

**21° CONVEGNO DI IGIENE INDUSTRIALE**

**CORVARA (BOLZANO) 25 ~ 27 MARZO 2015**



**Sezione Triveneta**

a cura di  
**Raffaele Vistocco**

**TEMI CONGRESSUALI:**

**LE DIVERSE VIE DI ESPOSIZIONE AGLI AGENTI  
CHIMICI E MICROBIOLOGICI**

**LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA ESPOSIZIONE  
AD AGENTI FISICI**

**INTERVENTI TECNICI PER LA RIDUZIONE DEL  
RISCHIO: PRESENTAZIONE DI CASI DI STUDIO**

**TEMI LIBERI IN IGIENE INDUSTRIALE**



**dtoservizi**  
the professional choice

## **Comitato Scientifico**

Raffaele Vistocco (Presidente del Convegno) - Bolzano

Paolo Sacco (Presidente Sez. Triveneta) - Padova

Bianca Patrizia Andreini - Lucca

Maria Cristina Aprea - Siena

Giovanni Battista Bartolucci - Padova

Mariella Carrieri - Padova

Giuseppe Castellet y Ballarà - Roma

Domenico Maria Cavallo - Como

Danilo Cottica - Pavia

Laura Filosa - Roma

Gianandrea Gino - Milano

Giampaolo Gori - Padova

Maria Gregio - Venezia

Elena Grignani - Pavia

Bruno Janis - Roma

Isabella Maccà - Padova

Salvatore Macrì - Roma

Federico Munarin - Venezia

Giuseppe Nano - Milano

Giorgio Orrù - Venezia

Alessandro Peretti - Padova

Iole Pinto - Siena

Giulia Pizzella - Roma

Stefano Raccanelli - Venezia

Luigi Raffin - Pordenone

Carlo Sala - Milano

Maria Luisa Scapellato - Padova

Gianfranco Sciarra - Siena

Giulio Sesana - Milano

Werner Tirlor - Bolzano

Giuseppe Tondini - Bolzano

# PRESENTAZIONE

Nel 1995, durante il Congresso Nazionale di Torino, si ebbe l'idea di effettuare, oltre al Convegno Nazionale che l'AIDII organizza ogni anno in giugno, un convegno invernale in cui affrontare argomenti specifici che variassero ogni anno secondo i temi di interesse del momento, sia legislativi che tecnici.

La nostra idea e speranza era di farne un punto di riferimento per igienisti industriali, pubblici e privati con apertura alle ditte produttrici di strumentazione, una specie di "FORUM" in cui discutere delle varie tematiche, anche fuori dagli orari di lavoro, approfittando anche del tipo di località prescelta, un simpatico paesino dove tutti si incontrano anche di sera. Molti colleghi avevano cercato di ostacolare l'idea sostenendo che era una scommessa persa in partenza soprattutto per la difficoltà di raggiungere il posto.

## Arrivati al ventunesimo Convegno "LE GIORNATE DI CORVARA"

possiamo tranquillamente affermare che la scommessa è stata vinta: hanno partecipato alle ventesime precedenti edizioni più di 1200 diverse persone delle quale parecchie tornano ogni anno. Anche il numero dei lavori scientifici presentati è col tempo aumentato. Siamo passati dal primo Convegno in cui la maggior parte delle relazioni erano ad invito ad oggi con 100 lavori di cui nessuno ad invito.

Questa è una tendenza che vorremo mantenere: ridurre le relazioni cattedratiche e favorire la discussione di lavori originali, con l'ambizione di creare una palestra per i giovani idonea ad esercitarsi al pubblico dibattito in attesa di partecipare a più impegnativi Congressi Nazionali ed Internazionali.

Ricordiamo brevemente i temi dei precedenti convegni

1995	Il Laboratorio di Igiene Industriale
1996	Traffico ed Ambiente
1997	Decreto legislativo 626/94 Tecnica di rilevamento degli inquinanti Rilevazione dei fattori di rischio Edifici con materiale contenente amianto
1998	La Qualità in Igiene Industriale ed Ambientale Grandi strumenti per l'Igiene Industriale ed Ambientale Dispositivi di protezione individuali Valutazione del rischio assicurativo da silice ed amianto
1999	Certificazione ambientale La nuova normativa ambientale Rischio biologico
2000	Radiazioni ionizzanti e non ionizzanti Acque potabili ed industriali Elettrosmog Recupero dei siti contaminati
2001	Problematiche degli ambienti di lavoro Elettrosmog Modelli e sistemi di gestione della salute negli ambienti di lavoro Bonifiche ambientali ed impatto sul territorio Il punto su rumore e vibrazioni
2002	Inquinamento da campi elettromagnetici Inquinamento da attività produttive ed impatto sul territorio Esposizione dell'uomo e dell'ambiente a fitofarmaci La riforma dei servizi idrici in Italia Comunicazioni libere sui temi di igiene industriale ed ambientale
2003	Rischio chimico e Decreto 25 Giornata AIDII - Sistema delle Agenzie Ambiente (ARPA-APPA) Tecnica in campo di Igiene Ambientale Temi liberi in Igiene Industriale
2004	Materiali di riferimento e nuove prospettive Europee Diossine e PCB in Ambiente Silice e fibre, Agenti fisici, Rischio chimico Temi liberi in igiene Industriale Tavola rotonda su Servizio di Prevenzione e Protezione
2005	Polveri in ambiente di vita e di lavoro Microinquinanti: campionamento e analisi Giornata AIDII - Sistema delle agenzie ambiente: Uomo e Ambiente

- 2006 Rischi nel settore alberghiero - Giornata Agenzie e territorio  
Sistemi di gestione della sicurezza  
Rischi ambientali e tutela della salute  
Temi liberi in Igiene Industriale
- 2007 Agenti fisici: La valutazione dell'esposizione a  
Rumore alla luce del D. LGS 195/06.  
Esperienze di valutazione dell'esposizione a  
vibrazioni ad un anno dall'applicazione del D.Lgs 187/05  
Comunicazione e Poster su temi liberi  
La salute e la sicurezza nell'attività dello spettacolo e della televisione  
Giornata delle Agenzie per l'Ambiente
- 2008 Le nanoparticelle problemi strumentali ad analitici  
Temi liberi in Igiene Industriale  
Regolamento REACH (Ricerca-Controllo-Metodi-Applicazioni)  
Strumenti integrati di sostenibilità - Monitoraggio e metodi analitici per l'ambiente
- 2009 Il laboratorio di Igiene Industriale 15 anni dopo  
Temi liberi in Igiene Industriale  
Giornate agenzie per l'Ambiente: Sicurezza e Strumenti Innovativi: livelli di  
assistenza richiesti alle Agenzie in base al D.Lgs. 81/08  
La Strategia Europea per la produzione e il consumo sostenibile  
Tavola rotonda: "Le politiche ambientali del Paese"
- 2010 Esposizione cutanea nella valutazione del rischio chimico  
Le atmosfere esplosive. Il ruolo dell'Igienista Industriale nell'analisi del rischio  
Temi liberi in Igiene Industriale  
In collaborazione con le Agenzie per l'Ambiente:  
Controlli e monitoraggi: acque - aria - rifiuti  
Energia ed Ambiente - Turismo ed Ambiente - Edilizia sostenibile  
Tavola rotonda: carta dei servizi delle Agenzie Ambientali: uno strumento  
possibile di trasparenza e garanzia nei confronti dei cittadini e delle istituzioni
- 2011 Sicurezza e Salute in Agricoltura  
Temi liberi in igiene industriale: Agenti Fisici - Valutazione del rischio  
Workshop: Deposizioni atmosferiche ed impatti sull'uomo e sull'ambiente.  
Metodi di studio e valutazioni  
In collaborazione con le Agenzie per l'Ambiente:  
Pesticidi e diffusione ambientale: i composti emergenti e l'approccio in qualità  
Tavola rotonda: "Microinquinanti: esperienze e prospettive del Sistema delle Agenzie"
- 2012 Rischi nei lavori in ambiente montano e marino  
Esposizione cutanea per valutare il rischio chimico  
Temi liberi in Igiene Industriale  
Rifiuti e rottami metallici: impianti, classificazione, controlli, sistemi di gestione,  
strumenti di misura, esposizione professionale ed ambientale  
Acque: pianificazione territoriale, controllo, analisi e monitoraggio, validazione ed  
Temi liberi in Igiene Industriale  
Sessione speciale sulla autorizzazione integrata ambientale (A.I.A.)  
Siti contaminati: bonifiche, valutazione del rischio per i lavoratori, intrusione di  
vapori e qualità dell'aria indoor
- 2014 Campi elettromagnetici, radiazioni ottiche artificiali e altri agenti fisici  
Sessione speciale sulla valutazione dell'impatto sulla salute (V.I.S.) e sull'ambiente  
Aggiornamento sulle tecniche di campionamento e analisi  
Temi liberi in Igiene Industriale

Desidero infine ringraziare il Comune di Corvara, che ci ha sempre messo a disposizione le strutture necessarie, gli sponsor intervenuti nelle varie edizioni ed in particolar modo l'Associazione Turistica di Corvara con il direttore Damiano Dapunt e le sue gentilissime collaboratrici sempre disponibili ad ogni nostra esigenza.

**ARRIVEDERCI NEL 2016**

raffaele vistocco

## INDICE

<b>Metodi ed esperienze per l'applicazione delle normative comunitarie ai contesti normativi di paesi extra EU</b> <i>S. Luzzi, R. Fusi</i>	8
<b>Percezione del rischio e comportamento in emergenza</b> <i>P. L. Pavanelli, R. Colombo, R. Il Grande</i>	17
<b>I Dispositivi di Protezione Individuale nell'ambito delle bonifiche dei siti contaminati</b> <i>A. Ledda</i>	55
<b>Messa in Sicurezza in Emergenza di rifiuti pericolosi reattivi: procedura e soluzioni tecniche</b> <i>S. Raccanelli, F. Chiacchiaretta, M. Begato, F. Nunziata, P. Morettin</i>	69
<b>Linee guida/corrette prassi Programma Aziendale di Riduzione dell'esposizione al rumore nei luoghi di lavoro (P.A.R.E.), rivolto alle PMI della Campania</b> <i>A. Papa, P. Addonizio</i>	81
<b>Valutazione dell'efficacia di DPIu, esempi applicativi in un sito di lavorazione di prodotti petroliferi</b> <i>M. Gregio, G. Orrù, I. Marella, N. Barbiero, G. Pizzella, S. Macrì, E. Di Caprio, A. Ceccarelli</i>	85
<b>Riduzione del rischio di esposizione al rumore e di infortuni sui luoghi di lavoro tramite interventi di bonifica acustica</b> <i>C. Lamberini, R. Fabiani, L. Poderini, E. Crisostomi, S. Luzzi</i>	97
<b>Analisi del rischio da atmosfere potenzialmente infiammabili nelle attività di pulizia e ripristino viabilità delle sedi stradali post-incidente con dispersione di sostanze infiammabili e/o combustibili</b> <i>P. De Santis, G. De Renzi</i>	108
<b>La certificazione ed il controllo della produzione di filtri respiratori per gas: metodologia e strumentazione impiegata per le prove di verifica e analisi dei risultati ottenuti</b> <i>G. Zambelli, F. Banfi, D. Muraglia, A. Montesanto, S. Galimberti, C. Marchi, S. Pelosi, T. Chiocchini, D. Di Pietrantonio</i>	129
<b>Gli strumenti a disposizione dell'igienista industriale per la valutazione dell'esposizione cutanea</b> <i>E. Grignani, M. C. Aprea, A. Spinazzè, D. M. Cavallo</i>	147
<b>La Valutazione della esposizione cutanea tra algoritmi e misurazioni</b> <i>G. Pizzella, S. Macrì, A. Gelormini, E. Grignani</i>	152
<b>Valutazione dell'esposizione cutanea: la metodologia Versalis</b> <i>M. Barbaro, D. Cidaria, A. Colombo</i>	157
<b>Valutazione dell'esposizione cutanea ad agenti cancerogeni mediante intercettazione: un caso di studio</b> <i>P. Sacco, L. Zaratini, L. Cocheo, G. Micoli, E. Grignani, D. Cottica</i>	164
<b>Utilizzo degli indicatori biologici di esposizione nelle attività di raffinazione e distribuzione dei prodotti petroliferi in Eni DOW</b> <i>S. Macrì, L. Manzo, G. Arcangeli, C. Locatelli, S. Dugheri, G. Pizzella</i>	169
<b>Monitoraggio della contaminazione ambientale per la protezione della catena alimentare</b> <i>V. Esposito, S. Raccanelli, A. Maffei, R. Giua, G. Assennato</i>	176
<b>Consapevolezza, conoscenza e competenze nell'utilizzo di detergenti e disinfettanti in ambito domestico: indagine condotta su popolazione studentesca</b> <i>G. Romanelli, C. Zamponi, L. Tobia</i>	184
<b>Livelli di 2,5-esanedione libero urinario nella popolazione generale</b> <i>F. Salamon, M. Carrieri, F. Maratini, A. Martinelli, M.L. Scapellato, G.B. Bartolucci</i>	206
<b>Presenza di xenobiotici nel ciclo delle acque: Il progetto "Pro Acqua"</b> <i>W. Tirlor, M. Donega, N. Porta</i>	216

<b>Analysis and distribution of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in groundwater, leachate and stream water samples in an Italian landfill</b> <i>G. Vinci, R. Preti, D. Restuccia, M. Letizia Antonelli</i>	218
<b>Indagine sull'esposizione al rumore attività eliportuale Capri Demecuta</b> <i>A. Papa, P. Addonizio</i>	226
<b>Valutazione del rischio da esposizione al rumore secondo le norme UNI 9432:2011 e UNI EN ISO 9612:2011 in un sito di produzione petrolifera</b> <i>M. Gregio, G. Orrù, I. Marella, N. Barbiero, G. Pizzella, S. Macrì, A. Ceccarelli</i>	235
<b>I tempi di riverberazione in strutture scolastiche</b> <i>R. Oberkalmsteiner, G. Canale, L. Verdi</i>	244
<b>Rischio da radiazioni ottiche artificiali: esperienze presso alcune scuole professionali in Provincia di Bolzano</b> <i>D. Ceccon, I. Paris, L. Verdi</i>	252
<b>Attività lavorative comportanti l'esposizione a sorgenti naturali di radiazioni: dal D.Lgs. 241/2000 alla direttiva 2013/59/Euratom</b> <i>R. Fresca Fantoni, G. Colombo, E. Rizzio, E. Di Caprio, G. Pizzella</i>	264
<b>Approccio alla valutazione microclimatica degli ambienti di lavoro attraverso una strategia partecipativa</b> <i>F. Frigerio, C. Cocheo, F. Asuni, A. Berri, A. Accardi</i>	274
<b>Valutazione del rischio da esposizione a vibrazioni trasmesse al Corpo Intero (WBV) nell'impiego professionale di motocicli</b> <i>N. Stacchini, I. Pinto, A. Bogi</i>	284
<b>Vibrazioni trasmesse al conducente di autobus urbani al superamento dei dossi artificiali</b> <i>A. Peretti, F. Bonomini, G. Panetta, A. Pasqua di Bisceglie, S. Maso</i>	294
<b>Patologia da sovraccarico biomeccanico in agente motociclista della Polizia Municipale: analisi del rischio da vibrazioni al corpo intero e delle posture</b> <i>P. De Santis</i>	304
<b>Progetto: "Esposizione a polveri di legno: prevenzione e sorveglianza sanitaria", un modello di collaborazione ad integrazione multi professionale nel territorio della ASL 10 di Firenze</b> <i>P.L. Faina, C. Fiumalbi, C. Sgarrella, R. Bolognesi, F. Luong, L. Monticelli, M. Pristerà, L.A. Pristerà, V. Lapini, S. Della Scala, T. Flotta, D. Severino, L. Bonini, C. Cassinelli, M. Giannelli, C. Raffaelli</i>	318
<b>Contributo ISPESL-INAIL allo studio dell'inquinamento atmosferico nell'area urbana di Roma</b> <i>P. Avino, M. Manigrasso</i>	330
<b>Integrazione di sistemi automatici da remoto per la valutazione della molestia olfattiva nella città di Taranto</b> <i>M. Brattoli, R. Giua, A. Mazzone, L. Angiuli, L. Trizio, G. Assennato, M. Spartera, V. Rosito, G. De Gennaro, L. De Gennaro, I. Battaglia, A. Fornaro</i>	338
<b>Caratterizzazione radiologica delle acque destinate ad uso umano; parametri, limiti e metodologie alla luce della nuova direttiva Europea</b> <i>G. Zambelli, M. Taroni, F. Carnaccini, A. Ciarmatori, G. Gaggioli</i>	348
<b>Indagine e criticità sulla Valutazione del Rischio nelle microaziende</b> <i>P. Carrai, F. Faraoni, C. Rocchi</i>	361
<b>Il rischio da atmosfere esplosive nei luoghi di lavoro: la nuova direttiva ATEX</b> <i>V. Ardito, I. Menditti</i>	366
<b>Idrocarburi alogenati in acque destinate a consumo umano</b> <i>A. Bacaloni, S. Conti, S. Insogna, I. Taglieri</i>	374
<b>Nuovi aspetti delle AIA per gli Stabilimenti IPPC</b> <i>G. Battistella, F. Bonaiuti</i>	383

<b>La presenza di endotossine batteriche aeree in ambito lavorativo</b> <i>E. Guerrera</i>	399
<b>Andamento nel tempo del rischio silicotigeno in una azienda industriale produttrice di vetro in lastre</b> <i>F. Maratini, M. Carrieri, A. Martinelli, F. Salamon, G. Gori, M.L. Scapellato, G.B. Bartolucci</i>	412
<b>Valutazione della esposizione ad IPA per addetti di cokeria mediante rilevazioni strumentali ed elaborazione statistica dei dati</b> <i>M. Rotatori, S. Insogna, S. Mosca, E. Spagnolo, A. Bacaloni</i>	421
<b>Casi studio di esposizione professionale in lavorazioni di verniciatura</b> <i>L. Taglieri</i>	430
<b>Particelle respirabili ed inalabili prodotte nella lavorazione al tornio nell'industria pesante</b> <i>P. Avino, M. Manigrasso, P. Pandolfi, C. Tornese, D. Settimi, N. Paolucci</i>	433
<b>Uso delle tecniche di biorisanamento per la depurazione delle acque: un caso di studio</b> <i>C. Amendola, F. D'Ascenzo, R. Jirillo, G. Vinci</i>	439
<b>Il settore bufalino e la salute dei lavoratori - Uno studio per la prevenzione delle malattie professionali</b> <i>R. D'Angelo, E. Russo, P.L. Narciso</i>	449

# Valutazione del rischio da esposizione a vibrazioni trasmesse al Corpo Intero (WBV) nell'impiego professionale di motocicli.

Nicola Stacchini, Iole Pinto, Andrea Bogi

Azienda USL 7 Siena - Laboratorio di Sanità Pubblica - Agenti Fisici Strada del Ruffolo - Siena

## 1. Introduzione

Nel presente lavoro è stato affrontato il problema della valutazione del rischio di esposizione professionale alle vibrazioni meccaniche trasmesse al corpo intero (WBV), a cui sono sottoposti gli operatori che svolgono la loro abituale attività lavorativa con utilizzo di motocicli. Si tratta di un rischio comune ad un numero rilevante di lavoratori, tipicamente impiegati nella logistica, recapito postale, nei settori della sicurezza stradale e vigilanza urbana. Sebbene il motociclo sia utilizzato tipicamente per brevi tragitti in ambito urbano, molti lavoratori utilizzano il motociclo come principale mezzo di trasporto durante l'attività lavorativa.

Lo studio riguarda un problema trasversale che coinvolge un numero elevato di esposti in diverse categorie lavorative su tutto il territorio nazionale. Nell'ambito del lavoro svolto è stata eseguita una valutazione dell'entità del rischio WBV in condizioni standardizzate ed opportunamente monitorate, idonee a caratterizzare le condizioni lavorative differenti, riscontrabili in ambito urbano ed extraurbano, a bordo dei motocicli e ciclomotori utilizzati sul territorio della Regione Toscana.

I risultati ottenuti nell'ambito dello studio possono essere estesi a condizioni occupazionali analoghe riscontrabili sul territorio nazionale per differenti condizioni espositive.

A tal fine i risultati dello studio condotto saranno resi disponibili alla conoscenza del pubblico attraverso la banca Dati Nazionale Vibrazioni - Portale Agenti Fisici, consultabile al sito: [www.portaleagentifisici.it](http://www.portaleagentifisici.it), per poter essere fruibili nella valutazione del rischio nelle differenti attività lavorative.

## 2. Definizione dei parametri di misura e valutazione

Le metodiche valutative del rischio da esposizione a vibrazioni WBV adottate nel corso della presente indagine sono conformi a quanto prescritto dal D.Lgvo n.81/2008 (Titolo VIII - Capo III - Allegato XXXV parte B) <sup>(1)</sup>, che prevede metodiche conformi allo standard internazionale UNI EN ISO 2631<sup>(2)</sup>.

Esse e si basano sulla misura della seguente grandezza fisica:

$$a_w = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt} \quad (\text{m/s}^2) \quad (1)$$

Questa formula rappresenta il valore quadratico medio (r.m.s.) dell'accelerazione ponderata in frequenza, espresso in  $\text{m/s}^2$ . Tale quantità va rilevata lungo ciascuna delle tre componenti assiali del vettore accelerazione.

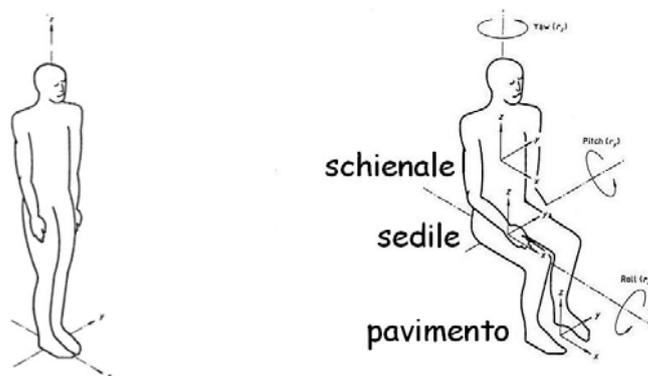


Figura 1 - definizione degli assi di riferimento ai fini della misura dell'esposizione

Tabella 1 - Livelli di azione giornalieri e valori limite per l'esposizione a vibrazioni trasmesse al corpo intero (D.Lgvo 81/2008 - 2002/44/CE 25 giugno 2002).

Vibrazioni trasmesse al corpo intero	
Livello d'azione giornaliero di esposizione	Valore limite giornaliero di esposizione
$A(8) = 0,5 \text{ m/s}^2$	$A(8) = 1,00 \text{ m/s}^2$
$VDV = 9,1 \text{ m/s}^{1,75}$	$VDV = 21 \text{ m/s}^{1,75}$
Valore limite di esposizione per brevi periodi (non dipende dalla durata totale dell'esposizione) $a_{w\text{rms}} = 1,50 \text{ m/s}^2$	

Le curve di ponderazione per ciascuno degli assi di misura sono sempre definite dalla stesso Standard ISO 2631 e sono indicate in tabella 2.

Tabella 2 - Curve di ponderazione usate per ciascun asse.

Ponderazione	assi
Wk	Z
Wd	X, Y

La valutazione del livello di esposizione alle vibrazioni trasmesse al corpo intero si basa sulla determinazione del valore di esposizione giornaliera normalizzato ad 8 ore di lavoro,  $A(8)$  ( $\text{m/s}^2$ ), calcolato sulla base del maggiore dei valori numerici dei valori quadratici medi delle accelerazioni ponderate in frequenza, determinati sui tre assi ortogonali.

$$1.4 \times a_{wx}, 1.4 \times a_{wy}, a_{wz} \quad (2)$$

Secondo la formula di seguito riportata:

$$A(8) = a_{(w\text{max})} \times \sqrt{\frac{T}{8}} \quad (3)$$

- Te: durata complessiva giornaliera di esposizione a vibrazioni (ore)  
 $a_{(w\text{max})}$ : valore massimo tra  $1.4 \times a_{wx}$ ,  $1.4 \times a_{wy}$ ,  $a_{wz}$  (per una persona seduta)  
 $a_{wx}$ ,  $a_{wy}$ ,  $a_{wz}$ : valori r.m.s. dell'accelerazione ponderata in frequenza (in  $\text{m/s}^2$ ) lungo gli assi x, y, z (ISO 2631-1 1997)

Il calcolo del parametro  $A(8)$  quale indicatore del livello di esposizione quotidiana a vibrazioni si basa sull'assunzione che due esposizioni quotidiane a vibrazioni - di entità  $a_{w1}$  ed  $a_{w2}$  - e di durata rispettivamente  $T_1$  e  $T_2$  siano equivalenti in relazione ai possibili rischi sulla salute, quando:

$$a_{w1}T_1^{1/2} = a_{w2}T_2^{1/2} \quad (4)$$

La funzione esprime in termini matematici il così detto "principio dell'ugual energia". Sulla base di tale principio, l'esposizione a vibrazioni viene quantificata dall'accelerazione equivalente ponderata in frequenza riferita convenzionalmente ad un periodo di 8 ore, denotata con il simbolo  $A(8)$ .

Nel caso in cui non sia possibile individuare un asse dominante lo standard ISO raccomanda di valutare l'esposizione quotidiana a vibrazioni  $A(8)$ , in  $m/s^2$ , considerando il "valore totale" delle accelerazioni misurate lungo i tre assi  $a_v$  al posto di  $a_{wmax}$ :

Il valore totale di vibrazioni a cui è esposto il corpo ( $a_v$ ) si determina, in accordo con lo standard, mediante la seguente relazione:

$$a_v = (k_x^2 a_{wx}^2 + k_y^2 a_{wy}^2 + k_z^2 a_{wz}^2)^{1/2} \quad (m/s^2) \quad (5)$$

ove  $k_x$  e  $k_y$  assumono come al solito valore 1,4, nel caso di esposizioni in posizione seduta, e valore unitario per la posizione eretta, mentre il coefficiente  $k_z$  assume in entrambe i casi valore unitario.

**Esposizione a vibrazioni risultante da differenti sorgenti**

Nel caso in cui il lavoratore sia esposto a differenti valori di vibrazioni, come nel caso di impiego di più utensili vibranti o più macchinari nell'arco della giornata lavorativa o nel caso dell'impiego di uno stesso macchinario in differenti condizioni operative, l'esposizione quotidiana a vibrazioni  $A(8)$ , in  $m/s^2$ , sarà ottenuta mediante l'espressione:

$$A(8) = \left[ \sum_{i=1}^N A(8_i)^2 \right]^{1/2} \quad (m/s^2)$$

dove:

$A(8)_i$ :  $A(8)$  parziale relativo alla operazione  $i$ -esima

$$A(8)_i = a_{(wmax)_i} \sqrt{\frac{T_{ei}}{8}}$$

$T_{ei}$ : tempo di esposizione relativo all'operazione  $i$ -esima (ore)

$a_{(wmax)_i}$ :  $a_{(wmax)}$  associata all'operazione  $i$ -esima

### 3. Valutazione in presenza di impulsi e urti ripetuti: il metodo VDV

La norma ISO 2631-1<sup>(2)</sup> individua l'opportunità di utilizzare tale metodo con lo scopo di stimare l'entità del rischio nei casi in cui vi è una forte componente delle vibrazioni impulsive. Secondo la norma ISO 2631<sup>(2)</sup> di riferimento il parametro deve essere preso in considerazione necessariamente nei casi in cui il rapporto

$$\left( \frac{VDV}{a_w T^{1/4}} \right) \text{ superi il valore di } 1,75. \quad (6)$$

Ciò in quanto il metodo di misura VDV (Vibration Dose Value) si basa sulla quarta potenza dell'accelerazione e risulta maggiormente sensibile ai picchi rispetto contenuti nel segnale rispetto al metodo di base usato dalla normativa  $a_{w\text{rms}}$  - basato sul calcolo del valore quadratico medio.

La grandezza VDV (Vibration Dose Value) viene espressa in metri al secondo elevati alla 1,75 e calcolata attraverso la formula:

$$VDV = \left[ \int_0^T [a_w(t)]^4 dt \right]^{1/4} \quad (\text{m/s}^{1,75}) \quad (7)$$

dove:

$a_w(t)$  accelerazione istantanea pesata in frequenza

$t$  durata del tempo di misura

Nel caso in cui il lavoratore sia esposto a differenti valori di vibrazioni, come nel caso di impiego di più mezzi meccanici nell'arco della giornata lavorativa, il valore dell'esposizione viene calcolato come una sommatoria delle esposizioni nei singoli periodi  $i$  secondo la formula:

$$VDV_{total} = \left( \sum_i VDV_i^4 \right)^{1/4} \quad (\text{m/s}^{1,75}) \quad (8)$$

## 4. Metodologia

### 4.1. Parco Macchine

Le rilevazioni sono state condotte su una tipologia di motociclo ampiamente diffusa per le consegne postali nei comuni di Livorno ed Arezzo, in condizioni di impiego opportunamente monitorate, al fine di poter caratterizzare l'entità dell'esposizione a vibrazioni per ogni tipologia di percorso effettivamente effettuato dall'addetto.

Il criterio adottato nella scelta è stato quello di valutare l'esposizione a vibrazioni nei diversi tipi di percorso abitualmente riscontrabili nelle operazioni di recapito postale, nelle abituali condizioni di guida. Per ciascun tragitto sono stati monitorati, unitamente alle vibrazioni, la velocità di avanzamento e la tipologia di fondo stradale, in quanto questi rappresentano i principali parametri che influiscono sull'esposizione a vibrazioni trasmesse al corpo del conducente.

I dati inerenti i mezzi valutati e le condizioni operative sono riportati rispettivamente alle tab. 3a) e 3b)

Tab. 3a -Livorno Mezzo valutato: Motociclo Piaggio Liberty 125  
km percorsi alla data delle misure: 22.500 km



<b>Tipologia di percorso:</b>
Percorso asfaltato regolare e accidentato
Velocità media 30-40 Km/h
Strada sterrata
velocità media 8-15 Km/h
Caratteristiche antropometriche conducente Uomo altezza 165 cm peso 80 Kg

Tab. 3b -Arezzo Mezzo valutato: Motociclo Piaggio Liberty 125  
km percorsi alla data delle misure 29.083



<b>Tipologia di percorso:</b>
Percorso asfaltato regolare
velocità media asfalto 30-40 Km/h
Strada lastricata (centro storico)

velocità media 10-20 Km/h
Caratteristiche antropometriche conducente: Donna - Età 45 anni peso 59 kg - altezza 163 cm

### 5.1. Strumentazione

Le misure sono state effettuate utilizzando la seguente strumentazione:

#### Acquisizione dati:

Analizzatore digitale 3 canali SVANTEK mod. SV100 matr.19026

#### Elaborazione dati:

Software SVANPC++ ver. 17.21.37

Foglio di calcolo MS EXCEL

### 5.2. Metodiche di misura e valutazione

Le misure sono state condotte conformemente a quanto prescritto dallo Standard UNI EN ISO 2631-1 illustrato al paragrafo 2.

Le vibrazioni sono state rilevate al posto di guida fissando rigidamente l'accelerometro triassiale al sedile del conducente tramite un adattatore conforme alle specifiche riportate nello standard ISO 10326-1 (recepito in Italia come UNI EN 30326-1:1997).

In accordo con quanto raccomandato dallo standard UNI EN ISO 2631-1<sup>(2)</sup>, sono stati presi in considerazione ai fini della valutazione del rischio anche i parametri  $a_v$  ( $m/s^2$ ) (5) e VDV (7)

Il primo (par. 2 equazione 5) è da utilizzarsi per il calcolo di A(8) qualora non sia possibile individuare un asse dominante, come di fatto avviene nel caso in esame per la maggior parte dei percorsi.

Il secondo (par. 2 equazione 7) è da utilizzarsi in caso di rilevanti componenti impulsive, se si verificano le condizioni descritte al paragrafo 2 equazione 6.

La valutazione di tale parametro è stata condotta con specifico riferimento a quanto prescritto dall'art. 202 - comma 5 - punto a) del D.Lgvo 9 Aprile 2008 n. 81 [ex DL, n.187/2005] che prescrive che la valutazione prenda in esame: *"il livello, il tipo e la durata dell'esposizione, ivi inclusa ogni esposizione a vibrazioni intermittenti o a urti ripetuti"*.

### 5.3. Durata delle misure

Le acquisizioni si sono protratte per l'intero turno di lavoro, al fine di poter caratterizzare in maniera significativa le vibrazioni trasmesse al corpo del lavoratore nelle tipiche condizioni operative in cui si svolge l'attività di guida.

### 5.4. Valutazione dell'incertezza nella stima di A(8)

I fattori di incertezza sono associati a:

- Errori sistematici dovuti al sistema di acquisizione (fissaggio accelerometri, interferenze elettriche, calibrazione, peso e posizionamento accelerometri). L'errore di misura associato a tale componente è <4%, essendo la strumentazione regolarmente calibrata presso centro LAT.
- Errori dovuti alla disomogeneità dello stile di guida, della velocità di avanzamento, delle condizioni antropometriche del conducente, del fondo stradale. La stima dell'errore casuale di misura è ottenuta mediante la deviazione standard di almeno due o più misure effettuate nelle seguenti condizioni: stessa tipologia di percorso, stessa tipologia di mezzo, simili velocità di avanzamento.
- Variazioni nelle condizioni di manutenzione e regolazione del macchinario (es. condizioni ammortizzatori): le misure sono state effettuate su macchinari con sedili integri, e sottoposti a regolare manutenzione.

I risultati analitici riportati in allegato sono espressi in termini di valor medio, deviazione standard e coefficiente di variazione delle misure ripetute, calcolati in accordo con le seguenti espressioni:

$$C_v = \frac{S_{n-1}}{\bar{x}}$$

Coefficiente di Variazione

$$S_{n-1} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Deviazione Standard

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Valor medio

La deviazione standard ed il coefficiente di variazione sono i parametri valutativi dell'incertezza delle misure effettuate nel corso della presente valutazione.

## 6. Risultati

Di seguito nelle tabelle 4.1. e 4.2. si riporta una sintesi delle valutazioni delle esposizioni a vibrazioni ottenute e dei relativi tempi di esposizione nelle due diverse realtà considerate.

I valori A(8) riportati sono stati calcolati usando per i seguenti valori di  $a_w$

$$a_w^* = a_w m + 1,645 \times \text{dev.st.}$$

dove:

$a_w$  è il valor medio rilevato sul sedile (somma vettoriale o  $a_{wmax}$ )

dev.st. è la deviazione standard relativa alla stessa serie di misure.

Il parametro

$$\left( \frac{VDV}{a_w T^{1/4}} \right)$$

individuato dalla norma ISO come indicatore di impulsività è risultato compreso nell'intervallo [2-3.5] per tutte le serie di misure effettuate ad Arezzo e Livorno: conseguentemente - essendo risultato maggiore di 1,75, è stato adottato il parametro VDV al fine della caratterizzazione del rischio, conformemente a quanto raccomandato dalla norma di riferimento.

Tabella 4.1 - Valori di esposizione giornaliera per calcolo A(8): Livorno

Condizioni	Durata (')	$a_{wx}$ m/s <sup>2</sup>	$a_{wy}$ m/s <sup>2</sup>	$a_{wz}$ m/s <sup>2</sup>	$a_{wmax}$ m/s <sup>2</sup>	$a_{wsum}$ m/s <sup>2</sup>
Percorso asfalto cattive condizioni	37	0,7	0,3	1,1	1,07	1,5
Percorso asfalto buone condizioni	31	0,5	0,3	0,7	0,75	1,12
Sterrato velocità media	9	0,6	0,3	1,2	1,17	1,5
Sterrato bassa velocità	4	0,4	0,2	0,7	0,69	0,94

Tabella 4. 2 - Valori di esposizione giornaliera per calcolo A(8): Arezzo

Condizioni	Durata (')	$a_{wx}$ m/s <sup>2</sup>	$a_{wy}$ m/s <sup>2</sup>	$a_{wz}$ m/s <sup>2</sup>	$a_{wmax}$ m/s <sup>2</sup>	$a_{wsum}$ m/s <sup>2</sup>
Percorso asfalto medie condizioni	15	0,3	0,1	0,6	0,6	0,9
Percorso asfalto buone condizioni	5	0,3	0,2	0,5	0,5	0,9
Lastricato con buche	5	0,5	0,2	1,1	1,1	1,5
Lastricato	15	0,4	0,2	0,7	0,7	1,0

Dai risultati riportati alle tabelle 4.1 e 4.2 si evince che il livello d'azione  $A(8) = 0,5 \text{ m/s}^2$  viene raggiunto nel tragitto di maggiore durata (Livorno) e non in quello di Arezzo. Viceversa le particolarità del fondo stradale lastricato portano al raggiungimento del livello massimo di esposizione per tempi brevi di  $1,5 \text{ m/s}^2$  anche nei tragitti urbani del centro storico di Arezzo, ove - nonostante la breve durata dell'esposizione - risulta raggiunto anche il livello d'azione per il VDV, pur risultando il valore  $A(8)$  inferiore al livello d'azione, come mostrato in Tabella 4.3

Tabella 4.3 - Confronto risultati ottenuti utilizzando A(8) e VDV

Sede	Te (minuti)	$a_{wmax}$ m/s <sup>2</sup>	A(8) m/s <sup>2</sup>	$a_{wsum}$ m/s <sup>2</sup> (3')	VDV m/s <sup>1,75</sup>
Arezzo	40	0,9	0,3	1,5	9,5
Livorno	80	1,2	0,5	1,5	9,1

## 7. Risultati

I lavoratori esposti alle vibrazioni meccaniche durante la guida dei motocicli e scooter sono numerosissimi sia al livello nazionale che quello europeo - un problema non ancora preso adeguatamente in considerazione né dai datori di lavoro né dai produttori dei mezzi in questione. È auspicabile che il problema sia affrontato in primo luogo in fase di acquisto e scelta di tali mezzi di trasporto, e vengano introdotti, tra i parametri prestazionali indicati dai produttori, anche i valori delle vibrazioni meccaniche prodotte dal mezzo, in considerazione del fatto che tali mezzi non rientrano tra le categorie soggette alla certificazione secondo la direttiva macchine e quindi per questi non sussiste al momento alcun obbligo di dichiarazione del rischio legato alle vibrazioni meccaniche.

Dai risultati ottenuti nei due diversi territori esaminati - rappresentativi di tipiche condizioni espositive dei centri urbani toscani - appare che le condizioni e le modalità espositive possono essere notevolmente diverse, in relazione alle differenti tipologie di percorsi effettuati, ai tempi di esposizione ed agli stili di guida adottati nell'impiego del motociclo.

Dallo studio emerge che le particolarità del fondo stradale lastricato portano quasi sempre al raggiungimento del livello massimo di esposizione per tempi brevi di  $1,5 \text{ m/s}^2$  nei tragitti urbani dei centri storici caratterizzati da pavimentazione lastricata e con buche.

In tali condizioni il livello d'azione per il VDV viene superato, anche per esposizioni lavorative brevi - dell'ordine di 30' - 40', pur risultando in tali condizioni il valore  $A(8)$  inferiore al livello d'azione. Tali risultati sono in sostanziale accordo con misurazioni effettuate dallo scrivente laboratorio su mezzi analoghi e pubblicati sul Portale Agenti Fisici e con gli studi disponibili in letteratura (4,5).

In tabella 5.1 si riporta uno schema di sintesi che riporta la stima delle entità delle esposizioni riscontrabili per diverse tipologie espositive e durate delle attività lavorative a bordo dei motocicli, a partire dai dati ottenuti nel presente studio.

Tabella 5.1. - Livelli tipici esposizione vibrazioni corpo intero  $a_{wmax}$  a bordo ciclomotori in percorsi urbani

codice	Descrizione tipologia di percorso	livello di esposizione $a_{wmax}$ - $m/s^2$
A	Asfalto buone condizioni (velocità 25-30 km/h)	0.6
B	Lastricato/asfalto con buche (15-20 km/h) velocità moderata	1.0
C	Asfalto sconnesso /lastricato velocità sostenuta (25-30 km/h)	1.2

Tabella 5.2. - Calcolo livello esposizione giornaliero vibrazioni corpo intero  $A(8)$   $m/s^2$

	Percentuale di tempo per tipo di percorso	$A(8)$ con diversi $T_e$ (tempi di esposizione) $m/s^2$			
		$T_e=1h$	$T_e=2h$	$T_e=3h$	$T_e=4h$
C <sub>1</sub>	100% asfalto	0,2	0,3	0,4	0,4
C <sub>2</sub>	50% asfalto (a)      50% lastricato (b)	0,3	0,4	0,5	0,6
C <sub>3</sub>	50% asfalto (a)      50% lastricato (c)	0,3	0,5	0,6	0,7
C <sub>4</sub>	50% lastricato (b)      50% asfalto sconnesso (c)	0,4	0,6	0,7	0,8

Dall'analisi dei dati riportati alle tabelle 5.1. e 5.2. emerge che, oltre ai tempi di esposizione, un sostanziale aumento del rischio dell'esposizione degli operatori è legato soprattutto ai fattori quali condizioni di fondo stradale e velocità. Le condizioni del fondo stradale sono considerate generalmente un fattore sul quale il datore di lavoro non può prendere alcuna misura mirata al miglioramento, fatta eccezione per i lavoratori dipendenti delle amministrazioni comunali.

Per quanto riguarda il fattore della velocità, questo deve essere preso in esame dal datore di lavoro, in quanto di estrema rilevanza ai fini dell'esposizione a vibrazioni.

In sintesi, dai risultati dell'indagine, ai sensi della vigente normativa, emerge l'opportunità di mettere in atto le seguenti misure di riduzione e controllo del rischio, per tutti gli operatori addetti alla guida di motocicli:

- a) Effettuare regolare manutenzione del parco mezzi, soprattutto delle parti meccaniche rilevanti ai fini della trasmissione delle vibrazioni al posto di guida, quali ammortizzatori e sedili.
- b) Formazione dei lavoratori, in relazione a:
  - potenziali lesioni a carico del rachide derivanti dall'attività svolta e metodi per la loro prevenzione;
  - metodi per l'individuazione e segnalazione di sintomi e lesioni;
  - procedure di lavoro sicure per ridurre al minimo il rischio di lesioni e patologie del rachide.

Adottare le seguenti procedure di lavoro idonee a ridurre al minimo il rischio di esposizione a vibrazioni:

- Moderare il più possibile la velocità, laddove i percorsi risultino dissestati e con asperità: in particolare non superare la velocità di 15 Km/h se il fondo stradale è fortemente dissestato.

- Segnalare tempestivamente problemi manutentivi sul mezzo che comportino un peggioramento delle vibrazioni percepite al posto di guida.
  
- c) Acquisto di nuovi mezzi  
 Nell'acquisto di nuovi mezzi la scelta andrà orientata verso quelli che producono il minore livello di vibrazioni, a parità di prestazioni offerte. E' importante a tal fine richiedere ai produttori - in sede di istruttoria delle pratiche di acquisto - il valore di emissione delle vibrazioni al posto di guida.
  
- d) Controlli sanitari periodici in relazione a esposizione a vibrazioni WBV.  
 Tali controlli risultano obbligatori ai sensi della vigente normativa qualora si superino valori di  $A(8)$  pari a  $0,5 \text{ m/s}^2$ .  
 E' compito e cura del medico competente individuare situazioni in cui la sorveglianza sanitaria sia da richiedere anche per valori di esposizione a vibrazioni  $A(8)$  inferiori ai valori d'azione, soprattutto in presenza dei co-fattori di rischio cui al punto successivo.
  
- e) Co-fattori di rischio  
 Condizioni di lavoro particolari, come le basse temperature, il bagnato, l'elevata umidità, la presenza di vibrazioni impulsive ed urti ripetuti, il sovraccarico biomeccanico degli arti superiori e del rachide rappresentano importanti cofattori di rischio per la colonna vertebrale (6,7), da prendere in esame obbligatoriamente nell'ambito della valutazione dei rischi ai sensi del D.Lgvo 81/2008<sup>(1)</sup>.  
 Sotto tale profilo il presente studio ha evidenziato che i motocicli presentano esposizione a vibrazioni impulsive di rilevante entità, soprattutto in percorsi su asfalto dissestato o fondo stradale lastricato: il parametro VDV risulta superare il livello d'azione anche per esposizioni di breve durata - dell'ordine di 30' - ove il parametro  $A(8)$  risulta inferiore del livello d'azione fissato dalla vigente normativa.

## Bibliografia

1. Decreto Legislativo del 9/04/2008, 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"
2. Norma ISO 2631-1 (2010) "Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration. Parte 1: General requirements";
3. Norma UNI EN 12096 "Vibrazioni meccaniche - Dichiarazione e verifica dei valori di emissione vibratoria, 2000
4. H-C Chen et al, Whole body vibration exposure experienced by motorcycle riders - An evaluation according to ISO 2631-1 and ISO 2631-5 standards, *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol.39 Pgg. 708-718, september 2009
5. G.S. Paddan and M.J. Griffin, Evaluation of whole body vibration in vehicle, *Journal of sound and vibration*, 253(1):195-213, 2002
6. Seidel, H., On the relationship between whole-body vibration exposure and spinal health risk. *Industrial Health* 43 (2005) 361-377
7. Marianne Schust, Gerhard Menzel, Jorg Hofmann, Nazim Gizem Forta, Iole Pinto, Barbara Hinz and Massimo Bovenzi, Measures of internal lumbar load in professional drivers - the use of a whole-body finite-element model for the evaluation of adverse health effects of multi-axis vibration *Ergonomics* (2014)