

Caratterizzazione dell'esposizione a vibrazioni meccaniche dei lavoratori di una sbaveria. Criticità metodologiche e operative nella stima del rischio.

Tura P.¹, Fontana M.¹

¹A.R.P.A. Piemonte – Rischio Industriale ed Igiene Industriale

INTRODUZIONE

Solo nel 2005 è stata colmata un'annosa carenza normativa nel nostro Paese grazie all'emanazione del D. Lgs. 187 (recepimento della Direttiva comunitaria 2002/44/CE) che ha introdotto per la prima volta, disposizioni specifiche finalizzate alla prevenzione e protezione collettiva e personale dall'esposizione professionale alle vibrazioni meccaniche. Le vibrazioni meccaniche in ambiente di lavoro sono dunque il secondo agente di rischio, tra quelli fisici, ad avere dopo il rumore un impianto normativo dedicato, che definisce i requisiti di carattere tecnico, organizzativo e procedurale per la tutela della salute dei lavoratori.

Il D.Lgs. 187/05 è poi confluito, secondo i più recenti sviluppi normativi, nel Capo III del Titolo VIII dedicato agli agenti di rischio di tipo fisico nel D. Lgs.81/2008 [1,2,3].

Dati recenti [4,5] resi noti dall'I.N.A.I.L. evidenziano come le denunce di malattia professionale, dopo la notevole crescita nel 2009, hanno avuto un ulteriore incremento nel 2010. In particolare il forte aumento ha riguardato le malattie dell'apparato muscolo-scheletrico (+158% nel quinquennio 2006-2010), mentre le patologie "storiche" come l'ipoacusia da rumore, sebbene di entità ancora rilevante, hanno confermato un andamento di decrescita. Sebbene fosse già noto [6] come il numero degli esposti al rischio vibrazioni meccaniche e l'incidenza delle tecnopatie denunciate riguardasse un'ampia percentuale di lavoratori, il dato attuale fornisce una visione più completa dell'entità del problema.

Ad oltre sei anni di distanza dall'emanazione del primo decreto, durante l'attività di vigilanza che Arpa Piemonte svolge in ambito regionale come supporto tecnico dell'organo ispettivo, S.Pre.S.A.L. (Servizio di Prevenzione e Sicurezza per gli Ambienti di Lavoro), si riscontrano ancora frequenti casi di valutazioni del rischio aziendali dai contenuti palesemente inadeguati e non rispondenti a requisiti minimi di accettabilità.

Il Capo III consente di effettuare la stima del rischio, ovvero di quantificare l'esposizione personale del lavoratore, secondo più possibilità operative: utilizzo dei valori presenti nella banca dati INAIL (ex-ISPEL) o in loro assenza dei dati di certificazione delle macchine forniti dai costruttori, oppure fare ricorso a misurazioni strumentali dirette. L'applicabilità di ognuna è vincolata al rispetto di procedure metodologiche e di analisi, dalla cui mancata osservanza ne scaturisce una valutazione non rappresentativa. La scelta del metodo, compito naturalmente del tecnico, è da effettuarsi solo a seguito di una scrupolosa analisi delle caratteristiche dell'ambiente di lavoro, quali: ciclo produttivo, attrezzature utilizzate, tempi di esposizione, ecc.

I metodi applicabili potrebbero tuttavia non essere equivalenti in termini di efficacia e rappresentatività; il D.Lgs. n.81/2008 infatti specifica (art. 202 comma 2) che la misurazione "...resta comunque il metodo di riferimento". Nel presente lavoro si vorrebbe in particolare discutere e sviluppare questo aspetto. Se la misura strumentale rappresenta il metodo di indagine più affidabile è pur vero che è soggetto a diverse criticità operative, legate principalmente alla non percezione diretta del fenomeno da parte del tecnico che effettua la misura. Inoltre è un metodo particolarmente invasivo per il soggetto esposto, in quanto il posizionamento del trasduttore potrebbe generare un duplice problema: da una parte modificare le condizioni di lavoro, dall'altra identificare un punto di misura non rappresentativo e quindi sottostimare o sovrastimare l'esposizione.

Nel presente lavoro verranno riportate le fasi operative e di analisi di un'indagine finalizzata alla valutazione del rischio vibrazioni meccaniche al sistema mano-braccio dei lavoratori di una "sbaveria", la cui attività riguarda operazioni di finitura di getti in ghisa mediante l'utilizzo di smerigliatrici manuali e da banco. La stima del rischio è stata effettuata attraverso misure

strumentali. Verranno descritte le metodologie applicate in relazione agli standard tecnici di riferimento, inoltre verrà discussa la verifica dei contenuti tecnico-analitici dei documenti di valutazione del rischio dell'azienda, la quale ha effettuato due valutazioni: la prima mediante banca dati e valori certificati dai costruttori, la successiva facendo invece ricorso a misure strumentali.

Un aspetto di particolare interesse è rappresentato dal confronto tra i risultati della presente indagine e i risultati ottenuti dall'azienda nella duplice valutazione effettuata. Il confronto permetterà di evidenziare errori di valutazione e non conformità procedurali di stima del rischio in relazione a quanto previsto dagli standard tecnici. Infine saranno analizzate criticamente le problematiche operative riscontrate nella misura della dell'esposizione della singola fase di lavoro e nella definizione dell'indice $A(8)$, descrittore dell'esposizione giornaliera dei lavoratori.

VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE: SISTEMA MANO-BRACCIO

Come è noto la normativa vigente scinde la valutazione del rischio per l'esposizione umana alle vibrazioni meccaniche da un punto di vista igienistico, secondo due differenti tipologie in funzione degli organi bersaglio potenzialmente esposti: esposizione al sistema "mano-braccio (Hand-Arm Vibration – HAV) ed esposizione del sistema "corpo-intero" (Whole Body-Vibration – WBV). Nel primo caso rientrano tutte quelle lavorazioni per le quali è previsto il contatto delle mani con impugnature di utensili o la conduzione manuale di macchinari. Nel secondo caso sono coinvolte tutte le lavorazioni per le quali è prevista la conduzioni di mezzi di trasporto, di movimentazione e in generale di macchinari che implicano la trasmissione di vibrazioni al corpo intero.

Il Capo III individua valori d'azione e valori limiti differenti e specifiche procedure di stima del rischio e azioni di tutela in funzione del sistema considerato, che devono essere messe in atto e documentate separatamente nel documento di valutazione del rischio.

Limitando la trattazione a quanto di interesse nel presente lavoro, secondo l'art. 200 comma 1 lettera a) si intende per:

"vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio: le vibrazioni meccaniche che, se trasmesse al sistema mano-braccio nell'uomo, comportano rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori, in particolare disturbi vascolari, osteoarticolari, neurologici o muscolari;"

e al comma 1 lettera c):

"esposizione giornaliera a vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio $A(8)$: $[m/s^2]$ " valore mediato nel tempo, ponderato in frequenza, delle accelerazioni misurate per una giornata lavorativa nominale di otto ore".

La realizzazione di una corretta valutazione dell'esposizione del rischio per i lavoratori, è subordinata all'acquisizione di molteplici fondamentali informazioni relative ad ogni mansione presente nell'ambiente di lavoro in esame, in particolare:

- le modalità e il tempo di utilizzo parziale di ciascuna macchina nelle diverse condizioni operative possibili, al fine di definire tempi e condizioni rappresentative in cui effettuare la misura;
- valori di vibrazione, espressi in termini di accelerazione equivalente, stimati per ogni fase di lavoro su ogni macchinario, lungo le tre direzioni x, y, z;
- il tempo di utilizzo complessivo giornaliero di ciascuna macchina che identifica la condizione espositiva rappresentativa, ovvero quella più ricorrente a massimo rischio.

Dalla corretta stima delle accelerazioni e dei tempi di esposizione è possibile calcolare l'esposizione giornaliera normalizzata a 8 ore, rappresentata dall'indice descrittore $A(8)$, che andrà poi confrontata con i limiti indicati nel Capo III:

il valore giornaliero di esposizione che fa scattare l'azione: rappresenta il valore oltre il quale il lavoratore va considerato esposto a rischi significativi e va sottoposto a sorveglianza sanitaria e oltre il quale il datore di lavoro deve attuare specifiche misure di contenimento del rischio;

il valore limite giornaliero di esposizione: rappresenta il valore oltre il quale i rischi per i lavoratori diventano inaccettabili e oltre il quale il datore di lavoro deve immediatamente attuare misure in grado di ridurre l'esposizione entro tale valore.

Nel caso delle vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio, detti valori sono rispettivamente: $2,5\text{m/s}^2$ e $5,00\text{ m/s}^2$.

Nel caso di misurazione delle vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio si devono rilevare i valori dell'accelerazione equivalente ponderata in frequenza a_w rilevati lungo gli assi x, y e z in accordo con quanto prescritto dagli standard UNI EN ISO 5349 – 1 e UNI EN ISO 5349 – 2 [7, 8]. L'esposizione della singola macchina o fase di lavoro è valutata tramite l'indice $a_{(w)sum}$ che rappresenta la radice quadrata della somma delle accelerazioni rilevate su ciascun asse, a_{wx} , a_{wy} , a_{wz} , ognuna elevata al quadrato.

L'indice $A(8)$ si può calcolare attraverso la seguente relazione:

$$A(8) = a_{(w)sum} \cdot \left(\frac{T_e}{8}\right)^{1/2} \quad (1)$$

dove:

$$a_{(w)sum} = \sqrt{a_{wx}^2 + a_{wy}^2 + a_{wz}^2} \quad (2)$$

T_e è il tempo totale di effettivo contatto con la sorgente vibratoria. Se un operatore risulta esposto a più sorgenti di vibrazione generate da più macchine bisogna calcolare l'esposizione parziale alle vibrazioni partendo dalla durata ed ampiezza di ogni singola sorgente. L'esposizione alle vibrazioni giornaliera complessiva viene calcolata in questo caso partendo dai valori parziali di esposizione:

$$A(8) = \sqrt{\sum_{i=1}^n A_i^2(8)} \quad (3)$$

dove $A_i(8)$ sono i valori di esposizione parziale alle vibrazioni dovuti alle differenti n macchine calcolati con la relazione (1).

LA STIMA DEL RISCHIO

Il termine $a_{(w)sum}$ definito dalla relazione (2) può essere stimato con metodi alternativi alla misurazione strumentale. La normativa prevede infatti (ex. art. 202 comma 2) che il livello di esposizione alle vibrazioni meccaniche possa essere valutato anche mediante l'utilizzo dei valori di emissione delle attrezzature certificate dai fabbricanti, oppure mediante l'utilizzo della Banca Dati ISPEL [9, 10]. Tuttavia lo stesso comma 2 si conclude con una importante precisazione al riguardo:

“...Questa operazione va distinta dalla misurazione, che richiede l'impiego di attrezzature specifiche e di una metodologia appropriata e che resta comunque il metodo di riferimento.”

Questa distinzione è quanto mai opportuna poiché stabilisce correttamente una relazione di priorità funzionale tra la misurazione e gli altri metodi, in quanto la misura è direttamente correlata alla situazione espositiva reale. I metodi alternativi rappresentano valutazioni indirette che possono essere accettati solo nel rispetto di vincoli ben precisi. Per un utilizzo corretto della banca dati in primo luogo si deve essere certi che le attrezzature presenti siano le stesse di quelle oggetto della valutazione. Le vibrazioni però non dipendono solo dalla marca e modello della macchina ma anche da parametri soggettivi, in particolare: stato della macchina e condizioni di utilizzo; ne consegue che i valori della banca dati possono essere utilizzati solo nel caso siano espressione di una situazione espositiva identica a quella presente nell'ambiente di lavoro in esame. In caso contrario non potrebbero essere presi in considerazione in quanto non rappresentativi della situazione reale e il rischio sarebbe quello di effettuare una valutazione inattendibile.

Criticità analoghe si presentano con l'impiego dei dati certificati dai produttori di attrezzature, i quali vengono ottenuti in condizioni di impiego standardizzate, secondo specifiche definite da norme ISO-CEN, che in genere risultano molto differenti dalle reali condizioni di utilizzo in un ambiente di lavoro. Per questo motivo è stato emanato uno standard [11] che indica opportuni coefficienti correttivi da applicare ai valori certificati in funzione della tipologia di attrezzatura. L'entrata in vigore della nuova Direttiva Macchine recepita nel nostro Paese con il D. Lgs. 17/2010 [12] ha introdotto una serie di modifiche, inerenti al rischio vibrazioni, che rendono le condizioni di

certificazione più vicine a quelle di impiego reale che si possono verificare in ambiente di lavoro, al fine di fornire valori di vibrazioni più rappresentativi da un punto di vista igienistico. Di fatto si è riconosciuta la non adeguatezza dei dati di emissione dichiarati dai produttori in base ai vecchi standard. Questi ultimi a partire dal 2006 sono stati progressivamente sostituiti da nuovi standard basati su metodiche che soddisfino requisiti e informazioni richiesti dalla Direttiva Macchine sul dato di certificazione.

Le criticità esposte in modo molto sintetico in merito all'utilizzo dei valori in Banca Dati o di quelli dei produttori per effettuare la valutazione del rischio, sono noti da tempo e criticamente analizzati da diversi autori; per approfondimenti si rimanda ai riferimenti bibliografici [13÷16].

CRITERI DI INTERVENTO E STRUMENTAZIONE DI MISURA

Scopo dell'indagine è stato quello di stimare l'entità dell'esposizione di ogni singola fase di lavoro durante il normale svolgimento dell'attività, determinare la fascia di rischio della mansione correlata, verificare infine se il datore di lavoro ha valutato correttamente l'esposizione in base a quanto riportato nel documento di valutazione del rischio.

Le procedure di misura e valutazione sono state condotte attenendosi alle indicazioni contenute nel Capo III del Titolo VIII del D. Lgs. 81/2008 e nell'Allegato XXXV nel quale sono richiamate e adottate le norme UNI EN ISO 5349 parti 1 e 2 [7, 8] e le linee guida ISPESL [17] a cui viene attribuito valore di norma tecnica.

Tutte le acquisizioni sono state effettuate utilizzando uno strumento misuratore integratore dell'esposizione umana alle vibrazioni con ingresso modo ICP, in grado di acquisire simultaneamente il valore r.m.s. e di picco sui tre canali x,y,z e globale (Σ). Per ogni misurazione è stata acquisita la storia temporale del segnale come valore ponderato nel tempo ad 1s. I dati sono stati analizzati ed elaborati mediante il software Noise and Vibrations Works. La catena di misura era quindi composta dall'analizzatore di vibrazioni tipo Larson Davis IHVM 100 s/n 00168 e accelerometro ICP triassiale, con adattatori in plastica per misure in modalità mano-braccio, tipo PCB mod. SEN 020 - s/n P60828 - Sensitivity 1mV/g. Le misurazioni sono state effettuate fissando la sonda accelerometrica sull'attrezzatura mediante gli appositi supporti, nella zona di contatto interessata dalla trasmissione delle vibrazioni alla mano secondo quanto previsto dagli standard di riferimento [7, 8], in funzione delle condizioni di lavoro e della tipologia di presa del lavoratore sull'attrezzo.

L'origine del sistema di coordinate per le misure di accelerazione nelle vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio, è la testa del terzo metacarpo; l'asse z è definito come asse longitudinale del terzo osso metacarpale ed è orientato verso l'estremità distale del dito, l'asse x, perpendicolare all'asse z, è orientato nella direzione di avanzamento quando la mano è nella normale posizione anatomica (palmo rivolto in avanti), l'asse y è parallelo all'impugnatura e orientato verso il pollice (figura 1).

Il posizionamento dell'accelerometro è necessariamente intrusivo pertanto il montaggio dello stesso deve essere disposto in modo tale sia da identificare la posizione più rappresentativa, sia in modo che l'operatore possa lavorare quanto più normalmente possibile al fine di non modificare in modo significativo quelle che si considerano le "normali condizioni di lavoro". Prima di procedere alla misurazione si è proceduto alla ripetuta osservazione delle lavorazioni al fine di prendere visione delle modalità di lavoro quali ad esempio: attrezzatura utilizzata, pezzi lavorati, tempi di utilizzo dell'attrezzatura su un singolo pezzo e in ogni singola lavorazione effettuata sul pezzo, modalità di impugnatura da parte del lavoratore e movimenti effettuati dallo stesso durante la lavorazione.

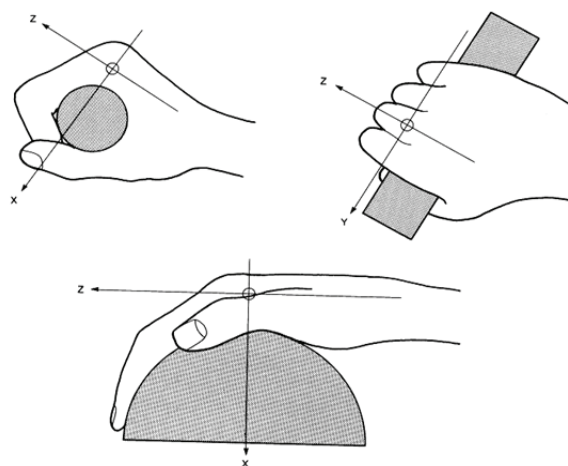
L'accelerometro è stato poi posizionato rigidamente sull'attrezzatura con l'ausilio del lavoratore in modo da poter essere adattato e assecondare al meglio la modalità di impugnatura del lavoratore stesso (figura 2).

Frequentemente si è reso necessario bloccare i cavi di collegamento lungo il braccio dell'operatore mediante nastro adesivo al fine di scongiurare possibili disturbi sul segnale o danneggiamenti accidentali durante la lavorazione.

Trovare la posizione corretta per la sonda accelerometrica è uno degli aspetti più importanti ai fini della buona riuscita della misura in quanto serve a garantire la migliore “comunicazione” tra attrezzo-accelerometro-lavoratore, al fine di acquisire l'intensità delle vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio. Un non corretto posizionamento del trasduttore potrebbe falsare la misurazione rendendola non rappresentativa della reale esposizione. Le misure sono state avviate solo quando il lavoratore aveva già assunto la normale posizione di lavoro. Il sistema di coordinate utilizzato corrisponde a quello indicato dalla norma UNI EN ISO 5349-1 (figura 1).

Come è noto [18 ÷ 21] le misurazioni di vibrazioni meccaniche sono soggette ad un ampio intervallo di variabilità dipendente da molteplici fattori, ciclo di lavoro, modalità di lavorazione, usura dell'attrezzo e dell'utensile, ecc. Nei rilievi strumentali effettuati nella presente indagine sono stati ottenuti intervalli di variabilità stimati tra il 15% e il 20%. Le misure hanno avuto una durata pari ad almeno quella della singola fase di lavoro al fine di ottenere un valore rappresentativo di accelerazione quadratica media; nel caso di lavorazioni molto brevi sono state effettuate più misure in successione della stessa fase al fine di allungare il tempo di misura come previsto dagli standard tecnici di riferimento (norme UNI EN ISO 5349-1 e 2); in questo caso non si è trattato di una modifica delle condizioni di lavoro bensì di un prolungamento del tempo di lavorazione, quindi di integrazione, predisponendo più cicli in successione anziché intervallati da pause tecniche.

Figura 1. Sistema di riferimento.



Definizione degli assi di riferimento per le misure di vibrazioni al sistema mano-braccio, come definito dalla UNI EN ISO 5349-1

Figura 2. Posizionamento dell'accelerometro.



Accelerometro fissato su apposito supporto impugnato dall'utilizzatore, sulla presa anteriore di una mola angolare.

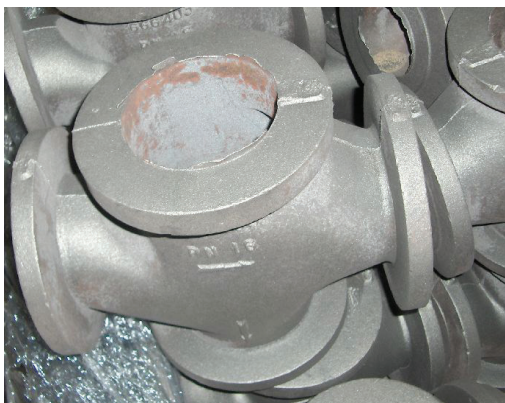
La programmazione e realizzazione delle misure strumentali si è basata su informazioni acquisite attraverso una serie di colloqui con le parti aziendali che dovrebbero solitamente essere coinvolte nel processo di valutazione del rischio: responsabili di stabilimento, servizi di prevenzione e protezione, lavoratori e/o loro rappresentanti.

In fase preventiva sono stati acquisiti ed esaminati documenti e informazioni sull'organizzazione e ciclo di lavoro. Lo studio e comprensione del ciclo di lavoro aziendale è un aspetto fondamentale per la definizione del rischio; in particolare è indispensabile la corretta valutazione dei tempi: sia il tempo di esposizione giornaliero al fine di identificare una condizione espositiva rappresentativa ovvero quella più ricorrente a massimo rischio, sia il tempo di utilizzo dell'attrezzo nella singola lavorazione. Infatti è importante distinguere i periodi in cui l'attrezzatura è impugnata ma non c'è esposizione, dai periodi di effettivo uso dell'attrezzo quindi in cui vi è esposizione. Questo permette di determinare modalità di esecuzione e durata della misura tali da rendere il dato di accelerazione rilevato statisticamente significativo.

DESCRIZIONE DEL CICLO DI LAVORO

L'attività della ditta riguarda operazioni di finitura di getti in ghisa che consistono in parti meccaniche destinate poi ad aree produttive in diversi settori industriali: produzione di valvole, macchine utensili, macchine movimento terra, ecc. La finitura avviene attraverso l'asportazione del materiale in eccesso sul pezzo grezzo mediante smerigliatura delle superfici interne ed esterne interessate (figure 3 ÷ 6).

Figura 3. Pezzo "grezzo".



Getto in ghisa grezzo in lavorazione con smerigliatrici manuali sul quale è visibile il materiale in eccesso da asportare.

Figura 4. Pezzo finito.



Getto in ghisa al termine del ciclo di smerigliatura dopo l'asportazione del materiale in eccesso dalle superfici interne ed esterne.

Figura 5. Pezzo "grezzo".



Getto in ghisa grezzo in lavorazione con smerigliatrici da banco, sul quale è visibile il materiale in eccesso da asportare.

Figura 6. Pezzo finito.

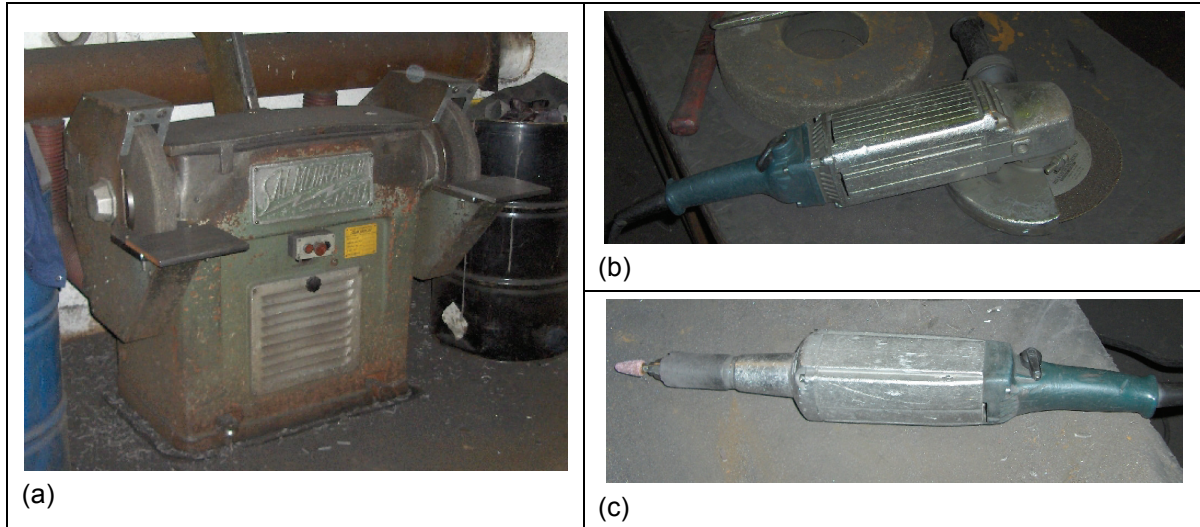


Getto in ghisa al termine del ciclo di smerigliatura dopo l'asportazione del materiale in eccesso dalle superfici esterne.

Secondo quanto osservato in azienda e dalle informazioni acquisite è emerso quanto segue: sono presenti due principali tipologie di lavorazioni, smerigliatura mediante mola manuale e smerigliatura mediante mola fissa da banco (figura 7a). Nel primo caso vengono utilizzate due tipologie di attrezzi, una mola angolare (figura 7b) per smerigliare le superfici esterne e una mola assiale (figura 7c) utilizzata per smerigliare le superfici interne, ad esempio all'interno di fori, e in tutte le parti del pezzo in cui la mola angolare non è in grado di arrivare. La mola fissa da banco è in generale utilizzata su pezzi semplici per smerigliature più veloci che se effettuate mediante le mole manuali richiederebbero più tempo di lavoro a parità di risultato. Al momento del sopralluogo in azienda erano in funzione 3 mole da banco; i pezzi in lavorazione erano: parte di pompa alla mola fissa (figure 5 e 6) e parte di valvola alla smerigliatura manuale (figure 3 e 4). Tutti i lavoratori possono essere impiegati sia alla smerigliatura manuale che alla smerigliatura su banco fisso in funzione delle esigenze produttive. La durata dei cicli di lavoro è variabile e dipende dagli ordini,

dai quantitativi di pezzi da lavorare e dalle richieste dei clienti; in generale si possono identificare tre varianti sulla “giornata di lavoro tipo”: giornata con attività continuativa con smerigliatrici manuali, giornata con attività continuativa con smerigliatrice fissa e giornata in cui l'attività si divide tra le due lavorazioni. Il turno di lavoro è di 8 ore. L'esposizione del lavoratore è quella dovuta al reale utilizzo dell'attrezzo (smerigliatura). Nell'ambito della lavorazione vi sono diverse pause tecniche dovute a molteplici fattori: cambio pezzo, cambio utensile, cambio attrezzo, movimentazione del pezzo ogni qualvolta si deve cambiare la superficie o il particolare da lavorare, ecc. Sulla base di quanto osservato risulta che i tempi possono essere equamente suddivisi tra pause tecniche e attività di smerigliatura.

Figura 7.



Smerigliatrici utilizzate nel ciclo di lavoro aziendale.

RISULTATI

I risultati delle misure sono riportati nelle tabelle 1 ÷ 3. I valori rilevati sono stati poi utilizzati ai fini del calcolo dell'esposizione personale a vibrazioni sul sistema mano-braccio dei lavoratori secondo la relazione (3) in funzione delle attrezzature (mola angolare, mola assiale, mola da banco) e relativi tempi di esposizione.

Per ogni fase di lavoro specifica sono state effettuate tre misurazioni in condizioni di lavoro reale. In ogni tabella sono riportati:

- il tipo di attrezzatura e l'indicazione della presa sull'attrezzo e della mano del lavoratore;
- la descrizione della fase di lavoro effettuata durante la misurazione;
- i valori ponderati di accelerazione $a_{(w)i}$ misurati su ogni asse;
- il valore di accelerazione $a_{(w)SUM}$ ottenuto dalla somma quadratica delle componenti di ciascun asse;
- il valore medio di accelerazione $a_{(w)SUM}$ ricavato dalle tre misurazioni ripetute nelle stesse condizioni di lavoro e relativa deviazione standard.

Tutte le attrezzature di lavoro considerate funzionano mediante alimentazione elettrica.

TABELLA 1.


MOLA ANGOLARE							
Fase di lavoro: smerigliatura. Finitura delle superfici esterne mediante asportazione del materiale residuo derivante dalla fase di stampaggio.							
PRESA:	manico anteriore, mano sinistra (S)						
PRESA:	posteriore, mano destra (D)						
Misura	Mano	$a_{(w)x}$	$a_{(w)y}$	$a_{(w)z}$	$a_{(w)SUM}$	Valore medio	Deviazione standard
1	Sinistra	2.4 [m/s ²]	6.4 [m/s ²]	1.1 [m/s ²]	6.9 [m/s ²]		
2	Sinistra	3.3 [m/s ²]	4.4 [m/s ²]	2.5 [m/s ²]	6.1 [m/s ²]	6.9 [m/s ²]	0.4 [m/s ²]
3	Sinistra	5.0 [m/s ²]	4.5 [m/s ²]	3.4 [m/s ²]	7.6 [m/s ²]		
4	Destra	2.9 [m/s ²]	5.4 [m/s ²]	4.7 [m/s ²]	7.7 [m/s ²]		
5	Destra	3.0 [m/s ²]	3.2 [m/s ²]	2.2 [m/s ²]	4.9 [m/s ²]	5.5 [m/s ²]	1.1 [m/s ²]
6	Destra	1.3 [m/s ²]	2.8 [m/s ²]	2.5 [m/s ²]	3.9 [m/s ²]		

TABELLA 2.


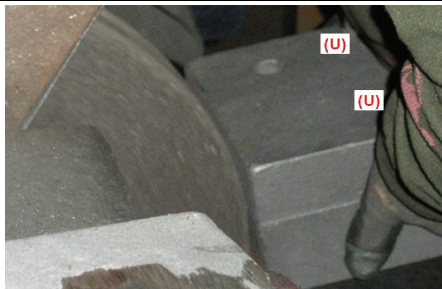
MOLA ASSIALE							
Fase di lavoro: smerigliatura. Finitura delle superfici interne e convesse mediante asportazione del materiale residuo derivante dalla fase di stampaggio.							
PRESA:	anteriore, mano sinistra (S)						
PRESA:	posteriore, mano destra (D)						
Misura	Mano	$a_{(w)x}$	$a_{(w)y}$	$a_{(w)z}$	$a_{(w)SUM}$	Valore medio	Deviazione standard
7	Sinistra	3.1 [m/s ²]	2.4 [m/s ²]	2.6 [m/s ²]	4.7 [m/s ²]		
8	Sinistra	1.6 [m/s ²]	1.3 [m/s ²]	1.9 [m/s ²]	2.8 [m/s ²]	3.5 [m/s ²]	0.6 [m/s ²]
9	Sinistra	1.8 [m/s ²]	1.6 [m/s ²]	1.6 [m/s ²]	2.9 [m/s ²]		
10	Destra	2.1 [m/s ²]	2.8 [m/s ²]	2.2 [m/s ²]	4.1 [m/s ²]		
11	Destra	1.9 [m/s ²]	1.7 [m/s ²]	1.8 [m/s ²]	3.1 [m/s ²]	3.3 [m/s ²]	0.4 [m/s ²]
12	Destra	1.6 [m/s ²]	1.8 [m/s ²]	1.2 [m/s ²]	2.6 [m/s ²]		

TABELLA 3.

MOLA DA BANCO FISSA							
Fase di lavoro: smerigliatura. Finitura delle superfici esterne mediante asportazione del materiale residuo derivante dalla fase di stampaggio.							
PRESA:	unica - entrambe le mani (U) (*)						
Misura	Mano	$a_{(w)x}$	$a_{(w)y}$	$a_{(w)z}$	$a_{(w)SUM}$	Valore medio	Deviazione standard
13	---	2.4 [m/s ²]	1.5 [m/s ²]	1.9 [m/s ²]	3.4 [m/s ²]		
14	---	1.5 [m/s ²]	1.5 [m/s ²]	1.8 [m/s ²]	2.8 [m/s ²]	3.6 [m/s ²]	0.5 [m/s ²]
15	---	1.6 [m/s ²]	3.9 [m/s ²]	1.4 [m/s ²]	4.5 [m/s ²]		

(*) In questo caso la presa è indifferente; le due mani tengono il pezzo in posizione simmetrica sospingendolo contro il disco abrasivo della mola, compiendo spostamenti ciclici a destra e sinistra del disco al fine di asportare il materiale in eccesso. L'accelerometro secondo quanto previsto dalle UNI EN ISO 5349 – 1 e 2 va fissato sul pezzo, che in questo caso diventa il mezzo di collegamento tra il punto di origine della vibrazione e la mano, in posizione rappresentativa della zona di trasmissione, in prossimità della posizione di presa delle mani. In questo caso infatti il pezzo determina la zona di impugnatura principale (per entrambe le mani) dove l'operatore applica la forza di avanzamento.

A scopo cautelativo al fine di interpretare i principi di prevenzione, fondamento di un impianto normativo sulla valutazione del rischio in ambiente di lavoro, adottiamo come valore rappresentativo dell'esposizione sulla singola attrezzatura, $a_{(w)SUM}$, l'estremo superiore dell'intervallo di confidenza monolaterale, come indicato dagli standard tecnici, ottenuto sommando al valore medio la deviazione standard moltiplicata per il fattore 1.645 che corrisponde ad un livello di confidenza del 95%. I valori ottenuti sono riportati in tabella 4.

TABELLA 4 – Valori di vibrazioni stimati per ogni fase di lavoro.

ATTREZZATURA	PRESA POSTERIORE	PRESA ANTERIORE	PRESA UNICA
Mola a disco	$a_{(w)SUM} \cong 7.3 \text{ [m/s}^2\text{]}$	$a_{(w)SUM} \cong 7.6 \text{ [m/s}^2\text{]}$	---
Mola dritta	$a_{(w)SUM} \cong 4.0 \text{ [m/s}^2\text{]}$	$a_{(w)SUM} \cong 4.5 \text{ [m/s}^2\text{]}$	---
Mola da banco	---	---	$a_{(w)SUM} \cong 4.4 \text{ [m/s}^2\text{]}$

Secondo quanto indicato nell'allegato XXXV parte A del Testo Unico, nel caso di attrezzature che devono essere utilizzate con entrambe le mani la misurazione deve essere effettuata su ogni mano. Nel calcolo dell'indice di esposizione personale giornaliera A(8) deve essere poi considerato il più alto dei due valori.

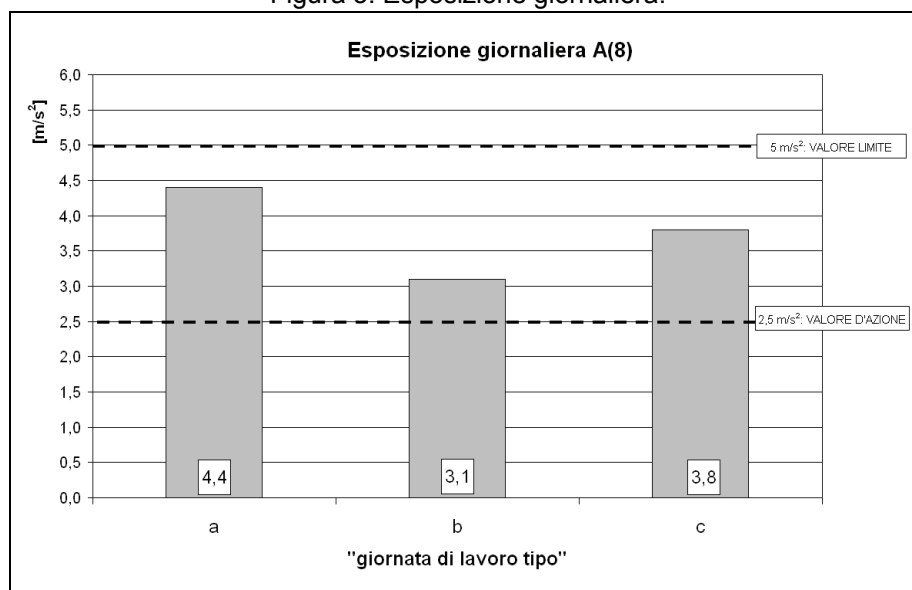
LIVELLO DI ESPOSIZIONE PERSONALE – A(8)

L'indice descrittore A(8) viene calcolato, mediante la relazione (3), sulla base dei valori di accelerazione $a_{(w)SUM}$ rilevati strumentalmente sulle singole attrezzature-fasi di lavoro, correlati ai relativi tempi di esposizione attraverso la ricostruzione di una "giornata di lavoro tipo". Osserviamo che in base a quanto discusso nei paragrafi precedenti si possono valutare tre tipologie di "giornata di lavoro tipo" in funzione dei cicli di lavoro e delle relative attrezzature utilizzate:

- smerigliatura con mola manuale,
- smerigliatura con mola da banco,
- utilizzo combinato di mola manuale e da banco per mezza giornata ciascuna.

Il tempo di esposizione relativo alla singola fase di lavoro può essere equamente suddiviso in esposizione effettiva, ovvero smerigliatura del pezzo, e pause tecniche. Sulla base di tali assunzioni si ottengono i valori di esposizione giornaliera riportati in figura 8. Osserviamo ancora che a scopo cautelativo non si è tenuto conto delle pause fisiologiche e che per ogni singola esposizione $a_{(w)SUM}$ è stato considerato l'estremo superiore dell'intervallo di confidenza monolaterale corrispondente ad un livello di confidenza del 95%.

Figura 3. Esposizione giornaliera.



Valori di esposizione personale giornaliera A(8) in funzione della tipologia di giornata lavorativa considerata.

La figura 8 mostra come l'esposizione personale ottenuta per ogni tipologia di giornata lavorativa, rientra nella fascia di rischio superiore al valore d'azione e inferiore al valore limite.

ANALISI DELLA VALUTAZIONE DI RISCHIO AZIENDALE

L'azienda ha prodotto due documenti di valutazione del rischio a pochi mesi di distanza l'uno dall'altro. Nel primo (valutazione I) viene utilizzata la banca dati INAIL (ex ISPEL), nel secondo (valutazione II) che rappresenta un aggiornamento che sostituisce il precedente, si fa ricorso a misure strumentali dirette.

In entrambe i documenti vi sono diverse carenze nei contenuti informativi relativi al ciclo di lavoro, alle mansioni, incertezza, attrezzature, ecc. che di fatto rendono entrambe i documenti non rappresentativi. Tuttavia la presente analisi focalizzerà l'attenzione su ciò che riguarda metodi e procedure di stima e valutazione del rischio. Si osserva in generale che il documento di valutazione per essere ritenuto attendibile dovrebbe riportare una serie di informazioni tali, per qualità e quantità, da permettere dalla sola lettura di dedurre: la rappresentatività di quanto fatto in fase di valutazione e la sua ripetibilità, senza necessariamente dovere effettuare sopralluoghi in azienda al fine di sopperire alle carenze documentali.

Valutazione I.

La stima del rischio è stata effettuata utilizzando valori di esposizione di attrezzature presenti nella banca dati INAIL (ex ISPEL): una smerigliatrice angolare e una fissa da banco. Non è stata presa in considerazione nessuna smerigliatrice assiale che invece viene regolarmente utilizzata nel ciclo lavorativo aziendale.

La mola angolare scelta è differente da quella presente in azienda ed è stato adottato il valore certificato dal costruttore per il quale però non è stato utilizzato il coefficiente correttivo previsto dalla normativa [9 ÷ 11], come discusso nei paragrafi precedenti.

Anche la mola fissa è differente, per marca e modello, da quella presente in azienda e il valore di vibrazioni riportato deriva da una misura effettuata su lavorazioni di smerigliatura di lamiera in attività di carrozzeria, condizioni operative completamente differenti da quelle in esame.

Nel calcolo dell'indice A(8) vengono considerate due tipologie di situazioni espositive: una prevedendo l'utilizzo di entrambe le smerigliatrici e una solo con quella da banco fissa. In entrambe i casi vengono associati dei tempi di esposizione, senza alcuna giustificazione delle scelte compiute, superiori a quelli valutati nella presente indagine. Gli indici A(8) così calcolati sono in entrambe i casi molto al di sopra del valore limite, rispettivamente 6.4 m/s^2 e 8.1 m/s^2 . Tuttavia il valutatore disattende quanto previsto dal Capo III dall'art. 203 "*misure di prevenzione e protezione*" in quanto non prende in considerazione né ipotizza alcun concreto intervento di riduzione. Questa carenza è ancora più grave in relazione al fatto che il superamento del limite prevede misure immediate per riportare l'esposizione al di sotto di tale valore.

Valutazione II.

Il documento rappresenta una revisione del precedente. In questo caso la stima del rischio è stata effettuata mediante misurazioni strumentali dirette.

Analogamente alla relazione precedente vengono considerate solo due attrezzature rispetto alle tre identificate in azienda. In questo caso però, incomprensibilmente, non viene valutata la mola fissa da banco, che invece compariva nel documento precedente. Le misure riguardano solo le smerigliatrici manuali.

Nella tabella che riporta i contenuti e valori dei rilievi strumentali è omessa qualsiasi tipo di informazione: marca e modello dell'attrezzo misurato, descrizione della fase di lavoro, materiali e metodi, condizioni di utilizzo dell'attrezzatura da parte dell'operatore, tipologia di presa e mano sulla quale è stata effettuata la misura, errore associato alla misura. Per ogni attrezzo viene indicato un unico valore, $a_{(w)SUM}$, venendo meno a quanto indicato nell'allegato XXXV (parte A) del D.Lgs. 81/08 il quale prevede che per attrezzature che devono essere utilizzate con entrambe le mani, si deve effettuare la misura su ogni mano, fare riferimento al valore più elevato, riportare l'informazione relativa alla misura sull'altra mano.

In un tale contesto il confronto tra le misure riportate nel presente lavoro e quelle nel documento aziendale non sarebbe significativo, a causa dell'inconsistenza in termini di rappresentatività dei valori riportati nel documento di valutazione del rischio per le grossolane carenze evidenziate. Si

osserva e ricorda come i dati relativi a misurazioni strumentali ai quali non è associata una dettagliata descrizione non hanno significato, né metrologico, né igienistico.

Il valore di esposizione personale giornaliero viene calcolato considerando le stesse situazioni espositive della valutazione precedente e con gli stessi tempi di esposizione, salvo che la mola assiale sostituisce quella fissa. Anche in questo caso le scelte adottate, soprattutto in merito ai tempi di esposizione, non vengono giustificate dal valutatore e non sembrano correlate a quanto osservato in azienda.

Gli indici A(8) così calcolati sono, situazione opposta alla precedente, in entrambe i casi al di sotto del valore d'azione, rispettivamente 2.0 m/s^2 e 1.0 m/s^2 . In questo caso il datore di lavoro non è tenuto a mettere in atto misure specifiche di riduzione e contenimento del rischio, salvo il principio generale secondo il quale la minimizzazione del rischio deve essere perseguita sempre a prescindere dai livelli presenti.

Osservazioni

Il tempo di esposizione è una variabile che assume un peso fondamentale nel processo di valutazione e spesso la sua quantificazione può risultare non agevole in quanto dipendente dalla complessità e variabilità dei cicli produttivi. Tuttavia deve essere valutata con ragionevole precisione in quanto un accurato lavoro di misura delle vibrazioni, può essere vanificato da tempi di esposizione irrealistici, con il risultato di produrre un indice descrittore A(8) non rappresentativo.

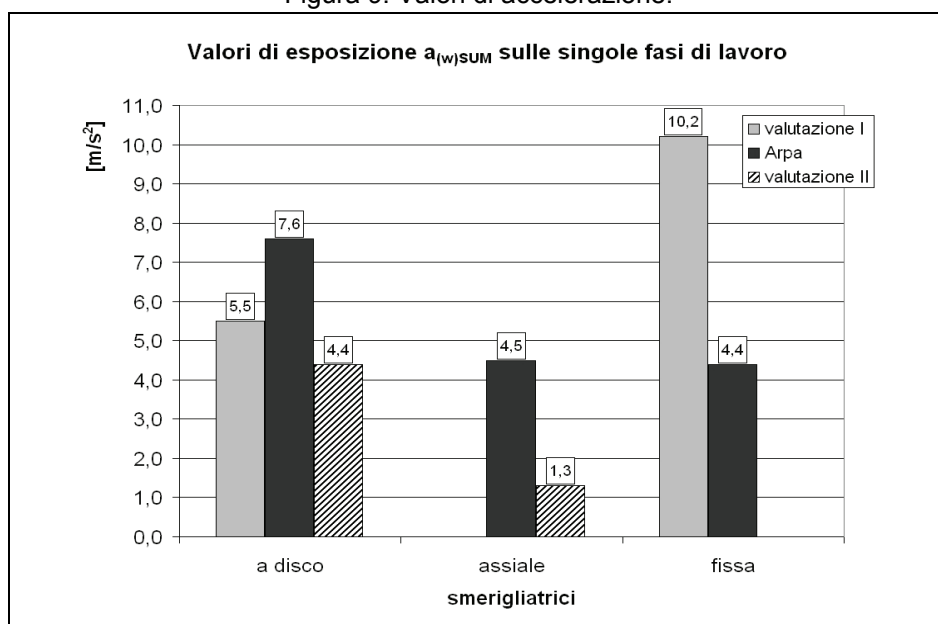
In generale la valutazione del rischio deve essere corredata di tutte quelle informazioni che giustifichino i metodi e le scelte adottate.

In questo caso ad esempio due valutazioni effettuate nell'arco di pochi mesi nello stesso ambiente di lavoro, nella quale nel frattempo non sono intervenuti cambiamenti sul ciclo produttivo, portano a conclusioni palesemente discordanti, differenziandosi di due classi di esposizione.

Se una sottostima del rischio può avere conseguenze drammatiche sottoponendo il lavoratore ad esposizione indebite senza mettere in atto gli opportuni interventi di prevenzione e protezione, allo stesso modo risulta controproducente la sovrastima del rischio in quanto obbliga l'azienda a mettere in atto interventi di contenimento in realtà non necessari con conseguente spreco di risorse che invece potrebbero essere utilizzate in modo più razionale.

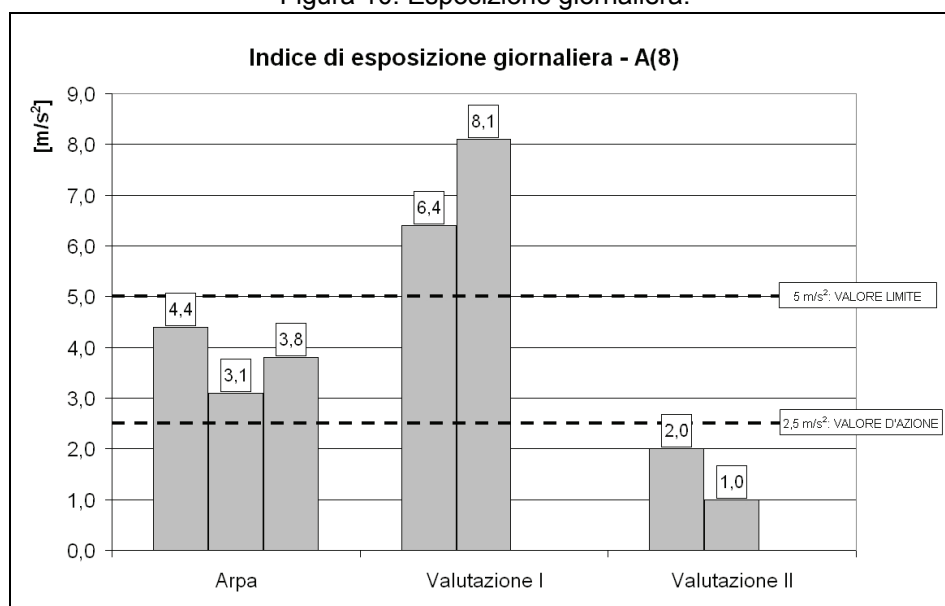
Nelle seguenti figure sono messi a confronto valori di esposizione stimati nel presente lavoro e quelli aziendali presenti nelle due valutazioni, sia per le attrezzature, $a_{(w)SUM}$ (figura 9), che per l'esposizione giornaliera, A(8) (figura 10).

Figura 9. Valori di accelerazione.



Confronto tra i valori di esposizione di ogni singola fase di lavoro $a_{(w)SUM}$, in funzione della tipologia di attrezzatura.

Figura 10. Esposizione giornaliera.



Confronto tra i valori di esposizione personale giornaliera A(8), per “giornata di lavoro tipo”, valutati dall’azienda e nell’indagine effettuata da Arpa.

CONCLUSIONI

Il livello di esposizione giornaliero per l’addetto alla smerigliatura stimato nel presente lavoro, si colloca nella fascia di esposizione compresa tra il valore d’azione (2.5 m/s^2) e il valore limite (5 m/s^2). La valutazione è stata effettuata secondo criteri di carattere cautelativo per il lavoratore, sulla base di quanto riportato nei paragrafi precedenti, al fine di poter ritenere il risultato rappresentativo della reale esposizione nell’ambiente di lavoro considerato.

I risultati riportati nei documenti aziendali sono in evidente disaccordo con quelli ottenuti dalla presente indagine, sia per quanto riguarda i valori di accelerazione sulle singole attrezzature che per i livelli di esposizione dei lavoratori.

L’aspetto sorprendente è come le due valutazioni aziendali effettuate per la stessa mansione, nello stesso ambiente di lavoro e ciclo produttivo, portino a risultati completamente differenti l’una dall’altra in funzione del metodo di analisi adottato. Utilizzando la Banca Dati l’indice A(8) ottenuto è al di sopra del valore limite, effettuando misure strumentali dirette si ottiene un indice A(8) inferiore al valore d’azione. È evidente che la scelta del metodo di valutazione utilizzato può incidere sull’incertezza del risultato, la quale andrebbe comunque caratterizzata quantitativamente, ma non è realistico pensare che metodi differenti possano produrre classi di esposizioni differenti. In questo caso vorrebbe dire che almeno uno dei due metodi è stato utilizzato impropriamente. Se chi effettua la valutazione non è in grado di caratterizzare la variabilità a cui sarà soggetto il risultato finale in funzione del metodo adottato, è evidente che tale metodo non può essere utilizzato e si dovrà quindi ricorrere ad approfondimenti oppure a metodi alternativi più appropriati.

In questo caso entrambe i documenti sono soggetti a molteplici carenze sia di tipo formale che sostanziale evidenziate nei paragrafi precedenti, tali da rendere entrambe le valutazioni non rappresentative.

Nel caso dell’utilizzo della Banca Dati INAIL (ex ISPESL) ribadiamo come tale metodo possa essere ritenuto alternativo alla misura e appropriato, se e solo se le attrezzature e le rispettive condizioni operative di utilizzo nell’ambiente di lavoro in esame possano essere considerate, oltre ogni ragionevole dubbio, compatibili con quelle presenti in Banca Dati. In caso contrario il metodo è del tutto inattendibile.

Nel caso dell’utilizzo di misure strumentali i dati ottenuti sembrano essere ampiamente sottostimati. Tuttavia non è possibile andare oltre ad una semplice sensazione basata

sull'esperienza e su dati di letteratura in quanto non è possibile un confronto con quanto rilevato nella presente indagine. Infatti i dati riportati nel documento aziendale sono privi di qualsiasi elemento informativo tanto da risultare non rappresentativi. La stessa valutazione del rischio e le conclusioni conseguenti non sono supportate da alcuna argomentazione quantitativa e di merito. Si osserva e ricorda ancora come i dati relativi a misurazioni strumentali ai quali non è associata una dettagliata descrizione non hanno significato, né metrologico, né igienistico.

In generale il fine della valutazione del rischio è la prevenzione e tutela del soggetto esposto quindi la messa in atto di opportune misure di contenimento. Il documento deve quindi essere una "fotografia" fedele ed esaustiva dell'esposizione nell'ambiente di lavoro esaminato e delle eventuali criticità presenti; non può pertanto essere concepito solo come un puro adempimento formale da mostrare all'organo di vigilanza quando richiesto. In questo caso il processo di valutazione risulta fine a se stesso e rappresenta uno sperpero inutile di energie e risorse. Il processo di valutazione si compone e realizza in due fasi: stima delle classi di rischio in funzione delle quali si individuano e attuano le azioni di prevenzione opportune. È indispensabile comprendere che un documento di valutazione del rischio aziendale in cui anche uno solo di tali contenuti sia riportato in modo non esaustivo o sia addirittura assente, risulta del tutto inutile.

È importante inoltre che nel processo partecipino attivamente tutte le figure aziendali interessate: servizio di prevenzione, lavoratori, medico e personale qualificato a cui è affidato il compito di redigere la relazione tecnica. Su quest'ultimo punto preme evidenziare la necessità della definizione a livello normativo della figura del tecnico valutatore e delle competenze specifiche che deve possedere. Al momento tali requisiti rimangono ancora vaghi anche dopo l'emanazione del D. Lgs. 81/2008.

Bibliografia

- [1] D. Lgs. 19 agosto 2005 n.187. Attuazione della direttiva 2002/44/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti da vibrazioni meccaniche (2005).
- [2] D. Lgs. n.81 del 9 aprile 2008. Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n.123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro. G.U. n.108/L del 30 aprile 2008.
- [3] D. Lgs. n.106/2009. Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 9 aprile 2008, n.81, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro. – Supplemento Ordinario alla Gazzetta Ufficiale n.180 del 05 agosto 2009.
- [4] Bucciarelli Andrea. Malattie professionali da agenti fisici: i dati, le novità. Atti del convegno dBA 2010, Modena 6 – 7 ottobre 2010.
- [5] DATI INAIL – n.7, luglio 2011. Scaricabile da: http://www.inail.it/Portale/appmanager/portale/desktop?_nfpb=true&_pageLabel=PAGE_STATISTICHE&nextPage=Dati_INAIL/index.jsp
- [6] Bucciarelli Andrea. Le malattie professionali da agenti fisici in Italia. Atti del convegno dBA 2006, Modena 12 – 13 ottobre 2006.
- [7] UNI EN ISO 5349 – 1:2004. Vibrazioni meccaniche – Misurazione e valutazione dell'esposizione dell'uomo alle vibrazioni trasmesse alla mano – Parte 1: requisiti generali.
- [8] UNI EN ISO 5349 – 2:2004. Vibrazioni meccaniche – Misurazione e valutazione dell'esposizione dell'uomo alle vibrazioni trasmesse alla mano – Parte 2: guida pratica per la misurazione al posto di lavoro.
- [9] BANCA DATI VIBRAZIONI ISPEL. <http://www.ispel.it/vibrationdatabase/>
- [10] PORTALE AGENTI FISICI. <http://www.portaleagentifisici.it/index.php?>
- [11] UNI CEN/TR 15350:2009. *Vibrazioni meccaniche – Linee guida per la valutazione dell'esposizione al sistema mano-braccio partendo dalle informazioni disponibili, comprese quelle fornite dal fabbricante della macchina.* 2009.
- [12] D. Lgs. 27 gennaio 2010, n. 17. *Attuazione della direttiva 2006/42/CE, relativa alle macchine e che modifica la direttiva 95/16/CE relativa agli ascensori.*
- [13] Nicolini Omar, Minerva Maddalena. *L'esposizione a vibrazioni nei luoghi di lavoro: gli adempimenti aziendali nel nuovo quadro legislativo.* Atti del convegno dBA 2006 "Rischi fisici negli ambienti di lavoro. Vol. 1: Rumore e Vibrazioni", Modena 12 – 13 ottobre 2006.

- [14] Nataletti Pietro. *Esposizione professionale a vibrazioni meccaniche: cosa cambia con il Testo Unico*. Atti del convegno dBAincontri "Titolo VIII del DLgs. 81/2008. Prevenzione e protezione da agenti fisici negli ambienti di lavoro: facciamo il punto", Modena 9 ottobre 2008.
- [15] Peretti Alessandro. *Valutazione dei rischi vibrazioni: dalle banche dati alle linee guida*. Atti del convegno dBAincontri "Titolo VIII del DLgs. 81/2008. Prevenzione e protezione da agenti fisici negli ambienti di lavoro: facciamo il punto", Modena 9 ottobre 2008.
- [16] Pinto Iole. *Le nuove norme di certificazione delle emissioni di vibrazioni*. Atti del convegno dBA 2010 "Rischi Fisici: valutazione, prevenzione e bonifica nei luoghi di lavoro. A che punto siamo", Modena 6 – 7 ottobre 2010.
- [17] ISPESL: Linee Guida per la prevenzione del rischio vibrazioni (2001). Scaricabile dal sito <http://www.ispesl.it>.
- [18] Peretti Alessandro. *Misurazione delle vibrazioni a cui sono esposti i lavoratori*. Atti del convegno dBAincontri "Vibrazioni. Valutazione e prevenzione del rischio da vibrazioni nel quadro legislativo attuale e in quello in divenire", Modena 13 ottobre 2004.
- [19] Peretti Alessandro. *Misurazione e valutazione delle vibrazioni: aspetti critici e controversi. Parte 1 – legislazione, stima del rischio, problemi insiti nella misurazione delle vibrazioni*. Atti del convegno dBA 2006 "Rischi fisici negli ambienti di lavoro. Vol. 1: Rumore e Vibrazioni", Modena 12 – 13 ottobre 2006.
- [20] Deboli Roberto, Calvo Angela. *Vibrazioni: la professionalità nella misura e nella dichiarazione dei dati di vibrazione*. Atti del convegno dBAincontri "Titolo VIII del DLgs. 81/2008. Prevenzione e protezione da agenti fisici negli ambienti di lavoro: facciamo il punto", Modena 9 ottobre 2008.
- [21] Barbera Bruno, Fontana Marco, Sartore Daniele, Tura Pierangelo, Alfonzo Santo. *Esposizione dei lavoratori alle vibrazioni meccaniche al sistema mano braccio*. Giornale degli Igienisti Industriali. Vol.32 n.4 ottobre 2007.