

***VOLSCA AMBIENTE e SERVIZI
S.p.A.***

***Via Troncavia, 6
00049 Velletri (RM)***

***Dipartimento di VELLETRI (RM)
Via Troncavia, 6***

**Valutazione dell'esposizione dei lavoratori a vibrazioni
meccaniche ai sensi del
Decreto Legislativo n. 81 del 9 aprile 2008
Art. 202**

Data: 13 Marzo 2017

Firma del titolare



Il Rappresentante dei Lavoratori
per la Sicurezza



Via Valmontone, 35 – 00031 Artena (RM)
Tel. 06/9517919 – Fax 06/95192107 – Cell. 331/7181843

1 di 32
Tecno Safety s.a.s.
T.d.P. Dott. Soro Stanislao

INDICE

1 - PREMESSA	3
2 - VIBRAZIONI TRASMESSE AL SISTEMA MANO-BRACCIO.....	5
2.2 Effetti delle vibrazioni trasmesse al sistema mano.....	6
2.3.1 - La neuropatia da vibranti	6
2.3.2 - L'osteoartrite da vibranti.....	7
2.3.3 - L'angiopatia da vibranti.....	8
2.3.4 - Altre possibili patologie da vibranti	9
2.4 Valutazione del rischio: generalità	9
2.5 - Definizioni e parametri.....	10
3 - VIBRAZIONI TRASMESSE AL SISTEMA CORPO INTERO.....	12
3.1 Effetti delle vibrazioni trasmesse al corpo intero.....	13
3.1.1 - Patologie del rachide lombare	14
3.1.2 - Disturbi cervico-brachiali.....	15
3.1.3 - Disturbi digestivi.....	15
3.1.4 - Effetti sull'apparato riproduttivo.....	15
3.1.5 - Disturbi circolatori	16
3.1.6 - Effetti cocleo-vestibolari	16
3.2 - Valutazione del rischio: generalità	16
3.3 - Definizioni e parametri.....	17
4 – RIFERIMENTI NORMATIVI	20
5 – DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALE	21
6 – STRATEGIE GENERALI DI INDAGINE	22
7 – RILEVAZIONI ACCELEROMETRICHE.....	23
7.1 - Risultati delle rilevazioni	24
8 - COSA FARE A SEGUITO DELLA VALUTAZIONE.....	29
9 - SORVEGLIANZA SANITARIA SECONDO IL D.LGS. 187/05.....	30
9.1 - Cartelle sanitarie e di rischio	31
10 - CONCLUSIONI.....	32

1 - PREMESSA

Dal 30.07.2008 è entrato in vigore il Decreto Legislativo 9 Aprile 2008, n. 81, in sostituzione del Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 187 sulla "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", pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 220 del 21 settembre 2005.

L'articolo 181 ("Valutazione dei rischi") del D.Lgs. 81/2008 prescrive l'obbligo, da parte dei datori di lavoro, di valutare il rischio da esposizione a vibrazioni meccaniche dei lavoratori durante il lavoro.

In tale ambito la ditta VOLSCA AMBIENTE e SERVIZI S.p.A. – Dipartimento di Velletri (RM), ha effettuato nel mese di Marzo 2017, un'indagine volta a valutare la potenziale esposizione dei propri dipendenti a vibrazioni meccaniche.

Il campo di applicazione del decreto legislativo al Capo III sono le vibrazioni meccaniche, suddivise in due categorie: le vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio e quelle trasmesse al corpo intero.

Il livello di esposizione alle vibrazioni meccaniche può essere valutato mediante l'osservazione delle condizioni di lavoro specifiche e il riferimento ad appropriate informazioni sulla probabile entità delle vibrazioni per le attrezzature o i tipi di attrezzature nelle particolari condizioni di uso reperibili presso banche dati dell'ISPESL o delle regioni o, in loro assenza, dalle informazioni fornite in materia dal costruttore delle attrezzature.

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.

L'esposizione dei lavoratori alle vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio è valutata o misurata in base alle disposizioni di cui all'allegato XXXV, parte A.

L'esposizione dei lavoratori alle vibrazioni trasmesse al corpo intero è valutata o misurata in base alle disposizioni di cui all'allegato XXXV, parte B.

Ai fini della valutazione, il datore di lavoro tiene conto, in particolare, dei seguenti elementi:

- a) il livello, il tipo e la durata dell'esposizione, ivi inclusa ogni esposizione a vibrazioni intermittenti o a urti ripetuti;
- b) i valori limite di esposizione e i valori d'azione
- c) gli eventuali effetti sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori particolarmente sensibili al rischio con particolare riferimento alle donne in gravidanza e ai minori;
- d) gli eventuali effetti indiretti sulla sicurezza e salute dei lavoratori risultanti da interazioni tra le vibrazioni meccaniche, il rumore e l'ambiente di lavoro o altre attrezzature;
- e) le informazioni fornite dal costruttore dell'attrezzatura di lavoro;

- f) l'esistenza di attrezzature alternative progettate per ridurre i livelli di esposizione alle vibrazioni meccaniche;
- g) il prolungamento del periodo di esposizione a vibrazioni trasmesse al corpo intero al di là delle ore lavorative, in locali di cui è responsabile;
- h) condizioni di lavoro particolari, come le basse temperature, il bagnato, l'elevata umidità o il sovraccarico biomeccanico degli arti superiori e del rachide;
- i) informazioni raccolte dalla sorveglianza sanitaria, comprese, per quanto possibile, quelle

La valutazione, con o senza misure, dovrà essere programmata ed effettuata, con cadenza almeno quadriennale, da parte di personale competente.

La valutazione sarà aggiornata ogni qual volta si verifichino mutamenti che potrebbero renderla obsoleta, ovvero, quando i risultati della sorveglianza sanitaria rendano necessaria la sua revisione.

Valori limite di esposizione e valori d'azione

Vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio:

- 1) il valore limite di esposizione giornaliero, normalizzato a un periodo di riferimento di 8 ore, è fissato a **5 m/s²**; mentre su periodi brevi è pari a **20 m/s²**;
- 2) il valore d'azione giornaliero, normalizzato a un periodo di riferimento di 8 ore, che fa scattare l'azione, è fissato a **2,5 m/s²**.

Vibrazioni trasmesse al corpo intero:

- 1) il valore limite di esposizione giornaliero, normalizzato a un periodo di riferimento di 8 ore, è fissato a **1,0 m/s²**; mentre su periodi brevi è pari a **1,5 m/s²**;
- 2) il valore d'azione giornaliero, normalizzato a un periodo di riferimento di 8 ore, è fissato a **0,5 m/s²**.

Dal punto di vista della sorveglianza sanitaria, i lavoratori esposti a livelli di vibrazioni superiori ai valori d'azione sono sottoposti alla sorveglianza sanitaria. La sorveglianza viene effettuata periodicamente, di norma una volta l'anno o con periodicità diversa decisa dal medico competente con adeguata motivazione riportata nel documento di valutazione dei rischi e resa nota ai rappresentanti per la sicurezza dei lavoratori in funzione della valutazione del rischio. L'organo di vigilanza, con provvedimento motivato, può disporre contenuti e periodicità della sorveglianza diversi rispetto a quelli forniti dal medico competente.

I lavoratori esposti a vibrazioni sono altresì sottoposti alla sorveglianza sanitaria quando, secondo il medico competente, si verificano una o più delle seguenti condizioni: l'esposizione dei lavoratori alle vibrazioni è tale da rendere possibile l'individuazione di un nesso tra l'esposizione in questione e una malattia identificabile o ad effetti nocivi per la salute ed è probabile che la malattia o gli effetti

sopraggiungano nelle particolari condizioni di lavoro del lavoratore ed esistono tecniche sperimentate che consentono di individuare la malattia o gli effetti nocivi per la salute.

2 - VIBRAZIONI TRASMESSE AL SISTEMA MANO-BRACCIO

E' noto che lavorazioni in cui si impugnino utensili vibranti o materiali sottoposti a vibrazioni o impatti, possono indurre un insieme di disturbi neurologici e circolatori digitali e lesioni osteoarticolari a carico degli arti superiori, definito con termine unitario "Sindrome da Vibrazioni Mano-Braccio". L'esposizione a vibrazioni al sistema mano-braccio è generalmente causata dal contatto delle mani con l'impugnatura di utensili manuali o di macchinari condotti a mano. In Tabella 1 si fornisce un elenco di alcuni utensili il cui impiego abituale comporta nella grande maggioranza dei casi un rischio apprezzabile di esposizione a vibrazioni del sistema mano-braccio per il lavoratore.

Tabella 1 - Esempi di sorgenti di rischio di esposizione a vibrazioni del sistema mano-braccio

<i>Tipologia di utensile Principali lavorazioni</i>
<i>Utensili di tipo percussorio</i>
Scalpellatori e Scrostatori - Scalpellatura, pulitura, scanalatura, lapidei,
Martelli rivettatori sbavatura di fusioni, rimozioni di ruggini e vernici. Rivettatura.
Martelli Perforatori da 2 a 10 Kg - Edilizia - lavorazioni lapidei elettrici, idraulici, pn-eumatici
Martelli Demolitori e Picconatori - Edilizia - estrazione lapidei
Trapani a percussione - Metalmeccanica
Avvitatori ad impulso - Metalmeccanica, Autocarrozzerie
Martelli Sabbiatori - Fonderie - Metalmeccanica
Cesoie e Roditrici per metalli - Metalmeccanica
Martelli piccoli scrostatori - Lavorazioni artistiche e finitura lapidei, sbavatura di fusioni
Utensili di tipo rotativo
Levigatrici orbitali e roto-orbitali - Metalmeccanica - Lapedei - Legno
Seghe circolari e segchetti alternativi - Metalmeccanica - Lapedei - Legno
Smerigliatrici Angolari e Assiali - Metalmeccanica - Lapedei - Legno
Smerigliatrici Diritte per lavori leggeri - Metalmeccanica - Lapedei - Legno
Motoseghe - Lavorazioni agricolo-forestali
Decespugliatori - Manutenzione aree verdi

I criteri valutativi definiti dallo standard internazionale ISO 5349 (2004), discussi nel seguito, rappresentano attualmente il quadro di riferimento principale ai fini della prevenzione del rischio da

esposizione a vibrazioni mano-braccio, ed a questi è ancorata la normativa comunitaria in materia di prevenzione del rischio da esposizione a vibrazioni.

2.2 Effetti delle vibrazioni trasmesse al sistema mano

L'esposizione a vibrazioni mano-braccio generate da utensili portatili e/o da manufatti impugnati e lavorati su macchinario fisso è associata ad un aumentato rischio di insorgenza di lesioni vascolari, neurologiche e muscolo-scheletriche a carico del sistema mano-braccio.

L'insieme di tali lesioni è definito Sindrome da Vibrazioni Mano-Braccio. La componente vascolare della sindrome è rappresentata da una forma secondaria di fenomeno di Raynaud definita "vibration-induced white finger" (VWF) dagli autori anglosassoni; la componente neurologica è caratterizzata da una neuropatia periferica prevalentemente sensitiva; la componente osteoarticolare comprende lesioni cronico-degenerative a carico dei segmenti ossei ed articolari degli arti superiori, in particolare a livello dei polsi e dei gomiti.

Alcuni studi hanno anche riportato un aumentato rischio di alterazioni muscolo-tendinee e di intrappolamento dei tronchi nervosi nei lavoratori che usano utensili vibranti. Sulla base dei risultati di una recente revisione della letteratura epidemiologica, il National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH, USA) ha definito di "forte evidenza" l'associazione tra esposizione occupazionale a vibrazioni mano-braccio e occorrenza di lesioni neurovascolari e muscolo-scheletriche a carico degli arti superiori.

E' stato stimato che una frazione tra il 1.7 e 5.8% della forza lavoro in USA, Canada e alcuni Paesi Europei è esposta a vibrazioni manobraccio di elevata intensità e potenzialmente in grado di provocare danni alla salute dei lavoratori.

2.3.1 - La neuropatia da vibranti

Vi è evidenza epidemiologica di una elevata occorrenza di ipo-parestesie, riduzione della sensibilità tattile e termica, e limitazione della capacità di manipolazione fine nei lavoratori esposti a vibrazioni mano-braccio rispetto a gruppi di controllo. I disturbi neurosensitivi da vibrazioni mano-braccio sembrano essere dovuti ad alterazioni a carico di diversi tipi di fibre mieliniche e amieliniche (A α , A β , C) e di due classi di meccanorecettori cutanei definiti rispettivamente Slow Adapting[SA I (dischi di Merkel) e SA II (terminazioni di Ruffini)] e Fast Adapting[FA I (corpuscoli di Meissner) e FA II (corpuscoli di Pacini e Golgi-Mazzoni)] in rapporto alla rapidità e modalità di risposta allo stimolo meccanico.

Le turbe neurosensitive tendono ad essere localizzate alle estremità distali degli arti superiori, coinvolgendo il territorio di distribuzione del nervo mediano e ulnare, e, talora, anche del

nervo radiale. Prevalenze di disturbi neurosensitivi periferici sino all'80% sono state segnalate in vari studi epidemiologici.

La sensibilità vibrotattile sembra essere particolarmente compromessa nei soggetti che usano utensili che generano vibrazioni a media e alta frequenza quali ad es: smerigliatrici, motoseghe e strumenti odontoiatrici. In generale, i risultati degli studi clinici ed epidemiologici hanno evidenziato una tendenza ad un progressivo deterioramento delle soglie estensimetriche, termiche e vibrotattili con l'aumentare del tempo di esposizione e della dose giornaliera o cumulativa di vibrazioni. I risultati di indagini cliniche ed epidemiologiche hanno messo in evidenza che gli effetti neurologici e vascolari da microtraumatismo vibratorio possono manifestarsi e progredire in modo indipendente gli uni dagli altri, non sussistendo tra essi una precisa relazione di dipendenza temporale. Si ritiene, inoltre, che differenti meccanismi patogenetici siano responsabili dell'insorgenza delle turbe neurologiche e vascolari periferiche.

Sulla base di tali considerazioni, lo Stockholm Workshop ha proposto due diverse classificazioni cliniche allo scopo di valutare separatamente le lesioni neurologiche da quelle vascolari nei lavoratori esposti a vibrazioni mano-braccio. Per la componente neurologica della sindrome, sono stati proposti tre stadi sintomatologici (vedi Tabella 1 dell'Allegato V7), definiti sulla base dei dati anamnestici e dei risultati di test obiettivi in grado di esplorare l'integrità e la funzionalità dei termorecettori, nocicettori, meccanorecettori e loro afferenze alle dita delle mani.

In alcuni studi epidemiologici di tipo trasversale e caso-controllo è stato rilevato un aumentato rischio di neuropatie da intrappolamento, in particolare la sindrome del tunnel carpale (STC), in gruppi di lavoratori che utilizzano strumenti vibranti. La STC è anche comune in categorie di operatori le cui mansioni lavorative comportano un notevole impegno muscolo-tendineo e frequenti movimenti ripetitivi del segmento mano-polso. Il contributo indipendente dell'esposizione a vibrazioni e del sovraccarico meccanico, e la loro eventuale interazione, nella patogenesi della STC nei lavoratori che usano utensili vibranti non è ancora stato completamente chiarito dagli studi sperimentali ed epidemiologici. E' stato suggerito che i fattori di stress ergonomico giocano probabilmente un ruolo determinante nell'insorgenza e nella progressione della STC.

2.3.2 - L'osteoartrite da vibranti

Le possibili alterazioni osteoarticolari causate dalle vibrazioni manobraccio rappresentano un tema controverso. Vari autori ritengono che le lesioni cronico-degenerative dei segmenti ossei e delle articolazioni degli arti superiori osservate negli esposti a vibranti siano di tipo aspecifico e simili a quelle dovute al lavoro manuale pesante o ai processi di invecchiamento.

Le prime indagini radiologiche avevano riscontrato una elevata prevalenza di cisti e vacuoli nelle ossa carpali e metacarpali degli esposti a vibranti, ma successivi studi non hanno confermato un eccesso di rischio per tali lesioni rispetto a gruppi di controllo costituiti da lavoratori manuali.

Alcuni studi, tuttavia, hanno evidenziato un'aumentata prevalenza di artrosi dei polsi e di artrosi ed osteofitosi dei gomiti in minatori, cavitatori, lavoratori edili e operatori dell'industria metalmeccanica e metallurgica esposti a vibrazioni di bassa frequenza e elevata ampiezza generate da utensili a movimento percussorio e percussorio-rotatorio quali: martelli perforatori, martelli da sbancamento, scalpelli e rivettatrici ad alimentazione pneumatica.

Al contrario, non è stato rilevato un aumentato rischio per tali lesioni artrosiche nei lavoratori esposti a vibrazioni di media-alta frequenza prodotte da smerigliatrici o motoseghe. E' stato ipotizzato che, oltre allo stress vibratorio, vari altri fattori biomeccanici possano contribuire all'etiopatogenesi delle lesioni osteoarticolari negli esposti a utensili percussori, quali, ad esempio, il sovraccarico articolare, lo sforzo muscolare intenso e le posture incongrue.

2.3.3 - L'angiopatia da vibranti

I disturbi vascolari da vibrazioni mano-braccio sono rappresentati da episodi di vasospasmo digitale, classificati, sotto il profilo nosologico, come fenomeno di Raynaud secondario. Secondo la definizione dello Stockholm Workshop 86, il fenomeno di Raynaud secondario all'uso di utensili vibranti è caratterizzato da attacchi di pallore locale e ben delimitato, che si manifestano in corrispondenza delle dita delle mani maggiormente esposte al microtraumatismo vibratorio.

L'attacco ischemico digitale è di solito scatenato dall'esposizione a microclima freddo ed il ruolo etiopatogenetico delle vibrazioni sembra esplicarsi attraverso meccanismi centrali (iperreattività del sistema nervoso simpatico) o locali (disfunzione dello strato endoteliale, alterazioni dei recettori α -adrenergici, ipertrofia della tunica media muscolare delle arterie digitali).

La diagnosi differenziale con il fenomeno di Raynaud primitivo si basa soprattutto sulla distribuzione delle crisi ischemiche digitali e, sovente, sulla presenza di un'anamnesi familiare positiva per sindromi vasospastiche acrali. Il Raynaud primitivo, infatti, è caratterizzato da pallore diffuso, omogeneo e simmetrico nelle due mani; frequentemente anche le dita dei piedi possono essere coinvolte.

La classificazione clinica del fenomeno di Raynaud secondario a vibrazioni mano-braccio consiste di 4 stadi sintomatologici, di grado da lieve a molto severo in rapporto alla frequenza degli episodi vasospastici e al numero di dita e falangi colpite. Il quarto stadio è riservato ai rari casi di vasculopatia con associate alterazioni trofiche cutanee alle estremità delle dita.

Gli studi epidemiologici indicano che la prevalenza dell'angiopatia da vibranti è estremamente variabile, dallo 0-5% nei lavoratori che operano in aree geografiche a clima caldo all'80-100% in particolari gruppi occupazionali esposti ad elevati livelli di vibrazioni nei Paesi Nordici.

L'associazione tra fenomeno di Raynaud e attività lavorativa con utensili vibranti è stata ben documentata in studi epidemiologici di tipo sia trasversale sia longitudinale. Vi sono sufficienti

dati epidemiologici che indicano un significativo aumento dell'occorrenza di fenomeno di Raynaud con l'aumentare dell'intensità e della durata dell'esposizione a vibrazioni mano-braccio.

Studi di follow up hanno evidenziato che l'introduzione di misure preventive per migliorare il lavoro con utensili vibranti ha determinato una riduzione della prevalenza e dell'incidenza del fenomeno di Raynaud da vibrazioni mano-braccio in alcune categorie occupazionali, in particolare tra i lavoratori forestali.

Tali effetti positivi sono stati attribuiti all'uso di motoseghe dotate di dispositivi anti-vibranti e all'adozione di misure amministrative che hanno consentito una riduzione del tempo di esposizione ed un miglioramento della organizzazione del lavoro. I dati degli studi epidemiologici sembrano indicare che l'occorrenza del fenomeno di Raynaud da vibrazioni mano-braccio è diminuita nell'ultimo decennio, almeno in quei gruppi di lavoratori che hanno impiegato utensili vibranti di nuova generazione sin dall'inizio dell'attività lavorativa.

2.3.4 - Altre possibili patologie da vibranti

Recentemente è stata posta particolare attenzione all'occorrenza di disturbi a carico delle articolazioni, dei muscoli, dei tendini e dei tessuti molli del distretto cervico-brachiale e degli arti superiori nei lavoratori esposti a vibrazioni mano-braccio. Tali disturbi sono stati definiti nel loro insieme come Cumulative Trauma Disorders.

Sulla base dei sintomi e segni clinici (fatica muscolare, dolore persistente, limitazione funzionale) e dei reperti elettro-neuromiografici, sono stati individuati vari quadri patologici muscolo-scheletrici (sindrome cervicale, sindrome dell'apertura toracica, tendiniti, peritendiniti, tenosinoviti) e sindromi da intrappolamento dei tronchi nervosi, già precedentemente menzionate (sindrome del tunnel carpale, sindrome di Guyon).

E' stato ipotizzato che nella etiopatogenesi di tali affezioni giochino un ruolo rilevante non solo il microtraumatismo vibratorio ma anche, e soprattutto, numerosi fattori ergonomici quali posture incongrue, movimenti ripetitivi, elevata forza di prensione e di spinta sull'impugnatura degli utensili. Il NIOSH, nella sua revisione della letteratura epidemiologica, ha valutato, come dotata di una sufficiente evidenza, l'associazione tra sindrome del tunnel carpale e lavoro con utensili vibranti, mentre tale evidenza sembra insufficiente per le patologie del distretto cervico-brachiale. Infine, i risultati di alcuni studi epidemiologici sembrano indicare che l'esposizione occupazionale a vibrazioni mano-braccio può determinare un incremento del rischio di ipoacusia da trauma acustico cronico e l'insorgenza di disturbi a carico del sistema nervoso centrale.

Si tratta di un numero limitato di studi, alcuni dei quali viziati da distorsioni ed errori metodologici, per cui risulta estremamente difficile, se non impossibile, ipotizzare eventuali associazioni tra queste patologie e l'esposizione professionale a vibrazioni mano-braccio.

2.4 Valutazione del rischio: generalità

Per poter valutare correttamente il rischio da esposizione a vibrazioni è necessario:

- Identificare le fasi lavorative comportanti esposizione a vibrazioni e valutare i tempi di esposizione effettiva a vibrazioni associati a ciascuna fase;
- Individuare macchinari ed utensili utilizzati in ciascuna fase.

Al fine di pianificare le successive fasi valutative è in genere utile acquisire preliminarmente le seguenti informazioni:

- tipologia di macchinari vibranti e principali utensili ad essi collegati; applicazioni per cui ciascun utensile è utilizzato; modalità di impiego di ciascun utensile;
- condizioni operative ove siano percepite le vibrazioni di maggior entità da parte degli operatori;
- fattori che possono influenzare maggiormente l'esposizione a vibrazioni, quali condizioni operative, stato di manutenzione, forza di pressione, vetustà dell'utensile, etc.

Tali informazioni possono portare all'effettuazione di stime preliminari del potenziale rischio da vibrazioni associato all'impiego dei differenti macchinari utilizzati, qualora siano disponibili dati attendibili di certificazione o di letteratura.

2.5 - Definizioni e parametri

Le metodiche valutative del rischio da esposizione a vibrazioni definite dallo standard internazionale ISO 5349: 2001, attualmente in corso di revisione e proposto come standard europeo ENV 25349: 1994, e da numerosi altri criteri igienistici e standard nazionali, si basano sulla misura della seguente grandezza fisica:

$$a_w = \left[\frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt \right]^{1/2} \quad (m/s^2) \quad (1)$$

La (1) rappresenta il valore quadratico medio (r.m.s.) dell'accelerazione ponderata in frequenza, espresso in m/s^2 . Tale quantità va rilevata lungo ciascuna delle tre componenti assiali del vettore accelerazione. A tal fine lo standard ISO 5349 definisce il sistema di assi cartesiani riportato in **Figura 1**. La curva di ponderazione in frequenza W_h definita dallo standard è la stessa per ciascuno dei tre assi di misura dell'accelerazione ed è riportata in **Figura 2**, insieme al filtro di ponderazione "lineare" W_{lin} , definito dallo stesso standard. Da tali grafici appare che, in accordo con tale standard, l'intervallo di frequenze di interesse igienistico si estende da 8 Hz a 1000 Hz.

I criteri definiti dagli standard correnti ai fini della valutazione dell'esposizione a vibrazioni, si basano 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:

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

La (2) esprime in termini matematici il così detto “principio dell'egual energia”. Sulla base di tale principio, l'esposizione a vibrazioni manobraccio viene quantificata mediante la valutazione dell'accelerazione equivalente ponderata in frequenza riferita ad 8 ore di lavoro (4 ore per la vecchia ISO 5349: 1986), convenzionalmente denotata con il simbolo $A(8)$. L'accelerazione equivalente ponderata in frequenza riferita ad 8 ore di lavoro si calcola mediante la seguente formula:

$$A(8) = A_{(w)sum} \sqrt{\frac{T_e}{8}} \quad (m/s^2) \quad (3)$$

dove:

T_e : Durata complessiva giornaliera di esposizione a vibrazioni (ore)

$A_{(w)sum}$: $(a^2 wx + a^2 wy + a^2 wz)^{1/2}$

a_{wi} : Valore r.m.s. dell'accelerazione ponderata in frequenza (in m/s^2) lungo l'asse

$i = x, y, z$.

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

$$A(8) = \left[\frac{1}{8} \sum_{i=1}^N A_{(w)sum,i}^2 T_i \right]^{1/2} \quad (m/s^2) \quad (4)$$

dove:

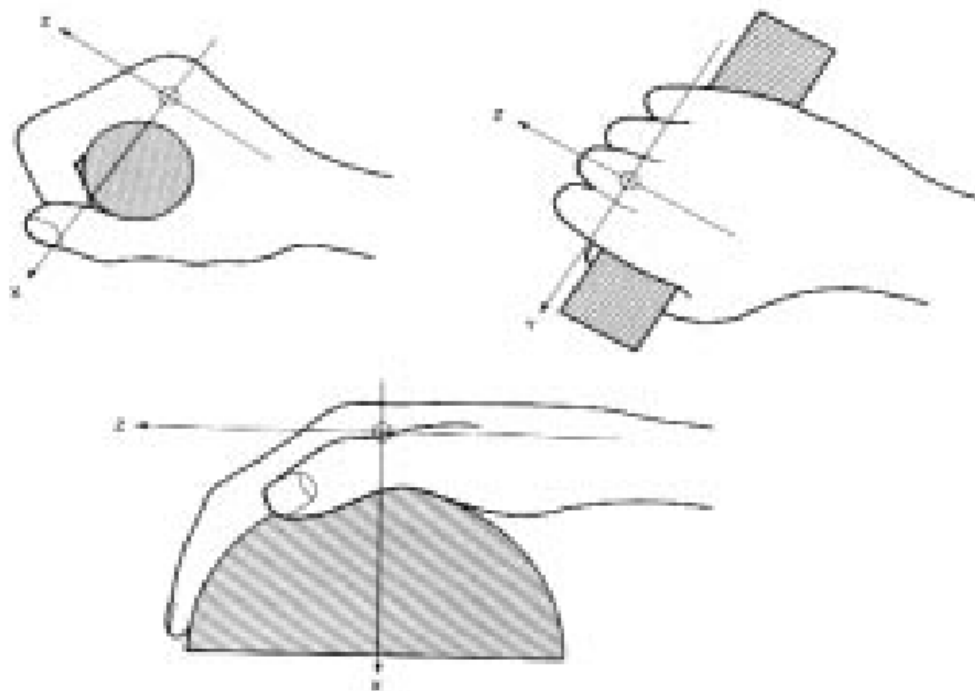
$A_{(w)sum,i}^2$: somma vettoriale dell'accelerazione ponderata in frequenza relativa all'operazione i-esima

T_i : Tempo di esposizione relativo alla operazione i-esima (ore)

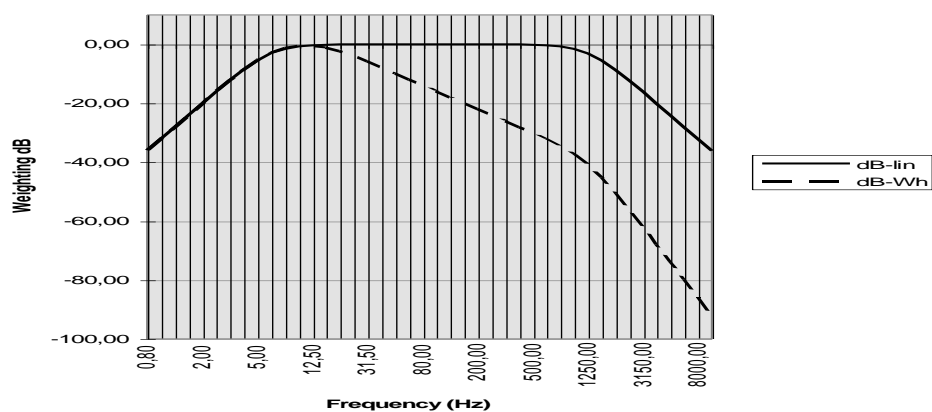
Va in proposito considerato che l'esposizione a vibrazioni veniva valutata nell'ambito del vecchio Standard ISO 5349: 1986 in termini del valore r.m.s. dell'accelerazione associato all'asse di maggior esposizione.

Per poter ancora utilizzare i dati di esposizione ottenuti secondo tale standard, alla luce dei nuovi criteri valutativi, è da tenere presente che $a_{(w)sum}$ può al massimo essere di un fattore $(3)^{1/2}$ maggiore del valore assunto da a_w lungo l'asse di maggior esposizione. Questo può essere il caso di alcuni utensili di tipo rotativo, ove le componenti assiali dell'accelerazione sono dello stesso ordine di grandezza della componente assiale dominante. Invece, nel caso di utensili di tipo percussorio, quali ad esempio martelli perforatori e demolitori non ammortizzati, $a_{(w)sum}$ supera generalmente il valore assunto da a_w lungo l'asse di percussione, di un fattore compreso tra 1.1 ed 1.3.

Definizione degli assi di misura (ISO 5349):



Definizione curve di ponderazione W_{lin} e W_h (ISO 5349):



3 - VIBRAZIONI TRASMESSE AL SISTEMA CORPO INTERO

E' noto che attività lavorative svolte a bordo di mezzi di trasporto o di movimentazione, quali ruspe, pale meccaniche, trattori, macchine agricole, autobus, carrelli elevatori, camion, imbarcazioni, ecc., espongono il corpo a vibrazioni o impatti, che possono risultare nocivi per i soggetti esposti.

Dai numerosi studi epidemiologici pubblicati in letteratura sugli effetti dell'esposizione del corpo intero a vibrazioni (Whole Body Vibration), appare che, per quanto sia stato documentato, alcuni disturbi si riscontrino con maggior frequenza tra lavoratori esposti a vibrazioni, piuttosto che tra soggetti non esposti, non è al momento possibile individuare patologie o danni prettamente associabili all'esposizione del corpo a vibrazioni.

Inoltre, lo stato attuale delle conoscenze sulla risposta del corpo umano all'esposizione a vibrazioni è ancora alquanto incompleto e lacunoso per poter consentire la formulazione di modelli biomeccanici idonei alla definizione di criteri di valutazione del rischio esaustivi. Ciò in quanto molteplici fattori di natura fisica, fisiologica e psicofisica, quali ad esempio: intensità, frequenza, direzione delle vibrazioni incidenti, costituzione corporea, postura, suscettibilità individuale, risultano rilevanti in relazione alla salute ed al benessere dei soggetti esposti. Inoltre, alcuni degli effetti possono riscontrarsi in concomitanza di altri, ed influenzarne l'insorgenza.

La nuova edizione dello standard ISO 2631-1: 1997, che definisce metodiche standardizzate di misura delle vibrazioni trasmesse al corpo e fornisce alcune linee guida ai fini della valutazione degli effetti sulla salute, dichiara in proposito che "non esistono dati sufficienti alla definizione di una relazione quantitativa tra esposizione a vibrazioni e rischio di effetti sulla salute.

Pertanto non è possibile valutare le vibrazioni trasmesse al corpo in termini di probabilità di rischio per esposizioni di differenti entità e durata". Nonostante tali carenze conoscitive, l'adozione di linee guida e criteri igienistici definiti dalle norme internazionali e dalle direttive comunitarie in materia di tutela dei lavoratori dall'esposizione a vibrazioni rappresenta un elemento importante ai fini della tutela della salute dei lavoratori e della riduzione del rischio da esposizione a vibrazioni trasmesse al corpo.

3.1 Effetti delle vibrazioni trasmesse al corpo intero

L'esposizione occupazionale ad elevati livelli di vibrazioni trasmesse a tutto il corpo da macchine e/o veicoli industriali, agricoli, di trasporto pubblico o militari è associata ad un aumentato rischio di insorgenza di disturbi e lesioni a carico del rachide lombare.

In alcuni studi è stato anche segnalato che l'esposizione a vibrazioni trasmesse al corpo intero può causare alterazioni del distretto cervico-brachiale, dell'apparato gastroenterico, del sistema venoso periferico, dell'apparato riproduttivo femminile, ed infine del sistema cocleovestibolare.

Indagini di tipo trasversale e longitudinale hanno fornito una sufficiente evidenza epidemiologica per una relazione causale tra esposizione professionale a vibrazioni trasmesse a tutto il corpo e patologia del rachide lombare, mentre l'associazione tra vibrazioni e lesioni ad altri organi o apparati non è stata ancora adeguatamente documentata.

E' stato stimato che una frazione tra il 4 e 7% della forza lavoro in USA, Canada e alcuni Paesi Europei è potenzialmente esposta a vibrazioni trasmesse a tutto il corpo di elevata intensità. L'esposizione a vibrazioni trasmesse a tutto il corpo può causare una diminuzione delle prestazioni lavorative nei conducenti di macchine e/o veicoli e modificazioni dello stato di comfort nei passeggeri. Vibrazioni a bassa frequenza (< 0.5 Hz) possono provocare disturbi chinetosici definiti nel loro insieme come "mal dei trasporti".

3.1.1 - Patologie del rachide lombare

I risultati degli studi epidemiologici attualmente disponibili depongono per una maggior occorrenza di lombalgie e lombosciatalgie, alterazioni degenerative della colonna vertebrale (spondiloartrosi, spondilosi, osteocondrosi intervertebrale), discopatie e ernie discali lombari e/o lombosacrali nei conducenti di veicoli industriali e di mezzi di trasporto rispetto a gruppi di controllo non esposti a vibrazioni meccaniche.

Vi è una sufficiente evidenza epidemiologica che il rischio di insorgenza di patologie del rachide lombare aumenta con l'aumentare della durata e dell'intensità dell'esposizione a vibrazioni trasmesse al corpo intero.

In un limitato numero di Stati membri dell'Unione Europea (Belgio, Francia, Germania, Olanda), alcune patologie del rachide, in particolare del tratto lombare, sono considerate di origine professionale in pre-senza di specifici requisiti relativi all'intensità e alla durata di esposizione alle vibrazioni, e come tali suscettibili di indennizzo.

Il ruolo delle vibrazioni nella etiopatogenesi delle alterazioni del rachide lombare non è ancora completamente chiarito poiché la guida di macchine o veicoli comporta non solo l'esposizione a vibrazioni potenzialmente dannose ma anche a fattori di stress ergonomico quali ad es. una prolungata postura assisa o frequenti movimenti di flessione e torsione del rachide. Inoltre, alcune categorie di autisti, come gli addetti a lavori di trasporto in vari settori commerciali, possono svolgere attività di sollevamento e spostamento di carichi manuali che rappresentano un'ulteriore fattore di stress per il tratto lombare del rachide. Alcune caratteristiche individuali (età, indice di massa corporea, abitudine al fumo di tabacco, aspetti costituzionali), fattori di natura psicosociale e pregressi traumatismi alla schiena sono anche riconosciuti come importanti variabili predittive della comparsa di disturbi al rachide, in particolare di lombalgie. Pertanto, i sintomi muscolo-scheletrici e le lesioni al rachide lombare negli autisti di macchine o veicoli rappresentano un complesso di alterazioni di origine multifattoriale nella cui etiopatogenesi intervengono fattori di natura sia

occupazionale sia extra-occupazionale. Ne deriva che risulta molto difficile separare il contributo delle vibrazioni da quello di altri fattori di rischio individuale ed ergonomico nell'insorgenza e/o aggravamento di turbe del rachide. Studi di biodinamica hanno tuttavia evidenziato i seguenti possibili meccanismi attraverso i quali le vibrazioni possono indurre lesioni all'apparato muscolo-scheletrico del rachide:

- sovraccarico meccanico dovuto a fenomeni di risonanza della colonna vertebrale nell'intervallo di frequenza delle vibrazioni tra 3 e 10 Hz, con conseguente danno strutturale a carico dei corpi vertebrali, dischi e articolazioni intervertebrali; eccessiva risposta contrattile dei muscoli paravertebrali causata da intenso stimolo vibratorio, con conseguenti fenomeni di strain e affaticamento muscolare.

3.1.2 - Disturbi cervico-brachiali

L'esposizione a vibrazioni con frequenze sovrapponibili alla frequenza di risonanza del corpo umano può amplificare la risposta muscolare della regione collo-spalla. Alcuni studi epidemiologici hanno evidenziato un'aumentata occorrenza di disturbi cervico-brachiali nei conducenti di automezzi.

Diversi fattori ergonomici sono sospettati di essere all'origine di questi disturbi, quali i movimenti di rotazione e torsione del capo, i movimenti ripetitivi del sistema mano-braccio-spalla per azionare i comandi dei veicoli, e l'esposizione a vibrazioni meccaniche. Tuttavia i pochi studi epidemiologici sinora condotti hanno dimostrato una debole associazione tra esposizione a vibrazioni e disturbi cervico-brachiali.

3.1.3 - Disturbi digestivi

Ricerche sperimentali hanno dimostrato che l'esposizione acuta a vibrazioni meccaniche può indurre un aumento dell'attività gastro-intestinale.

Alcuni studi epidemiologici hanno riportato un'aumentata prevalenza di disturbi gastro-intestinali, gastrite e ulcera peptica in conducenti di veicoli.

L'associazione tra l'esposizione a vibrazioni meccaniche e disturbi dispeptici è risultata, tuttavia, debole. Inoltre, alcuni di questi studi non presentavano un adeguato controllo di possibili, importanti, fattori di confondimento (ad es. fumo di tabacco, assunzione di bevande alcoliche, abitudini alimentari, turni lavorativi, stress). Pertanto, il problema se l'esposizione a vibrazioni possa determinare disturbi digestivi rimane ancora aperto; è tuttavia probabile che i disturbi digestivi rappresentino un effetto minore dell'esposizione a vibrazioni trasmesse al corpo intero.

3.1.4 - Effetti sull'apparato riproduttivo

E' possibile che l'esposizione a vibrazioni meccaniche possa causare alcuni effetti nocivi sull'apparato riproduttivo femminile. Disturbi del ciclo mestruale, processi infiammatori e anomalie

del parto sono stati riportati in donne esposte a vibrazioni con frequenze tra 40 e 55 Hz. In un studio epidemiologico di popolazione su aborto spontaneo e mortalità prenatale senza malformazioni congenite, quest'ultimo evento presentava un'incidenza maggiore di quella attesa in donne lavoratrici esposte a vibrazioni nel settore dei trasporti. Ulteriori ricerche sono necessarie per confermare tali dati.

3.1.5 - Disturbi circolatori

Nella letteratura scientifica viene suggerita un'associazione tra esposizione a vibrazioni e rischio di insorgenza di emorroidi e varici venose degli arti inferiori.

Nell'ambito di tale possibile associazione, l'esposizione a vibrazioni potrebbe agire come fattore concorrente in combinazione con la prolungata postura assisa tipica dei conducenti di automezzi e veicoli. Una elevata pressione intra-addominale sembra anche avere un ruolo nel meccanismo patogenetico di tali affezioni. Si tratta comunque di un'evidenza piuttosto debole.

3.1.6 - Effetti cocleo-vestibolari

Una prolungata esposizione a vibrazioni meccaniche sembra poter aggravare l'ipoacusia provocata dal rumore. L'esposizione combinata a vibrazioni e rumore sembra causare uno spostamento temporaneo della soglia uditiva alle alte frequenze (6-10 kHz) maggiore di quello provocato dall'esposizione al solo rumore.

Il meccanismo patogenetico di tale effetto sinergico sull'organo dell'udito non è stato ancora chiarito. Una iporeflettività vestibolare ed una più elevata prevalenza di turbe vestibolari sono state descritte in lavoratori esposti a vibrazioni trasmesse al corpo intero, ma il significato di un'associazione tra vibrazioni e disturbi vestibolari è dubbio.

3.2 - Valutazione del rischio: generalità

In generale vanno considerati esposti a vibrazioni trasmesse al corpo tutti quei lavoratori che prestino la loro abituale attività alla guida o comunque a bordo dei seguenti automezzi:

- trattori e altre macchine agricole e forestali
- camion industriali: carrelli elevatori, autogru, ruspe, benne etc.
- veicoli e macchinari da escavazione nei comparti estrattivi e delle costruzioni
- treni, autobus, e sistemi di trasporto su strada o rotaia.

Per poter valutare correttamente il rischio da esposizione a vibrazioni trasmesse al corpo intero è necessario :

1. identificare le fasi lavorative comportanti l'esposizione a vibrazioni e valutare i tempi di esposizione effettiva a vibrazioni associati a ciascuna fase;
2. individuare macchinari ed utensili utilizzati in ciascuna fase.

Al fine di pianificare le successive fasi valutative è in genere utile acquisire preliminarmente le seguenti informazioni:

- tipologia di macchinari che espongono a vibrazioni e principali utensili/accessori ad essi collegati; applicazioni per cui ciascun macchinario è utilizzato e relative modalità di impiego;
- condizioni operative ove siano percepite le vibrazioni di maggior entità da parte degli operatori;
- fattori che possono influenzare maggiormente l'esposizione a vibrazioni ed incrementarne i potenziali effetti dannosi, quali velocità di avanzamento, tipologia di terreno, stato di manutenzione, tipologia di sedile, vetustà del macchinario, posture assunte dal guidatore durante la guida, ulteriori fattori di rischio per la colonna vertebrale cui è esposto il lavoratore (es. movimentazione manuale di carichi).

3.3 - Definizioni e parametri

Le metodiche valutative del rischio da esposizione a vibrazioni, definite nell'ambito della norma ISO 2631-1: 1997, si basano sulla misura della seguente grandezza:

$$a_w = \left[\frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt \right]^{1/2} \quad (m/s^2) \quad (1)$$

La (1) rappresenta il valore quadratico medio (r.m.s.) dell'accelerazione ponderata in frequenza, espresso in m/s^2 . Tale quantità va rilevata lungo ciascuna delle tre componenti assiali del vettore accelerazione. A tal fine lo standard ISO 2631-1 definisce il sistema di assi cartesiani, riportato in Figura 3, e specifici filtri di ponderazione in frequenza, definiti per ciascuno dei tre assi di misura x, y, z, e per ciascuna delle differenti posture del corpo esposto a vibrazioni: eretta, seduta, supina.

L'intervallo di frequenze di interesse igienistico, per i possibili effetti sul comfort e sulla salute, si estende da 1 Hz a 80 Hz. In Tabella 5 è riportato uno schema dei differenti filtri di ponderazione definiti dallo standard e del loro campo di impiego.

Da quanto riportato in Tabella 5 si evince che i filtri di ponderazione W_k , W_d e W_c sono gli unici di interesse ai fini della valutazione del rischio per la salute dei soggetti esposti; in particolare lo standard prende in considerazione, tra gli effetti sulla salute, unicamente le patologie a carico della colonna vertebrale.

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

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

ove k_x e k_y assumono 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.

Va rilevato in proposito che la (2) è da applicarsi ai fini della valutazione del disagio prodotto da vibrazioni; per quanto concerne la valutazione degli effetti sulla salute è da considerarsi unicamente l'esposizione lungo la componente assiale dominante, moltiplicata per l'appropriato fattore correttivo k_i , come verrà illustrato in dettaglio al successivo paragrafo.

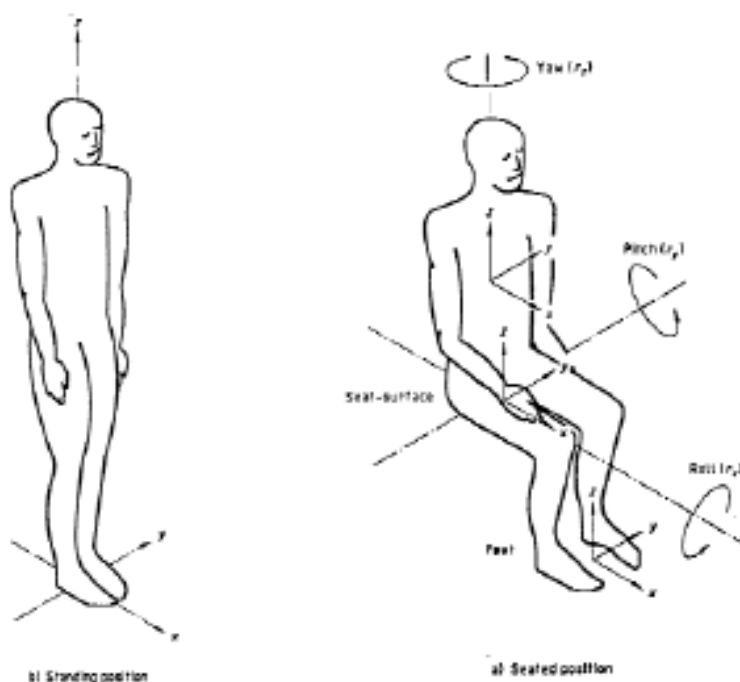


Figura 3 - Definizione degli assi di riferimento ai fini della misura dell'esposizione

Tabella - Guida all'applicazione delle curve di ponderazione

Ponderazione	Salute	Comfort	Percezione	Mal di trasporti
W_k	asse sedile z,	asse z, sedile asse z, in piedi x,y,z piedi (pos. seduta) z pos. supina	asse z, sedile asse z, in piedi z posiz supina	-
W_d	assi sedile x,y	assi x,y sedile assi x,y in piedi y,z schienale x,y pos. supina	assi x,y, sedile assi x,y, in piedi x,y posiz supina	
W_f				verticale
W_c	x, schienale	x, schienale	x, schienale	-
W_e	-	r_x, r_y, r_z sedile	r_x, r_y, r_z sedile	-

W _j	-	pos. supina z (testa)	pos. supina z (testa)	-
----------------	---	-----------------------	-----------------------	---

Il criterio definito dallo standard ai fini della valutazione dell'esposizione 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:

$$a_{w1} T_1^{1/2} = a_{w2} T_2^{1/2} \quad (3)$$

La (2) esprime in termini matematici il così detto "principio dell'egual energia". Sulla base di tale principio, l'esposizione a vibrazioni al corpo intero si può quantificare, analogamente all'esposizione a vibrazioni mano-braccio, mediante l'accelerazione equivalente ponderata in frequenza riferita ad 8 ore di lavoro, convenzionalmente denotata con il simbolo $A(8)$.

L'accelerazione equivalente ponderata in frequenza riferita ad 8 ore di lavoro si calcola mediante la seguente formula:

$$A(8) = a_v \sqrt{\frac{T_e}{8}} \quad (m/s^2) \quad (4)$$

dove:

T_e : Durata complessiva giornaliera di esposizione a vibrazioni (ore)

a_v : Valore dell'accelerazione complessiva definito dalla (2)

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, l'esposizione quotidiana a vibrazioni $A(8)$, in m/s^2 , sarà ottenuta mediante l'espressione:

$$A(8) = \left[\frac{1}{8} \sum_{i=1}^N a_{vi}^2 T_i \right]^{1/2} \quad (m/s^2) \quad (5)$$

dove:

a_{vi}^2 : somma vettoriale dell'accelerazione ponderata in frequenza relativa all'operazione i-esima

T_i : Tempo di esposizione relativo alla operazione i-esima (ore)

Nel caso di vibrazioni impulsive e di transienti vibratorii, lo standard definisce una metodica valutativa addizionale, in quanto si ritiene che la metodica primaria, basata sulla valutazione delle quantità definite in (1) e (2), potrebbe portare a sottostimare l'esposizione, in relazione agli effetti sulla salute e sul comfort.

Il criterio definito dallo standard ai fini della valutazione dell'esposizione a vibrazioni impulsive, 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:

$$a_{w1} T_1^{1/4} = a_{w2} T_2^{1/4} \quad (6)$$

4 – RIFERIMENTI NORMATIVI

I principali riferimenti normativi, a livello nazionale e internazionale, riguardanti la prevenzione del rischio vibrazioni sono:

- **Decreto Presidente della Repubblica n. 81 del 9/04/2008**, "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. 30 aprile 2008, n. 101 - S.O. n. 108)
- **Norma ISO 8041 (1990)** "Human response to vibration – Measuring instrumentation".
- **Norma ISO 5349 (2004)** "Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration - Part 1: General guidelines and Part 2: Practical guidance for measurement in the workplace".
- **Norma UNI EN 28662-1 (1993)** "Macchine utensili portatili – Misura delle vibrazioni sull'impugnatura. Generalità".
- **Norma UNI EN 28662-2 (1997)** "Macchine utensili portatili – Misura delle vibrazioni sull'impugnatura. Martelli sbavatori e rivettatori".
- **Norma UNI EN 28662-3 (1997)** "Macchine utensili portatili – Misura delle vibrazioni sull'impugnatura. Martelli perforatori e rotativi".
- **Norma UNI EN ISO 8662-4 (1997)** "Macchine utensili portatili – Misura delle vibrazioni sull'impugnatura. Smerigliatrici".
- **Norma UNI EN 28662-5 (1997)** "Macchine utensili portatili – Misura delle vibrazioni sull'impugnatura. Martelli demolitori e picconatori".
- **Norma UNI EN ISO 8662-6 (1997)** "Macchine utensili portatili – Misura delle vibrazioni sull'impugnatura. Trapani a percussione".
- **Norma EN ISO 8662-7 (1997)** "Hand-held power tools. Measurement of vibration at the handle. Part 7: Wrenches, screwdrivers and nut runners with impact, impulse or ratched action".
- **Norma UNI EN ISO 8662-8 (1997)** "Macchine utensili portatili – Misura delle vibrazioni sull'impugnatura. Lucidatrici e levigatrici rotative, orbitali e rotorbitali".
- **Norma UNI EN ISO 8662-9 (1998)** "Macchine utensili portatili – Misura delle vibrazioni sull'impugnatura. Pestelli".

- **Norma UNI EN ISO 8662-12** (1997) "Macchine utensili portatili – Misura delle vibrazioni sull'impugnatura. Seghetti e limatrici alternativi e seghetti rotativi od oscillanti".
- **Norma EN ISO 8662-13** (1997) "Hand-held power tools. Measurement of vibration at the handle. Part 13: Die grinders".
- **Norma UNI EN ISO 8662-14** (1998) "Macchine utensili portatili – Misura delle vibrazioni sull'impugnatura. Macchine portatili per la lavorazione delle pietre e scrostatori ad aghi".
- **Norma UNI EN ISO 10819** (1998) "Vibrazioni al sistema mano-braccio. Metodo per la misurazione e la valutazione della trasmissibilità delle vibrazioni dai guanti al palmo della mano".
- **Norma UNI ENV 25349** (1994) "Vibrazioni meccaniche - Linee guida per la misurazione e la valutazione dell'esposizione a vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio".
- **Norma UNI ENV 28401** "Risposta degli individui alle vibrazioni. Strumenti di misurazione".
- **Norma UNI ISO 7505** (1989) "Macchine forestali – Motoseghe a catena portatili. Misura delle vibrazioni trasmesse alle mani".
- **Norma UNI ISO 7916** (1994) "Macchine forestali – Decespugliatori portatili. Misura delle vibrazioni trasmesse alle mani".
- **Norma UNI EN 12096** "Vibrazioni meccaniche – Dichiarazione e verifica dei valori di emissione vibratoria".

5 – DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALE

I dispositivi di protezione individuale devono essere conformi alle norme di cui al [decreto legislativo 4 dicembre 1992, n. 475](#), e sue successive modificazioni.

Esistono attualmente in commercio guanti cosiddetti "antivibranti", certificati secondo la norma europea armonizzata EN ISO 10819: 1996, che è di supporto ai requisiti essenziali di sicurezza e salute previsti dalla Direttiva UE 89/686/CEE "Apparecchiature per la protezione della persona". Infatti, oltre ai benefici in termini di protezione delle mani dai rischi meccanici (abrasioni, tagli), dalle temperature estreme, dai rischi chimici e dall'umidità, i guanti possono ridurre la trasmissione delle vibrazioni alle mani e quindi assumere il ruolo di dispositivi di protezione individuale (DPI) in relazione al rischio vibrazioni.

Ciò ha costituito uno stimolo per le aziende produttrici di guanti, le quali negli ultimi anni hanno iniziato a produrre dei modelli rivestiti internamente con materiali dotati di proprietà di assorbimento dell'energia meccanica nell'intervallo di frequenze di interesse igienistico (6.3 □□1600 Hz).

La norma armonizzata EN ISO 10819:1996 (tratta dall'omonimo standard ISO 10819:1996), prescrive un metodo di laboratorio per la misura delle proprietà dinamiche dei guanti e ne fissa i requisiti prestazionali nella gamma di frequenza tra 31,5 e 1250 Hz.

Vengono definiti due differenti spettri di vibrazione, sia matematicamente che in termini di bande di terzi d'ottava: lo spettro M (medie frequenze), che si estende fra 16 e 400 Hz; lo spettro H (alte frequenze), che si estende fra 100 e 1600 Hz.

Questi due spettri di vibrazione devono essere riprodotti su una speciale maniglia, dotata di sensori per la rilevazione della forza di spinta e di prensione, montata su uno shaker (tavola vibrante elettrodinamica) orientato orizzontalmente.

Il soggetto impugna la maniglia, osservando una determinata configurazione del corpo e del sistema mano-braccio, a mano nuda e a mano guantata e mantenendo sempre una determinata forza di spinta e di prensione sulla maniglia durante le prove.

Per entrambi gli spettri (M e H), la cosiddetta trasmissibilità del guanto si determina misurando l'accelerazione equivalente ponderata in frequenza sulla manopola a mano nuda e su un adattatore tenuto nel palmo della mano dentro il guanto.

La trasmissibilità è data sostanzialmente dal rapporto tra l'accelerazione ponderata misurata sull'adattatore a mano guantata e l'accelerazione ponderata misurata sulla manopola a mano nuda, per ognuno dei due spettri.

I valori di trasmissibilità da riportare nel rapporto di prova, chiamati trasmissibilità media corretta, sono dati dalla media di sei misure ottenute da due ripetute effettuate su tre soggetti adulti con dimensioni delle mani nel range tra 7 e 9 come definite nella norma europea EN 420: 1994.

La norma EN ISO 10819 afferma:

- Un guanto non va considerato 'guanto antivibrazione' secondo la presente norma se non rispetta entrambi i seguenti criteri:
- Va considerato in proposito che il soddisfacimento di detti criteri non implica che l'uso di tale guanto elimina il rischio di esposizione alle vibrazioni.
- Inoltre, un guanto va considerato "guanto antivibrazione" secondo la stessa norma soltanto se le dita del guanto hanno le stesse proprietà (materiali e spessore) della parte di guanto che copre il palmo della mano".

6 – STRATEGIE GENERALI DI INDAGINE

Scopo dell'indagine ambientale è la misura dei livelli di vibrazioni prodotte nelle diverse situazioni lavorative al fine di valutare l'entità dell'esposizione del personale al rischio specifico con il superamento dei limiti imposti dalla normativa vigente.

Il primo obiettivo si raggiunge con misurazioni ambientali effettuate secondo le indicazioni tecniche delle norme UNI di riferimento, avendo cura di moltiplicare i punti di misura in corrispondenza delle postazioni di maggiore interesse.

Generalmente, se non diversamente specificato in nota, le rilevazioni vengono effettuate durante il regolare funzionamento degli impianti e delle fonti di vibrazione che influenzano la postazione di misura in maniera significativa

7 – RILEVAZIONI ACCELEROMETRICHE

Per le misurazioni sono state utilizzate le schede dell'ISPESL.

AUTISTI – VIBRAZIONI TRASMESSE AL CORPO INTERO

Tempi di esposizione non superiori alle 6 ore giornaliere

AUTOCARRO	a(w)max	Ti (ore)	A (8)
SPAZZATRICE AJ054	0.280 m/s²	6	< 0,5 m/s²
SPAZZATRICE AJV261	0.280 m/s²	6	< 0,5 m/s²
SPAZZATRICE AKG822	0.280 m/s²	6	< 0,5 m/s²
COSTIPATORE DD537WF	0.369 m/s²	6	< 0,5 m/s²
COSTIPATORE EP435EH	0.369 m/s²	6	< 0,5 m/s²
COSTIPATORE FG700MD	0.369 m/s²	6	< 0,5 m/s²
COSTIPATORE FG701MD	0.369 m/s²	6	< 0,5 m/s²
COSTIPATORE ZA291WN	0.369 m/s²	6	< 0,5 m/s²
DAILY TIPO DR524FL	0.314 m/s²	6	< 0,5 m/s²
FIAT DUCATO FA055GM	0.314 m/s²	6	< 0,5 m/s²
LIFT-CAR FE763MP	0.315 m/s²	6	< 0,5 m/s²
COMPATTATORE POSTERIORE DV830ZN	0.322 m/s²	6	< 0,5 m/s²
COMPATTATORE POSTERIORE EK404SD	0.322 m/s²	6	< 0,5 m/s²
COMPATTATORE POSTERIORE EZ910SB	0.322 m/s²	6	< 0,5 m/s²
COMPATTATORE POSTERIORE EZ927SB	0.322 m/s²	6	< 0,5 m/s²
COMPATTATORE POSTERIORE FF919JZ	0.322 m/s²	6	< 0,5 m/s²
PORTER TIPO VASCA FD552KZ	0.290 m/s²	6	< 0,5 m/s²
PORTER TIPO VASCA FD576KZ	0.290 m/s²	6	< 0,5 m/s²
AUTOVETTURA EM145YZ	0.310 m/s²	6	< 0,5 m/s²
AUTOVETTURA	0.310	6	< 0,5

EZ899ZS	m/s²		m/s²
VASCA EM374VW	0.305 m/s²	6	< 0,5 m/s²
MINI COSTIPATORE EN869GC	0.287 m/s²	6	< 0,5 m/s²
MINI COSTIPATORE EN870GC	0.287 m/s²	6	< 0,5 m/s²
MINI COSTIPATORE FC854DR	0.287 m/s²	6	< 0,5 m/s²
MINI COSTIPATORE FC855DR	0.287 m/s²	6	< 0,5 m/s²
MINI COSTIPATORE FC856DR	0.287 m/s²	6	< 0,5 m/s²
MINI COSTIPATORE FC857DR	0.287 m/s²	6	< 0,5 m/s²
MINI COSTIPATORE FG693MD	0.287 m/s²	6	< 0,5 m/s²
MINI COSTIPATORE FG694MD	0.287 m/s²	6	< 0,5 m/s²
MINI COSTIPATORE FG766XD	0.287 m/s²	6	< 0,5 m/s²
MINI COSTIPATORE FG824XD	0.287 m/s²	6	< 0,5 m/s²
MINI COSTIPATORE FG825XD	0.287 m/s²	6	< 0,5 m/s²
MINI COSTIPATORE FG826XD	0.287 m/s²	6	< 0,5 m/s²
MINI COSTIPATORE FG827XD	0.287 m/s²	6	< 0,5 m/s²
MINI COSTIPATORE ZA224WN	0.287 m/s²	6	< 0,5 m/s²
MINI COSTIPATORE ZA230WN	0.287 m/s²	6	< 0,5 m/s²
MINI COSTIPATORE ZA297WN	0.287 m/s²	6	< 0,5 m/s²

**GLI AUTISTI ALLA GUIDA CON CIASCUNO DEGLI MEZZI ESAMINATI
SONO ESPOSTI AD UN LIVELLO < 0.5 - INFERIORE AL VALORE DI AZIONE**

ADDETTI ALLA MANUTENZIONE DEL VERDE – GIORNATA TIPO 1

TIPOLOGIA ESPOSITIVA: "MANO BRACCIO"					
DECESPUGLIATORE SHIDAIWA					
a_{hvx}	a_{hvy}	a_{hvx}	a(w)max	Ti (min)	a (8) i
1.5	3.2	2.8	4.1	30	1.03
m/s ²	m/s ²	m/s ²	m/s ²		m/s ²
TRINCIA ERBA					
a_{hvx}	a_{hvy}	a_{hvx}	a(w)max	Ti (min)	a (8) i
0.2	2.1	1.3	2.7	30	0.68
m/s ²	m/s ²	m/s ²	m/s ²		m/s ²
SOFFIONE OLEO					
a_{hvx}	a_{hvy}	a_{hvx}	a(w)max	Ti (min)	a (8) i
3.3	2.7	3	6.4	30	1.6
m/s ²	m/s ²	m/s ²	m/s ²		m/s ²

A(8) = 2.10 M/SEC²
valore inferiore al livello di azione < 2,5

ADDETTI ALLA MANUTENZIONE DEL VERDE – GIORNATA TIPO 2

TIPOLOGIA ESPOSITIVA: "MANO BRACCIO"					
MODULO PER DISERBO					
a_{hvx}	a_{hvy}	a_{hvez}	a(w)max	Ti (min)	a (8) i
1.5	3.2	2.8	3.1	30	0.78
m/s ²	m/s ²	m/s ²	m/s ²		m/s ²
SOFFIONE ELETTRICO					
a_{hvx}	a_{hvy}	a_{hvez}	a(w)max	Ti (min)	a (8) i
0.2	2.1	0.3	1.7	30	0.43
m/s ²	m/s ²	m/s ²	m/s ²		m/s ²

A(8) = 0.90 M/SEC²
valore inferiore al livello di azione < 2,5

ADDETTI ALLA MANUTENZIONE DEI MEZZI

TIPOLOGIA ESPOSITIVA: "MANO BRACCIO"					
SMERIGLIATRICE					
a_{hvx}	a_{hvy}	a_{hvx}	a(w)max	Ti (min)	a (8) i
3.1	2.2	2.8	4.8	30	1.2
m/s ²	m/s ²	m/s ²	m/s ²		m/s ²
TRAPANO					
a_{hvx}	a_{hvy}	a_{hvx}	a(w)max	Ti (min)	a (8) i
4.6	2.3	1	5.2	30	1.3
m/s ²	m/s ²	m/s ²	m/s ²		m/s ²
PISTOLA PNEUMATICA					
a_{hvx}	a_{hvy}	a_{hvx}	a(w)max	Ti (min)	a (8) i
3.3	2.7	3	3.4	30	0.85
m/s ²	m/s ²	m/s ²	m/s ²		m/s ²

A(8) = 2.00 M/SEC²
valore inferiore al livello di azione < 2,5

8 - COSA FARE A SEGUITO DELLA VALUTAZIONE

Il D.Lgs. 81/2008 all' Art 203 "Misure di prevenzione e protezione", prescrive che, qualora siano superati i livelli di azione (mano braccio: $A(8) = 2,5 \text{ m/s}^2$; corpo intero: $0,5 \text{ m/s}^2$) il datore di lavoro elabori ed applichi un piano di lavoro volto a ridurre al minimo l'esposizione a vibrazioni, considerando in particolare:

- a) altri metodi di lavoro che richiedono una minore esposizione a vibrazioni meccaniche;
- b) la scelta di attrezzature di lavoro adeguate concepite nel rispetto dei principi ergonomici e che producono, tenuto conto del lavoro da svolgere, il minor livello possibile di vibrazioni;
- c) la fornitura di attrezzature accessorie per ridurre i rischi di lesioni provocate dalle vibrazioni, quali sedili che attenuano efficacemente le vibrazioni trasmesse al corpo intero e maniglie o guanti che attenuano la vibrazione trasmessa al sistema mano-braccio;
- d) adeguati programmi di manutenzione delle attrezzature di lavoro, del luogo di lavoro, dei sistemi sul luogo di lavoro e dei DPI;
- e) la progettazione e l'organizzazione dei luoghi e dei posti di lavoro;
- f) l'adeguata informazione e formazione dei lavoratori sull'uso corretto e sicuro delle attrezzature di lavoro e dei DPI, in modo da ridurre al minimo la loro esposizione a vibrazioni meccaniche;
- g) la limitazione della durata e dell'intensità dell'esposizione;
- h) l'organizzazione di orari di lavoro appropriati, con adeguati periodi di riposo;
- i) la fornitura, ai lavoratori esposti, di indumenti per la protezione dal freddo e dall'umidità.

Se, nonostante le misure adottate, il valore limite di esposizione è stato superato, il datore di lavoro prende misure immediate per riportare l'esposizione al di sotto di tale valore, individua le cause del superamento e adatta, di conseguenza, le misure di prevenzione e protezione per evitare un nuovo superamento.

L'adozione, in caso di superamento dei valori limite, di "misure immediate per riportare l'esposizione al di sotto del valore limite di esposizione" .

Tale aspetto è particolarmente rilevante, soprattutto in considerazione del fatto che, sia nel caso dell'esposizione del sistema mano-braccio che nel caso dell'esposizione a vibrazioni del corpo intero, non esistono DPI anti-vibrazioni in grado di proteggere i lavoratori adeguatamente e riportare i livelli di esposizione al di sotto dei valori limite fissati dal Decreto, come ad esempio, nel caso dei protettori auricolari in relazione al rischio rumore. In molti casi la riduzione del rischio alla fonte è l'unica misura da adottare al fine di riportare l'esposizione a valori inferiori ai limiti prescritti dal Decreto.

E' importante tenere presente che, anche se in taluni casi i dati dichiarati dai costruttori ai sensi della Direttiva Macchine non consentono una stima attendibile dei valori effettivamente

riscontrabili in campo, ciononostante essi consentono comunque di individuare, per ciascuna tipologia di macchinario, i modelli a basso livello di vibrazioni.

E' verosimile ritenere che il continuo aggiornamento cui sono sottoposti gli standard internazionali consentirà in futuro di poter disporre di dati di certificazione maggiormente rispondenti alle vibrazioni emesse nelle reali condizioni di impiego dei macchinari.

L'art. 184 del D.Lgs. 81/08 prevede inoltre specifici obblighi di informazione e formazione per i lavoratori esposti a rischio vibrazioni e per i loro rappresentanti, in relazione a:

- a) alle misure adottate in applicazione del presente titolo;
- b) all'entità e al significato dei valori limite di esposizione e dei valori di azione definiti nei Capi II, III, IV e V, nonché ai potenziali rischi associati;
- c) ai risultati della valutazione, misurazione o calcolo dei livelli di esposizione ai singoli agenti fisici;
- d) alle modalità per individuare e segnalare gli effetti negativi dell'esposizione per la salute;
- e) alle circostanze nelle quali i lavoratori hanno diritto a una sorveglianza sanitaria e agli obiettivi della stessa;
- f) alle procedure di lavoro sicure per ridurre al minimo i rischi derivanti dall'esposizione;
- g) all'uso corretto di adeguati dispositivi di protezione individuale e alle relative indicazioni e controindicazioni sanitarie all'uso.

9 - SORVEGLIANZA SANITARIA SECONDO art 204 D.Lgs. 81/08

I lavoratori esposti a livelli di vibrazioni superiori ai valori d'azione sono sottoposti alla sorveglianza sanitaria. La sorveglianza viene effettuata periodicamente, di norma una volta l'anno o con periodicità diversa decisa dal medico competente con adeguata motivazione riportata nel documento di valutazione dei rischi e resa nota ai rappresentanti per la sicurezza dei lavoratori in funzione della valutazione del rischio. L'organo di vigilanza, con provvedimento motivato, può disporre contenuti e periodicità della sorveglianza diversi rispetto a quelli forniti dal medico competente.

I lavoratori esposti a vibrazioni sono altresì sottoposti alla sorveglianza sanitaria quando, secondo il medico competente, si verificano una o più delle seguenti condizioni: l'esposizione dei lavoratori alle vibrazioni è tale da rendere possibile l'individuazione di un nesso tra l'esposizione in questione e una malattia identificabile o ad effetti nocivi per la salute ed è probabile che la malattia o gli effetti sopraggiungano nelle particolari condizioni di lavoro del lavoratore ed esistono tecniche sperimentate che consentono di individuare la malattia o gli effetti nocivi per la salute.

9.1 - Cartelle sanitarie e di rischio art 186 D.Lgs 81/08

Il medico competente, per ciascuno dei lavoratori, provvede ad istituire e aggiornare una cartella sanitaria e di rischio, secondo quanto previsto dall'articolo 25, comma 1, lettera c).

Nella cartella sono, tra l'altro, riportati i valori di esposizione individuali comunicati dal datore di lavoro per il tramite del servizio di prevenzione e protezione.

10 - CONCLUSIONI

La valutazione del livello di esposizione ha permesso di stabilire i livelli di esposizione personale alle vibrazioni meccaniche del personale della VOLSCA AMBIENTE e SERVIZI S.p.A. – Dipartimento di Velletri (RM), con l'utilizzo dei mezzi per le attività contemplate nella raccolta differenziata, delle attrezzature per le attività relative alla manutenzione del verde e le attrezzature utilizzate in officina per la manutenzione dei mezzi.

Sono stati considerati tempi di esposizione medi, allo scopo di definire una esposizione quotidiana tipo, che raccolga le operazioni lavorative eseguite con cadenze diverse dalla giornaliera.

In relazione ai livelli riscontrati di esposizione personale a vibrazioni meccaniche del tipo “corpo intero”, i lavoratori, presentano livelli di esposizione giornaliera inferiore ai valori d'azione **(A(8) < a 0.5 m/s²)** e non sono state riscontrate esposizioni su brevi periodi pari o superiori a 1.5 m/sec².

In relazione ai livelli riscontrati di esposizione personale a vibrazioni meccaniche del tipo “mano-braccio”, i lavoratori presentano livelli di esposizione giornaliera inferiori ai valori d'azione **(A(8) < a 2.5 m/s²)** e non sono state riscontrate esposizioni su brevi periodi pari o superiori a 20 m/sec².

Considerati i risultati anzidetti e le caratteristiche del ciclo lavorativo, si consiglia di ripetere la valutazione con cadenza almeno quadriennale, ovvero ogni qual volta si verifichino mutamenti che potrebbero renderla obsoleta, ovvero, quando i risultati della sorveglianza sanitaria rendano necessaria la sua revisione.