di misura di ciascun partecipante.

L'attuazione delle fasi operative del progetto si è svolta da marzo a giugno.

Nella "Fase 1" è stato applicato sul campo il Protocollo delle misurazioni destinate alla BDV con l'obiettivo di risolvere sul campo i problemi tecnici che si manifestavano nell'applicarlo e di arricchire la BDV misurando sorgenti o condizioni produttive non ancora in essa descritte. Questa fase della ricerca, condotta presso aziende clienti dei Consulenti, ha anche consentito di effettuare misurazioni in parallelo tra il Gruppo di ricerca ed i Consulenti con lo scopo di avere un primo, pur grossolano confronto sulle differenze dei risultati delle misure effettuate da tecnici diversi con strumentazione diversa.

La "Fase 2" è consistita nelle rilevazioni effettuate da n°10 Consulenti che con propri strumenti (correttamente tarati e calibrati) hanno effettuando misurazioni su attrezzature di lavoro in condizioni operative assolutamente sovrapponibili, in particolare per:

- stato di manutenzione dell'utensile;
- tipologia di materiale lavorato;
- variabili riferite all'operatore (forza di prensione, peso, ritmo di lavoro ...).

In concreto ciascun Consulente ha effettuato n°5 rilevazioni strumentali delle accelerazioni prodotte per ciascuna delle n°6 attrezzature di lavoro che sono state approntate nelle aziende campione. I valori rilevati sono poi stati oggetto di valutazione statistica per determinare l'incertezza delle misure.

2) LA FASE 1 IN DETTAGLIO

In una azienda scelta da ciascuno dei Consulenti aderenti al Progetto sono state identificate 2 o 3 situazioni espositive, principalmente riferite alle attrezzature di lavoro utilizzate, non già inserite nella BDV (tra quelle misurate sul campo) attualmente presente sul sito www.ispesl.it.

In una serie di date concordate si è poi provveduto, dopo aver calibrato l'accelerometro, ad effettuare le misurazioni di ciascuna di tali attrezzature in specifiche condizioni di lavoro secondo questo schema:

- per HAV il consulente ha effettuato 1 misura iniziale su ogni impugnatura (ciascuna di almeno 1') e poi sull'impugnatura a maggior rischio ha ripetuto ulteriori 2 misure, sempre con l'attrezzo utilizzato dallo stesso operatore. Si è poi ripetuta la stessa sequenza per un secondo operatore e, previa determinazione del valor medio (\bar{x}), dello scarto tipo (S_{n-1}) e del coefficiente di variazione (C_v), si è deciso se fosse il caso di ripetere le misure su di un terzo operatore. I tecnici dell'ASL hanno effettuato misure di confronto su di 1 solo degli addetti impegnati, sulla impugnatura a maggior a_{wsum} ;
- per WBV il consulente ha effettuato 3 misure (ciascuna di almeno 3') sempre con l'attrezzatura/macchina utilizzata dallo stesso operatore. Si è poi ripetuta la stessa sequenza per un secondo operatore e, previa determinazione del valor medio, dello scarto tipo e del coefficiente di variazione, si è deciso se fosse il caso di ripetere le misure su di un terzo operatore. Anche per le WBV i tecnici dell'ASL hanno effettuato misure di confronto su di uno solo degli addetti impegnati.

In entrambi i casi i dati sono stati raccolti col massimo numero di cifre significative che il vibrometro indicava e per ciascuna attrezzatura di lavoro indagata sono state raccolte le indicazioni previste dalla “Scheda Tecnica di acquisizione ...” annessa ai Protocolli Regioni-ISPEL-CNR.

2.1 RISULTATI DELLE MISURAZIONI

La Fase 1 ha previsto determinazioni dei livelli di accelerazione di n° 24 attrezzature di lavoro in n° 11 aziende sulla base delle disponibilità ottenute da altrettanti Consulenti o Centri di consulenza. Poiché, come detto, sull’impugnatura a maggior rischio (o sull’unica impugnatura) si effettuavano n°3 campionamenti per ciascuno dei 2 o 3 operatori che li utilizzava, in totale gli 11 Consulenti hanno effettuato n°159 misure. Ciascuna misura relativa ad una singola attrezzatura di lavoro è stata effettuata su attività lavorative esattamente uguali (es.: stesso materiale da smerigliare, stesso numero di viti da avvitare, stesso prato da falciare, stesso tracciato da percorrere...). I risultati sono riportati nella Tabella 1, a seguito.

Tabella 1: Progetto VAL-risultati delle misurazioni effettuate dai Consulenti nel corso della Fase 1

Attrezzi/Veicoli indagati	Operatore A			Operatore B			Operatore C		
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Smerigliatrice dritta Ober SM1	4,178	4,218	3,089	4,877	4,464	3,933	non necessarie		
Smerigliatrice ang. Milwaukee AG 8-115	5,231	5,276	5,480	5,804	5,588	5,692	“ “		
Fresatrice manuale Makita 3612	2,961	3,186	2,865	2,895	2,833	2,505	“ “		
Avvitatore Uryo UL 60 D	1,986	2,447	2,068	2,399	2,326	2,288	“ “		
Avvitatore Uryo SBP024-T2300-R4Q	2,564	3,102	2,848	2,145	2,527	2,652	“ “		
Avvitatore Atlas Copco LUM 21 HR23-U	2,854	2,867	2,768	2,489	2,563	2,322	“ “		
Avvitatore Desoutter SBP-T2300-S4Q	3,310	3,221	3,412	3,353	3,693	3,394	“ “		
Avvitatore Uryo US-LT3IPB-17 autoalim.	4,317	4,415	4,293	3,984	4,197	4,268	“ “		
Trapano avvitatore Makita 6019D	2,290	2,169	2,427	2,168	2,334	1,947	“ “		
Levigatrice orbitale ETS 150/3 EQ	12,529	10,365	11,962	9,286	9,898	9,527	“ “		
Seghetto alternativo PSB 300 EQ TRION	11,593	13,036	13,086	8,190	13,240	16,255	19,528	13,115	18,200
Rifilatore Felisatti R400	6,688	6,048	5,801	3,554	3,333	3,282	3,989	4,822	5,013
Pistola Beretta 765 Browning	5,257	4,989	4,766	4,486	4,650	4,461	non necessarie		
Moto Guzzi 848 cc	0,672	0,798	0,860	0,826	0,896	0,850	0,714	0,710	0,756
Tosaerba Ibea IB-55095B	7,454	6,583	7,644	7,844	6,994	6,100	non necessarie		
Trattorino tagliaerba ISEKI SXG 19	0,671	0,756	0,858	0,769	0,781	0,890	“ “		
Motocoltivatore Jolly 63 LD/DF	12,487	13,217	12,413	11,631	11,020	11,623	“ “		
Terna Case 580 LE	1,168	1,217	1,261	0,969	0,923	1,036	“ “		
Escavatore Hitachi Zaxis 160 LC	0,392	0,420	0,234	0,360	0,398	0,385	0,323	0,314	0,329
Carrello Cesab ECO L 25.3 elettrico	0,485	0,291	0,433	0,322	0,298	0,324	0,386	0,386	0,311
Carrello elevatore Linde H30 D diesel	0,403	0,338	0,408	0,421	0,420	0,433	non necessarie		
Fiat Panda 900	0,432	0,433	0,419	0,386	0,412	0,389	“ “		
Fiat Ducato 3000	0,460	0,483	0,461	0,499	0,498	0,503	“ “		
Iveco Daily 35C11	0,434	0,437	0,423	0,452	0,452	0,463	“ “		

Figura 1: Progetto VAL - esempio di dati raccolti durante le 24 rilevazioni della Fase 1

SCHEDA TECNICA ACQUISIZIONE MISURE A VIBRAZIONI TRASMESSE AL SISTEMA MANO-BRACCIO
Modello di resoconto di prova per le vibrazioni sull'impugnatura di macchine utensili portatili

Generalità

Prova effettuata da:	Rapporto effettuato da:
Data: 16/04/2008	tel..... e-mail.....

Macchina utensile esaminata

Tipo: Smerigliatrice diritta (Frullino) (*)	Fabbricante: OBER (*)
Denominazione del modello: OBER SM1 (*)	N° di serie: codice 8100504 (*)
Peso, kg: 0,5	Tipo alimentazione: pneumatica (*)
Anno di costruzione: 2006	Valore di emissione dichiarato dal produttore: 1,05 (m/s ²)

Utensile inserito

Tipo: ruota a lamella in tela resinata al corindone (*)	
Caratteristiche: diametro 25 mm	

Condizioni di funzionamento

Frequenza di percussione/rotazione, Hz: 22.000 giri/min
Pressione, bar: 7
Durata di ciascuna prova : 62 s (*) N.B. La durata totale di ciascuna misura (n. prove x durata 1 prova) deve essere pari almeno ad 1 minuto.
Tipologia di materiale in lavorazione (es. legno, roccia): acciaio inox (*)
Condizioni operative di lavoro (es. perforazione roccia, levigatura legno etc.): levigatura (*)
FOTO MACCHINARIO NELLE CONDIZIONI OPERATIVE (*)




Figura 1 - Segue

Attrezzatura per la misurazione (*)

Accelerometro - fabbricante, tipo, peso: PCB Piezotronics SEN020; 10,5 g
Filtro meccanico - fabbricante, tipo, peso: Larson&Davis ADP061; 19 g
Preamplificatore (eventuale) - fabbricante, tipo: nessuno
Analizzatore - fabbricante, tipo: Larson&Davis HVM100
Registratore a nastro (eventuale) - fabbricante, tipo: nessuno
.....
Estremi della taratura degli strumenti rilasciati del centro SIT: Centro di taratura 068 - Certificato n.22474-V del 03/03/2008

Fissaggio del trasduttore e del filtro meccanico

Descrivere il metodo seguito per fissare il trasduttore e il filtro meccanico. Indicare le direzioni di misurazione: Canale 1 = x; Canale 2 = y; Canale 3 = z Fissaggio del filtro meccanico (laterale piatto) mediante fascette in plastica	
--	--

Elaborazione del segnale Indicare il tipo di integrazione del segnale impiegato (costanti tempo r.m.s.; frequenza campionamento):
RMS integration = Linear; Buffer time step = 0,1 s

Specifiche aggiuntive (Indicare eventuali altri dettagli relativi alle misurazioni, se applicabili): nessuna

Figura 1 – Segue

Risultati: I risultati vanno espressi come indicato nei seguenti prospetti:

Valori efficaci - Operatore A: Valori $a(x,y,z)$ in metri per secondo quadro (m/s^2 r.m.s.)

Prova									Condizioni di misura
n. misura	lineare ¹				pesato				
	a_{hx}	a_{hy}	a_{hz}	a_{hvsum}	a_{hwx}	a_{hwy}	a_{hwz}	a_{hvwsum}	
1.					2,44	2,27	2,52	4,178	mano dx
2.					2,76	2,25	2,26	4,218	
3.					1,99	1,47	1,85	3,089	

Valori efficaci - Operatore B: Valori $a(x,y,z)$ in metri per secondo quadro (m/s^2 r.m.s.)

Prova									Condizioni di misura
	lineare ¹				pesato				
	a_{hx}	a_{hy}	a_{hz}	a_{hvsum}	a_{hwx}	a_{hwy}	a_{hwz}	a_{hvwsum}	
1.					3,69	2,29	2,22	4,877	mano dx
2.					3,13	2,31	2,19	4,464	
3.					1,50	1,61	3,26	3,933	

Sulle misure relative gli operatori A+B:

Media aritmetica:	4,127	
Scarto tipo:	0,600	
Coefficiente di variazione:	14,55%	non serve il 3° Operatore

Media aritmetica pesata dei 2 operatori	4,127	Scarto tipo sull'insieme delle misure	0,600
---	--------------	---------------------------------------	--------------

¹ I dati in lineare non sono stati rilevati in quanto le misurazioni erano direttamente assistite dal Gruppo di ricerca

Come già anticipato, i rilievi riferiti ad ogni singola attrezzatura di lavoro sono stati raccolti nella “Scheda Tecnica di acquisizione ...” annessa ai Protocolli Regioni-ISPESL-CNR, come da esempio riportato nelle tre pagine precedenti.

Su 12 delle precedenti 24 attrezzature di lavoro i tecnici della Az.USL di Modena hanno invece effettuato 36 misurazioni.

Nella Tabella 2 vengono confrontati i valori rilevati dai tecnici della ASL con quelli rilevati dai Consulenti; ovviamente le attrezzature erano utilizzate dallo stesso lavoratore e questi era impegnato in attività lavorative esattamente uguali.

Tabella 2: Progetto VAL - Risultati delle misurazioni effettuate dai Consulenti e dai tecnici della Az.USL di Modena sulle stesse attrezzature nel corso della Fase 1

Attrezzi/Veicoli indagati	Consulenti			Az.USL-MO		
	M1	M2	M3	M ₁	M ₂	M ₃
1) Smerigliatrice ang. Milwaukee AG 8-115	5,231	5,276	5,480	5,240	5,353	5,259
2) Fresatrice manuale Makita 3612	2,895	2,833	2,505	2,573	2,903	2,435
3) Avvitatore Uryo UL 60 D	2,399	2,326	2,288	2,332	2,242	2,192
4) Avvitatore Atlas Copco LUM 21 HR23-U	2,854	2,867	2,768	2,694	2,781	2,975
5) Avvitatore Uryu US-LT31PB-17 autoalim.	4,317	4,415	4,293	4,571	5,327	5,137
6) Levigatrice orbitale ETS 150/3 EQ	12,529	10,365	11,962	12,600	12,046	11,858
7) Moto Guzzi 848 cc	0,714	0,710	0,756	0,643	0,663	0,646
8) Trattorino tagliaerba ISEKI SXG 19	0,769	0,781	0,890	0,974	0,917	0,848
9) Motocoltivatore Jolly 63 LD/DF	12,487	13,217	12,413	11,998	13,302	12,478
10) Escavatore Hitachi Zaxis 160 LC	0,323	0,314	0,329	0,167	0,213	0,235
11) Carrello elevatore Linde H30 D diesel	0,403	0,338	0,408	0,239	0,304	0,445
12) Fiat Ducato 3000	0,499	0,498	0,503	0,472	0,493	0,489

2.2 PRIME CONSIDERAZIONI DALL'OSSERVAZIONE DEI VALORI MISURATI DA CONSULENTI E ASL

La ridotta numerosità del campione dei dati da esaminare ed il fatto che le misure sono state condotte da più operatori (tanto tra i Consulenti quanto tra i tecnici dell’Az.USL di Modena) inducono a considerare questo raffronto solo come un primo momento di osservazione di un fenomeno che meriterà una analisi decisamente più approfondita. Tuttavia si voleva entrare nel merito delle differenze che si possono manifestare all’atto delle verifiche delle misurazioni di vibrazioni ad esempio nel corso di una visita ispettiva in una azienda. E’ il caso di ricordare che nella pratica corrente, almeno sino ad ora, ci si limita quasi sempre ad un solo campionamento (una sola misurazione) tanto da parte dei Consulenti quanto da parte dei tecnici delle ASL.

I dati di Tabella 2 non sono stati oggetto di una analisi statistica approfondita stante la loro bassa numerosità, ma solo di analisi descrittiva da cui emerge:

- lo scarto tra il valore superiore e quello inferiore sul valore medio è dell'ordine del 8-10% tranne un paio di casi, rispetto ai quali si potrebbero ipotizzare problemi contingenti di misurazioni (per altro a carico delle misurazioni ASL);
- ripetendo le misure la variabilità delle osservazioni rilevata è risultata indipendente dal tecnico: in 7 casi su 10 i valori maggiori li hanno misurato i Consulenti, negli altri 3 i tecnici ASL.
- il rapporto scarti/valori medi è significativamente più elevato nelle misurazioni relative a WBV, laddove il valore misurato è basso;

Nell'ipotesi che entrambi i tecnici effettuino n°3 misure, su di una situazione riprodotta al meglio quanto a modalità di accadimento, con strumentazione tarata e calibrata, dando per scontato che entrambi i rilevatori siano personale qualificato e che quindi non esista motivo di ritenere le misure dell'uno più attendibili di quelle dell'altro, permane una certa variabilità tra le misurazioni che non sembra essere in relazione al misuratore, ma interna all'atto stesso della ripetizione.

2.3 MODIFICHE PROPOSTE AI PROTOCOLLI DI MISURA

Sulla base dell'esperienza maturata nella Fase 1 del progetto VAL, oltre ad alcuni aggiustamenti grafici, si sono proposte le seguenti correzioni ai protocolli di misura per l'accesso alla BDV:

- 1) sostituire nell'intero documento il termine "deviazione standard" con il termine "scarto tipo", secondo la corretta terminologia attuale;
- 2) sostituire nell'intero documento il termine "massa" con il termine "peso", meno preciso dal punto di vista fisico teorico, ma più vicino alle indicazioni rintracciabili sui manuali tecnici e sui libretti di uso e di manutenzione ed alle osservazioni pratiche che si possono effettuare sul campo;
- 3) inserire il paragrafo sulla taratura anche nel capitolo sulle misurazioni HAV ed una casella per registrare gli estremi della taratura nella scheda di registrazione dati per HAV;
- 4) togliere il paragrafo "Considerazioni sul numero delle misurazioni" dei due Allegati informativi sulle incertezze di misura in quanto la metodologia del Protocollo richiede sempre l'esecuzione di almeno 6 misure (se non di più, per cui il k non si applica mai). In tale paragrafo era infatti indicato un fattore correttivo k da applicare ai valori desunti da meno di 5 misure;
- 5) togliere dalle schede di registrazione dei dati misurati la media aritmetica relativa ai valori lineari, in quanto inutile. Resta invece l'indicazione dei valori misurati senza ponderazione con la finalità di poter verificare la correttezza del rilievo;
- 6) togliere dalle schede di registrazione dei dati misurati la richiesta di calcolare la media, lo scarto tipo ed il coefficiente di variazione per gli operatori A e C in quanto il calcolo di tali parametri va effettuato sulle (almeno) 6 misure relative agli operatori A e B per decidere se occorre effettuare misure anche su di un terzo operatore (C);
- 7) sostituire nelle schede di registrazione dei dati misurati relativi a WBV la nota "Nota: i valori relativi ad a_x e a_y sono moltiplicati per 1,4 ? SI NO" con

l'affermazione "N.B.: i valori relativi ad a_x e a_y devono già essere moltiplicati per 1,4"

- 8) aggiungere al termine delle schede di registrazione dei dati misurati la stima dello scarto tipo (che nella versione originale della scheda mancava) per guidare i misuratori all'indicazione del risultato da far comparire in BDV;
- 9) aggiungere nelle schede di registrazione dei dati misurati uno specchietto finale con i dati di base (valor medio e scarto tipo) ed il dato del risultato da far comparire in BDV (valor medio + 1,645 s.t.).

Nei protocolli di misura proposti nella relazione di pag. 587 di questi Atti si tiene già conto delle suddette proposte di modifica.

3) LA FASE 2 IN DETTAGLIO

La Fase 2 è sostanzialmente consistita in un Round Robin Test effettuato da 10 Consulenti che hanno misurato 6 condizioni espositive (sei diverse lavorazioni ciascuna con uno specifico attrezzo) ognuna per 5 volte per un totale di 300 misure. Il tutto è avvenuto presso tre aziende ospiti che, in collaborazione con l'Az.USL di Modena, hanno curato la riproducibilità delle condizioni espositive stesse.

Le situazioni misurate hanno riguardato:

- 1) flessibile Bosch GVS900 in operazioni di taglio di profilato metallico d'acciaio. Il disco da taglio era sostituito ogni misura;
- 2) lucidatrice Felisatti TP 513 impegnata in attività di lucidatura di una carrozzeria in lamiera verniciata;
- 3) soffiatore STHIL BG85 impegnato per 24" di funzionamento al massimo regime e per il restante tempo (36") in folle (al minimo);
- 4) decespugliatore TANAKA TBC-355 IS, impegnato nello sfalcio di settori di prato di apparente assoluta omogeneità;
- 5) vibrocompattatore utilizzato su di una superficie cortiliva in cemento;
- 6) flessibile Hitachi G23SR utilizzato per il taglio di cordoli stradali in cemento. I dischi da taglio venivano sostituiti ultimate le cinque misure di ogni laboratorio.

Ovviamente nell'ambito di ogni singola situazione espositiva è stato impegnato un unico addetto con l'istruzione di comportarsi nel modo più riproducibile che gli fosse possibile.

Il mandato era di raccogliere i dati col massimo numero di cifre che la strumentazione proponeva.

I risultati delle singole rilevazioni sono riportati nella Tabella 3 di pagina seguente.

3.1 COMMENTO AI RISULTATI DELLE MISURAZIONI DELLA FASE 2

L'analisi statistica dei dati è stata basata sulle norme ISO 5725-1:1994 (+ technical corrigendum 1:1994) e ISO 5725-2:1994, recepite in Italia come UNI ISO 5725-1:2004 e UNI ISO 5725-2:2004.

Nella Fase 2, il confronto inter-laboratorio, o round robin test (RRT) è stato assimilato ad un "esperimento bilanciato a livelli uniformi" con i parametri riportati in Tabella 4 di pagina seguente.

I dieci laboratori verranno d'ora in poi indicati con la sigla loro attribuita in ordine casuale (L1, .. L10), mentre i sei attrezzi utilizzati nelle sei condizioni espositive verranno indicati come "livelli" (statistici) q1,.. , q6.

Tabella 3: Progetto VAL – Fase 2; risultati dei rilievi nelle situazioni da 1 a 6
(L = Laboratori; M = misurazioni; q = livelli statistici/attrezzi)

		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10
q1	M1	9,046	7,609	7,514	8,990	8,329	11,533	10,086	6,779	11,340	9,698
	M2	8,282	7,934	9,699	7,742	10,089	12,190	11,599	7,023	11,707	11,216
	M3	8,482	7,531	9,504	7,056	7,979	10,803	10,654	8,943	14,163	11,947
	M4	9,974	7,771	8,683	7,319	7,918	11,102	10,345	12,468	10,910	9,612
	M5	9,135	8,035	9,197	7,282	8,099	13,950	11,759	12,397	10,776	10,246
q2	M6	2,126	2,428	2,040	2,193	2,476	2,086	3,299	1,201	2,167	2,345
	M7	2,455	2,293	1,741	2,302	2,434	2,224	3,385	3,476	2,185	2,568
	M8	2,238	3,100	1,746	2,314	2,299	1,980	3,096	3,668	2,065	2,539
	M9	1,956	2,543	1,821	2,232	2,382	1,984	2,875	3,000	2,245	2,355
	M10	1,940	2,323	1,792	2,446	2,488	1,487	2,678	2,753	2,108	2,736
q3	M11	9,905	9,890	8,396	9,786	10,106	10,751	7,120	10,924	9,732	9,920
	M12	9,428	10,092	9,094	9,337	10,245	9,384	7,203	10,387	10,258	11,041
	M13	9,731	10,603	9,594	9,459	10,740	9,921	7,417	10,598	9,647	9,886
	M14	9,502	11,453	9,719	9,823	10,611	10,029	7,465	10,363	9,947	9,853
	M15	9,758	11,895	9,505	9,937	9,012	10,872	7,347	10,574	9,610	9,086
q4	M16	8,512	8,399	8,342	7,729	11,632	9,128	7,655	10,002	8,956	7,888
	M17	9,306	7,066	8,192	7,926	11,302	8,975	8,755	9,358	8,863	7,734
	M18	8,644	8,118	8,697	8,653	10,994	8,240	9,320	9,392	8,205	8,181
	M19	8,266	6,083	8,527	8,646	11,576	9,988	8,906	9,496	8,811	7,691
	M20	9,154	7,067	8,315	9,070	11,506	9,433	8,771	10,188	8,090	7,554
q5	M21	31,267	32,318	30,391	31,487	35,930	25,173	33,125	34,449	33,732	31,233
	M22	32,386	33,245	31,197	31,466	33,810	28,602	32,222	27,181	34,543	31,494
	M23	32,517	33,258	32,698	32,058	31,204	29,979	34,834	31,834	34,492	31,021
	M24	33,077	34,531	34,257	32,479	29,205	30,520	34,435	28,095	34,257	30,722
	M25	34,122	34,167	32,926	32,957	29,421	30,212	30,757	29,349	34,887	31,255
q6	M26	11,512	15,945	10,057	13,200	9,397	13,171	9,103	10,805	12,169	16,277
	M27	13,130	15,017	10,235	13,901	8,811	13,994	10,097	11,032	12,613	16,458
	M28	10,944	17,531	10,032	14,638	8,622	14,341	9,598	9,885	13,216	16,757
	M29	12,891	13,868	10,446	13,753	8,468	14,012	10,246	9,432	12,087	17,533
	M30	12,681	14,076	10,990	15,371	8,101	14,249	9,675	9,273	14,243	15,875

Tabella 4: Progetto VAL – Fase 2; parametri dell'esperimento

Parametro	Valore	Descrizione
N. laboratori	10	N. partecipanti
N. livelli	6	N. attrezzi provati
N. prove	5	N. prove ripetute su ogni attrezzo

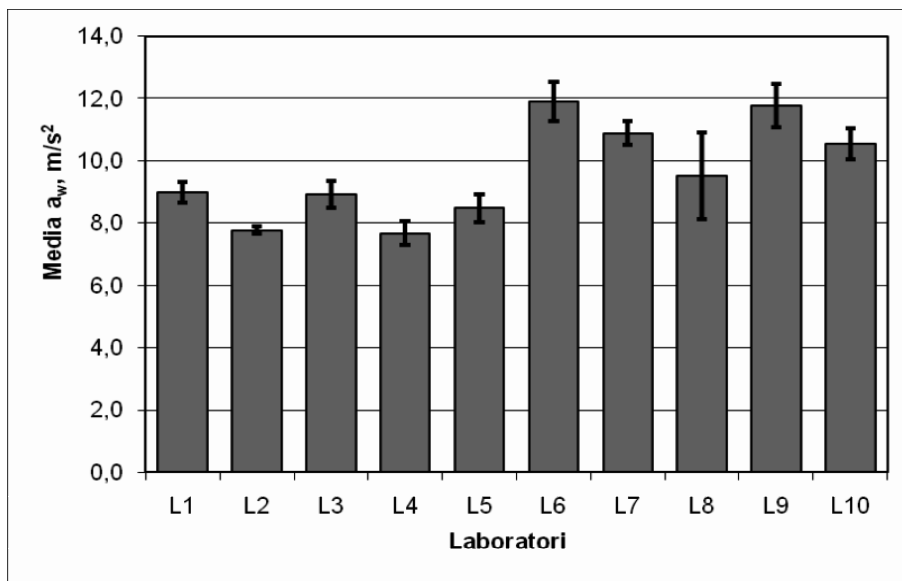


Figura 1: Progetto VAL – Fase 2; valori di accelerazione misurati per il flessibile lamellare Bosch GVS900; le barre nere indicano un intervallo pari ad uno scarto tipo.

L'analisi ha mostrato che i risultati subiscono variazioni considerevoli tra i vari laboratori anche a parità di attrezzo misurato (Figura 1).

L'applicazione del criterio di Mandel inter-laboratorio h mostra che la variabilità dipende non solo dal laboratorio ma anche dal tipo di attrezzo; comunque solo due valori superano il valore critico all'1% e quindi sarebbero da rigettare (Figura 2 di pagina seguente).

L'applicazione del criterio di Mandel intra-laboratorio k mostra che la variabilità è più controllata per alcuni laboratori e meno per altri; in particolare i laboratori L2 e L8 hanno qualche problema in più (Figura 3 di pagina seguente). Questo fatto è confermato dall'applicazione del test di Cochran intra-laboratorio C che individua il laboratorio L8 come particolarmente critico.

Infine il test di Grubbs inter-laboratorio G segnala che in un caso (attrezzo q3) il laboratorio L7 ha fornito un valore troppo basso.

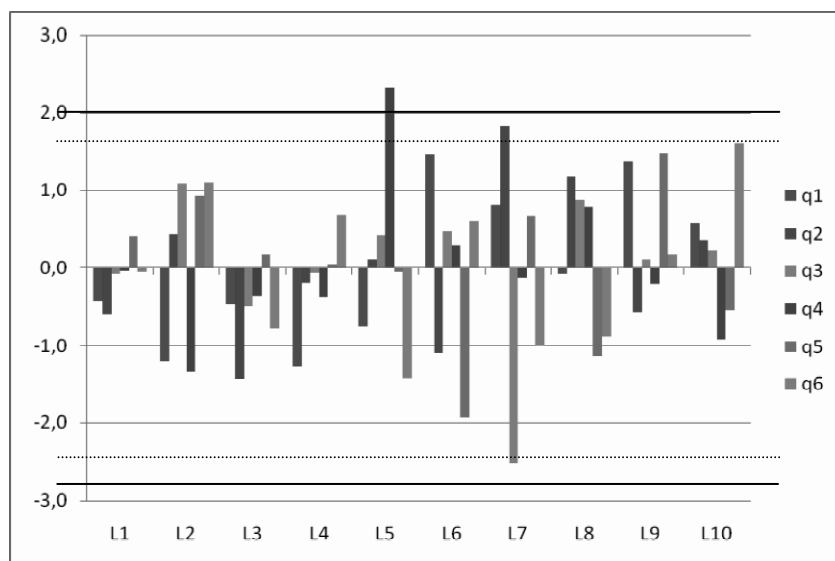


Figura 2: Progetto VAL – Fase 2; test di Mandel inter-laboratorio h ; i livelli q1,...,q6 indicano il tipo di attrezzo misurato; le righe nere orizzontali continue indicano i valori critici all'1%; le righe nere orizzontali tratteggiate indicano i valori critici al 5%.

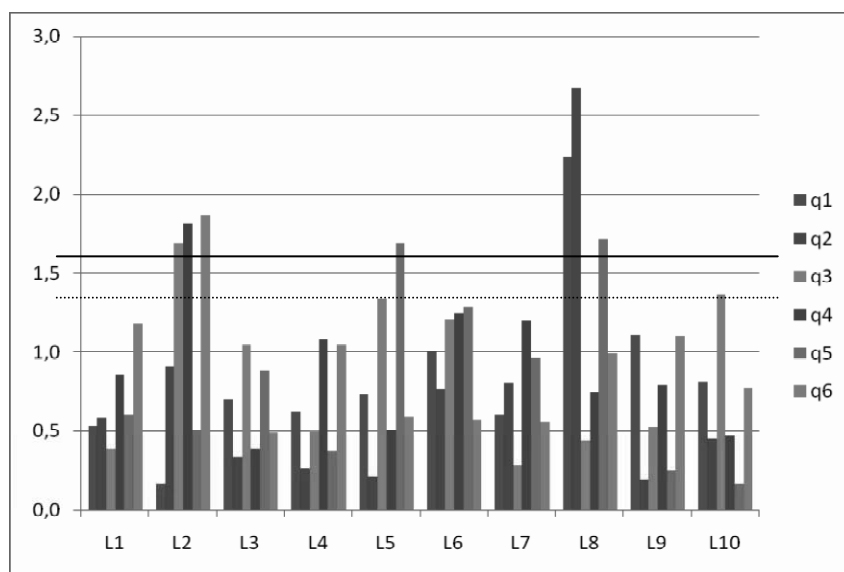


Figura 3: Progetto VAL – Fase 2; test di Mandel intra-laboratorio k ; i livelli q1,...,q6 indicano il tipo di attrezzo misurato; la riga nera orizzontale continua indica il valore critico all'1%; la riga nera orizzontale tratteggiate indica il valore critico al 5%.

Si può quindi affermare che l'esperimento ha fornito un insieme di dati complessivamente validi, dai quali si devono scartare 18 valori, a causa soprattutto della troppa variabilità interna dei laboratori L2 ed L8.

Eseguita l'eliminazione dei dati "outlier", l'elaborazione statistica fornisce i valori sintetici riportati in Tabella 5.

Tabella 5: Progetto VAL – Fase 2; principali risultati dell'esperimento, riferiti ai valori di a_{wsum} in m/s^2

Situazioni espositive (livelli):	q1	q2	q3	q4	q5	q6
Media di livello m	9,8	2,4	10,0	8,6	32	12
Media di livello m arrotondata	10	2,4	10,0	8,6	32	12
Scarto tipo ripetibilità s_r	0,9	0,21	0,54	0,49	1,7	0,70
Scarto tipo inter-laboratorio s_L	0,7	0,18	0,16	0,2	0,6	1,1
Scarto tipo riproducibilità s_R	1,1	0,28	0,56	0,5	1,8	1,3

In sintesi, si può dire che:

- le oscillazioni attorno al valor medio misurato dipendono non tanto dal livello assoluto di accelerazione, ma soprattutto dal tipo di situazione espositiva; in altri termini non esiste una correlazione semplice tra i valori di accelerazione rilevati ed i relativi valori di incertezza; per esempio lo scarto tipo di ripetibilità del livello q3 è circa il 60% di quello del livello q1, benché i valori medi di accelerazione misurati per i due livelli siano quasi identici (si ricorda che si hanno condizioni di ripetibilità quando lo stesso metodo è applicato su oggetti identici dallo stesso operatore con la stessa strumentazione in un breve intervallo di tempo);
- lo scarto tipo inter-laboratorio s_L è generalmente meno critico dello scarto tipo di ripetibilità s_r interno ad ogni laboratorio (tranne che per il livello q6); quindi il maggior problema per questo tipo di misurazioni sembra essere la variabilità interna di ogni laboratorio;
- lo scarto tipo di riproducibilità s_R ha nella metà dei casi valori superiori a $1 m/s^2$; questo è il valore che più interessa in quanto esprime la variabilità globale, considerando anche le differenze tra i laboratori, le strumentazioni, ecc.;
- l'entità dello scarto tipo di riproducibilità s_R obbliga ad esprimere i valori medi di accelerazione risultanti arrotondandoli alla cifra delle unità o, ben che vada, dei decimi (riga 3 di Tabella 5);
- pur compiendo un esperimento controllato al meglio, avvalendosi di laboratori professionali, non tutti sono risultati egualmente affidabili; l'analisi statistica ha permesso di individuare i laboratori affetti da maggior variabilità in questo esperimento (L2 ed L8) e di eliminare i dati "outlier"; tecniche analoghe potrebbero essere impiegate per verificare il laboratorio misuratore prima di inserire eventuali nuovi dati nella BDV.

4) PRIME CONCLUSIONI

Il progetto VAL si è dimostrato un ottimo terreno di incontro e confronto tra operatori privati e pubblici che operano nel campo della prevenzione della salute nei luoghi di lavoro.

L'adesione di laboratori e consulenti privati all'iniziativa e la disponibilità di aziende ad ospitare le misurazioni ha consentito di:

- sperimentare sul campo metodologie corrette di misurazione e soluzioni di problemi pratici connessi alla metrologia;
- testare e perfezionare il protocollo di accesso alla banca dati vibrazioni;
- avere un ordine di grandezza sulle differenze che si possono incontrare nei confronti di misurazioni sul campo;
- verificare le problematiche connesse alla "apertura" della banca dati vibrazioni a soggetti terzi.

Particolarmente su quest'ultimo punto sono emerse criticità che meritano ulteriori approfondimenti, anche con i dati già disponibili, che verranno ultimati entro fine anno.

5) RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano i Consulenti o i Centri di consulenza:

- AS-AC – San Cesario sul Panaro
- CGF – Modena
- CISDI – Modena
- ECO-SIA – Formigine (MO)
- ECOBYTE – Mirandola (MO)
- FORGEO – Modena
- GSA – San Giovanni in Persiceto (BO)
- LAVORO SICURO – Sassuolo (MO)
- Massimo Ognibene – Modena
- Anna Palugan – Modena
- PH7 – Modena
- Giovanni Battista Salimei – Modena
- SIMA – Soliera (MO)
- STUDIO ALFA – Reggio Emilia
- TEST – Modena

che hanno effettuato le rilevazioni strumentali della Fase 1 e/o della Fase 2

Si ringraziano le aziende:

- Alfa Inox – San Cesario sul Panaro (MO)
- ATCM – Modena
- Gruppo Beta – Fiorano Modenese (MO)
- Glem Gas – San Cesario sul Panaro
- Istituto Agrario "Lazzaro Spallanzani" – Castelfranco Emilia
- LISA – Modena
- Meg Arredamenti – Palagano (MO)

- Polizia Municipale di Reggio Emilia
- Società Agricola Floridea – San Cesario sul Panaro (MO)
- Stefra – Castelfranco Emilia (MO)
- Terim – Modena

che hanno ospitato i rilievi della Fase 1.

Si ringraziano le aziende:

- ATCM – Modena
- Istituto Agrario “Lazzaro Spallanzani” – Castelfranco Emilia
- Scuola Edile di Modena

che hanno ospitato i rilievi della Fase 2.

Si ringraziano infine gli operatori:

- Giuliano Carrozzi – Az.USL di Modena
- Marco Guerrieri – Az.USL di Modena
- Enrico Marchetti – ISPESL
- Federica Morgia – ISPESL
- Stefano Pagni – Az.USL di Modena
- Simona Sala – Collaboratrice
- Nicola Stacchini – ASL n°7 di Siena

che, a diverso titolo, hanno contribuito alla realizzazione del Progetto.

6. BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- 1 - “Decreto legislativo 9 aprile 2008 n.81 – Attuazione dell’articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n.123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro” pubblicato sulla G.U.R.I. Serie Generale N. 101 del 30/04/2008, Supplemento Ordinario n.108/L;
- 2 - UNI ISO 5725-1:2004 “*Accuratezza (esattezza e precisione) dei risultati e dei metodi di misurazione - Parte 1: Principi generali e definizioni*”; Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano agosto 2004;
- 3 - UNI ISO 5725-2:2004 “*Accuratezza (esattezza e precisione) dei risultati e dei metodi di misurazione - Parte 2: Metodo base per determinare la ripetibilità e la riproducibilità di un metodo di misurazione normalizzato*”; Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano agosto 2004;