

Le vibrazioni durante le attività di lavoro

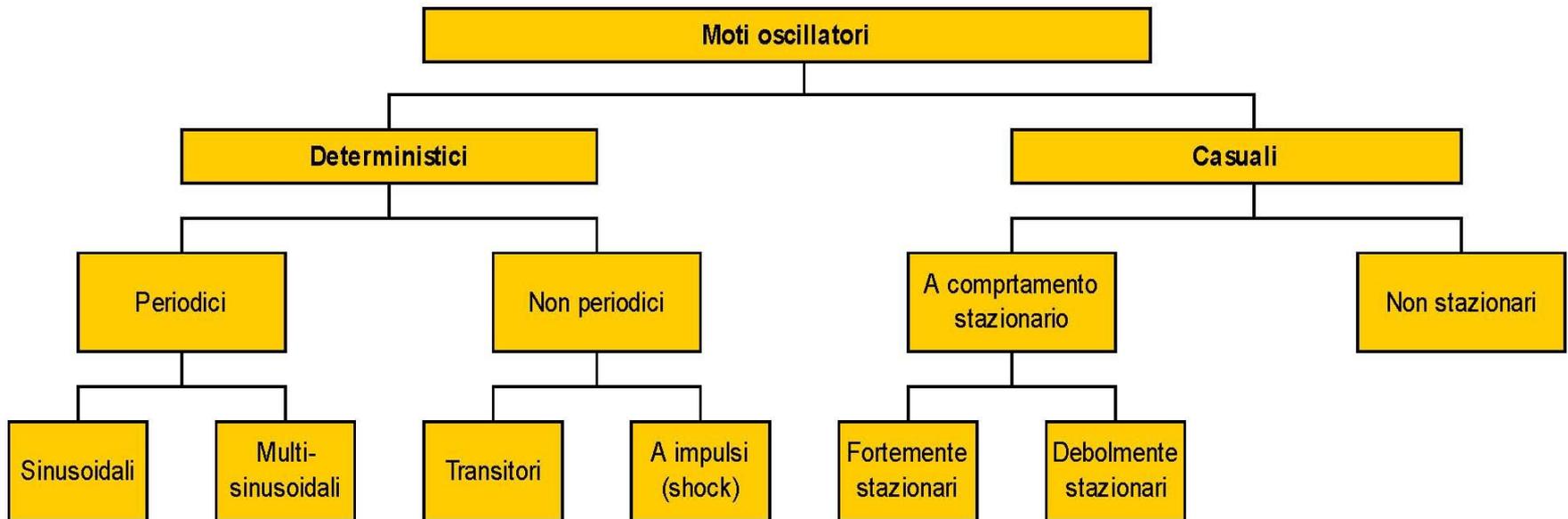
Premessa

Una vibrazione può definirsi come un movimento oscillatorio di un corpo o di una parte di esso o, più semplicemente, di una particella intorno ad una posizione di equilibrio.

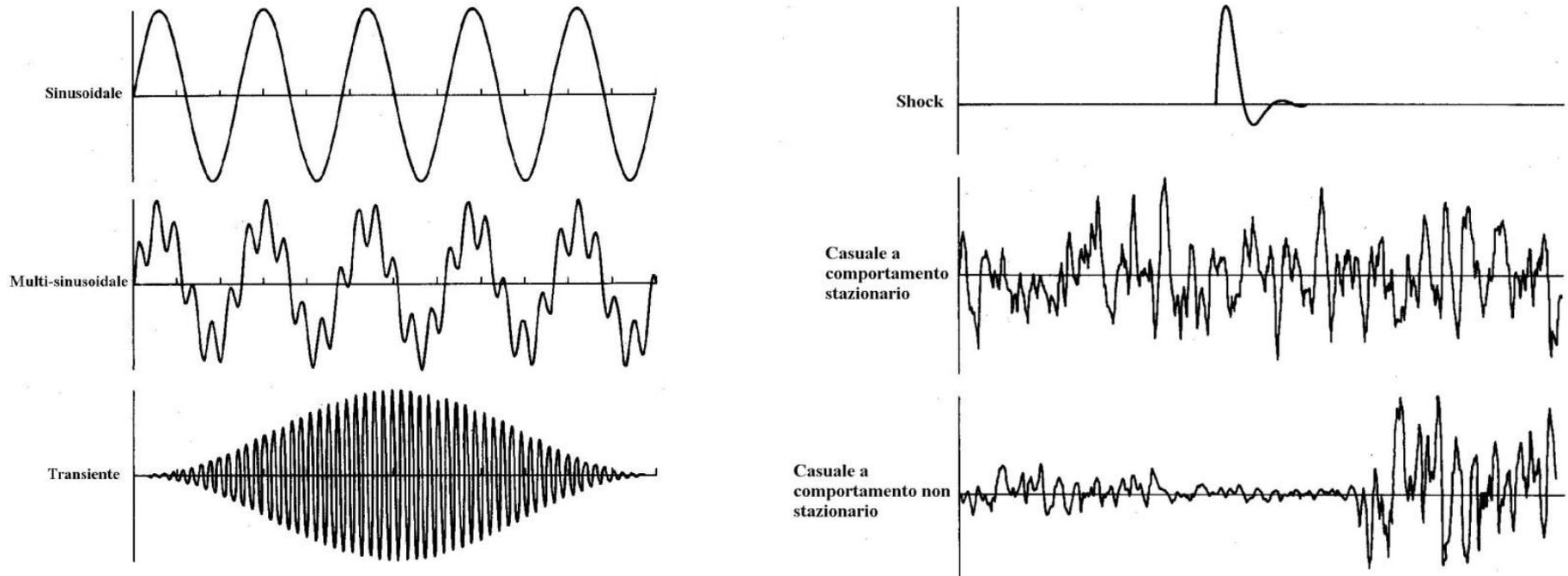
Le vibrazioni si presentano ogni volta che una forza esterna agisce su un sistema meccanico e quindi sono frequentemente riscontrabili nei macchinari quando questi sono in funzione.

Caratteristiche delle vibrazioni

Le vibrazioni possono avere caratteristiche completamente diverse in relazione al tipo di sorgente che le genera, o per una stessa sorgente avere un andamento mutevole nel tempo.



Caratteristiche delle vibrazioni



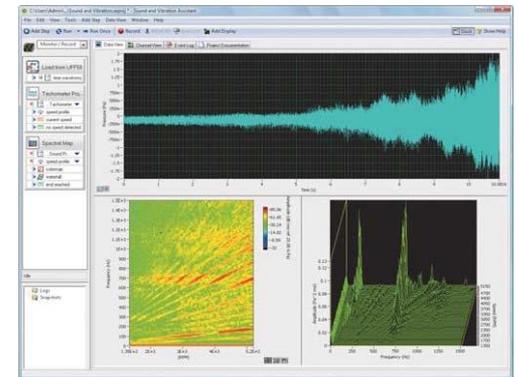
Misura delle vibrazioni

La misura delle vibrazioni viene effettuata usando una catena di misura composta da:

trasduttore (accelerometro): dispositivo atto a trasformare le vibrazioni meccaniche in grandezze elettriche che possano essere interpretate da uno strumento di misura. È preferibile l'utilizzo di un accelerometro triassiale capace, quindi, di misurare contemporaneamente le tre componenti del vettore accelerazione;

analizzatore di vibrazioni: deve essere in grado di effettuare analisi e statistiche simultaneamente su tre canali e, preferibilmente, deve consentire di visualizzare l'accelerazione, la velocità o lo spostamento per ciascuna banda di frequenza;

software di elaborazione: analisi nel dominio del tempo e nel dominio della frequenza, applicazione delle curve di ponderazione, visualizzazione dell'andamento nel tempo ed in frequenza in tempo reale ed in contemporanea, visualizzazione di più grandezze contemporaneamente (es. NI Sound and Vibration Measurement Suite).



Le vibrazioni durante le attività di lavoro

Sistema mano-braccio

Le lavorazioni in cui si impugnano 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.

L'esposizione a vibrazioni mano-braccio generate da utensili portatili 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 e, nel dettaglio:

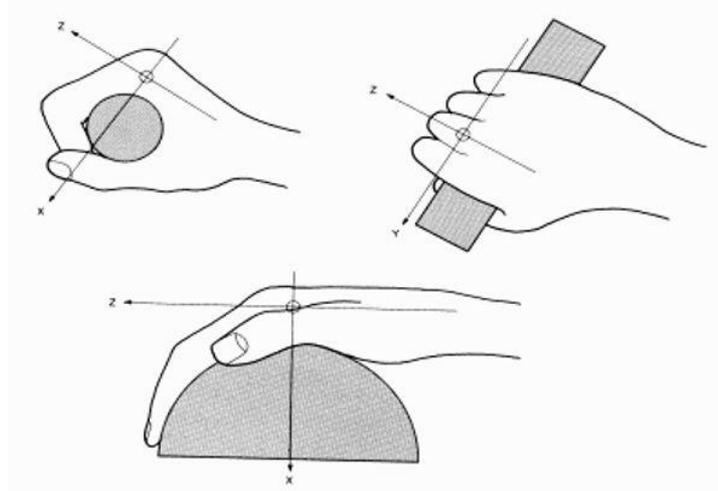
- la componente vascolare della sindrome è rappresentata da una forma secondaria di fenomeno di Raynaud definita “vibration-induced white finger” (VWF) dagli autori anglosassoni;
- la componente neurologica è caratterizzata da un neuropatia periferica prevalentemente sensitiva;
- la componente osteoarticolare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

Si rileva un aumentato rischio di alterazioni muscolo-tendinee e di intrappolamento dei tronchi nervosi nei lavoratori che usano utensili vibranti: 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.

I metodi per valutare il rischio da esposizione a vibrazioni sono definite essenzialmente dallo standard internazionale ISO 2631-1:1997-2010 oltre che da numerosi altri criteri igienistici e standard nazionali; questi criteri si basano tutti sulla misura di una grandezza fisica rappresentativa del valore quadratico medio (root mean square: r.m.s.) dell'accelerazione ponderata in frequenza:

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

Tale quantità va determinata lungo ciascuna delle tre componenti assiali del vettore accelerazione facendo riferimento ad un sistema di assi cartesiani opportuno



Dall'analisi delle vibrazioni trasmesse si desume che, essenzialmente e come riportato dalle norme, l'intervallo di frequenza da prendere in considerazione va da 8 a 1000 Hz

L'esposizione a vibrazioni mano-braccio viene quantificata mediante la valutazione dell'accelerazione equivalente ponderata in frequenza riferita ad 8 ore di lavoro

$$A(8) = A_{(w)sum} \cdot \sqrt{\frac{T_e}{8}} = \sqrt{(a_{wx}^2 + a_{wy}^2 + a_{wz}^2)} \cdot \sqrt{\frac{T_e}{8}} \quad [m/s^2]$$

Nel caso in cui il lavoratore sia esposto a differenti fonti di vibrazioni (come nel caso di impiego di più utensili vibranti nell'arco della giornata lavorativa) l'esposizione quotidiana alle vibrazioni sarà valutata mediante l'espressione:

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{8} \cdot \sum_{i=1}^N A_{(w)sum,i}^2 \cdot T_i} = \sqrt{\frac{1}{8} \cdot \sum_{i=1}^N (a_{wx,i}^2 + a_{wy,i}^2 + a_{wz,i}^2) \cdot T_i} \quad [m/s^2]$$

I criteri di salvaguardia dei lavoratori formulati nell'ambito degli attuali standard sono basati sulla previsione di insorgenza con probabilità del 10% del fenomeno di Raynaud, a seguito dell'esposizione a vibrazioni mano-braccio assumendo che tali criteri siano sufficientemente cautelativi, anche ai fini della prevenzione di altri effetti patologici a carico degli arti superiori, associati all'esposizione a vibrazioni.

Per poter valutare correttamente il rischio da esposizione a vibrazioni a carico del sistema mano-braccio è necessario sia identificare le fasi lavorative comportanti esposizione a vibrazioni valutando i tempi di esposizione effettiva associati a ciascuna fase sia individuare macchinari ed utensili utilizzati in ciascuna fase.

È 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 prensione, vetustà dell'utensile, etc.

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

Qualora non siano disponibili dati attendibili sulle vibrazioni prodotte dai macchinari impiegati nei cicli produttivi sarà necessario misurare le vibrazioni secondo le attuali norme di buona tecnica.

Le vibrazioni durante le attività di lavoro

Corpo intero

Le attività lavorative svolte a bordo di mezzi quali trattori e macchine agricole 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 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.

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.

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.

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

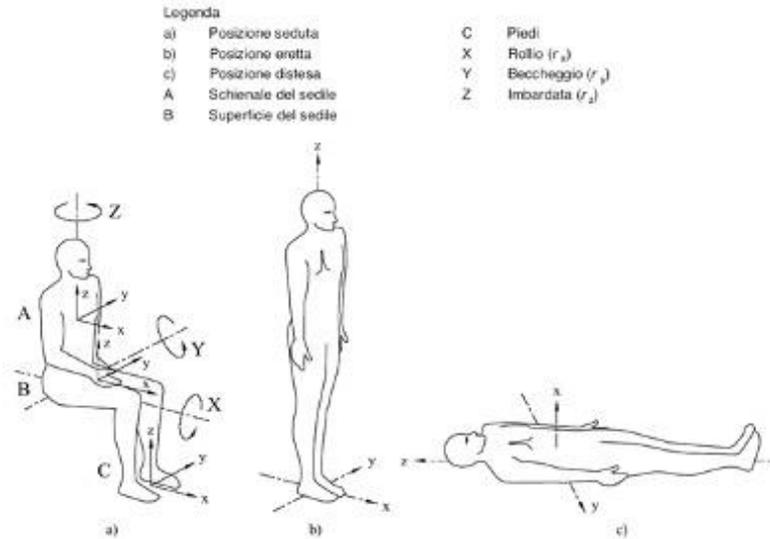
I risultati degli studi epidemiologici attualmente disponibili depongono per una maggior occorrenza di lombalgie e lombosciatalgie, alterazioni degenerative della colonna vertebrale (spondiloartrosi, spondilosi, osteocondrosi intervertebrale), discopatie e ernie discali lombari e/o lombosacrali nei soggetti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

In alcuni studi è stato anche segnalato che l'esposizione a vibrazioni trasmesse al corpo intero può causare alterazioni del distretto cervico-brachiale (frequenze prossime alla frequenza di risonanza del corpo umano), dell'apparato gastroenterico, del sistema venoso periferico, dell'apparato riproduttivo femminile (frequenze tra 40 e 55 Hz), ed infine del sistema cocleovestibolare.

I metodi per valutare il rischio da esposizione a vibrazioni sono definite essenzialmente dallo standard internazionale ISO 2631-1:1997-2010 oltre che da numerosi altri criteri igienistici e standard nazionali; questi criteri si basano tutti sulla misura di una grandezza fisica rappresentativa del valore quadratico medio (root mean square: r.m.s.) dell'accelerazione ponderata in frequenza:

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

Tale quantità va determinata lungo ciascuna delle tre componenti assiali del vettore accelerazione facendo riferimento ad un sistema di assi cartesiani opportuno



Dall'analisi delle vibrazioni trasmesse si desume che, essenzialmente e come riportato delle norme, l'intervallo di frequenza da prendere in considerazione va da 1 a 80 Hz

Il valore totale di vibrazioni a cui è esposto il corpo si determina mediante la relazione:

$$a_{(w)sum} = \sqrt{(k_x^2 \cdot a_{wx}^2 + k_y^2 \cdot a_{wy}^2 + k_z^2 \cdot a_{wz}^2)} \quad [m/s^2]$$

$$k_x = k_y = 1,4 ; k_z = 1: \text{posizione seduta} \quad - \quad k_x = k_y = k_z = 1: \text{posizione eretta}$$

La relazione riportata viene utilizzata solo per la valutazione del disagio dovuto alla presenza di vibrazioni che interessano il corpo intero; per effettuare, invece, la valutazione degli effetti sulla salute è da considerarsi unicamente l'esposizione lungo la componente assiale dominante, moltiplicata per l'appropriato fattore correttivo k

$$a_{(w)max} = \max(k_x \cdot a_{wx}; k_y \cdot a_{wy}; k_z \cdot a_{wz}) \quad [m/s^2]$$

L'esposizione a vibrazioni a carico del corpo intero viene quantificata mediante la valutazione dell'accelerazione equivalente ponderata in frequenza riferita ad 8 ore di lavoro

$$A(8) = a_{(w)max} \cdot \sqrt{\frac{T_e}{8}} \quad [m/s^2]$$

Nel caso in cui il lavoratore sia esposto a differenti fonti di vibrazioni (impiego di più mezzi meccanici nell'arco della giornata lavorativa) l'esposizione quotidiana alle vibrazioni sarà valutata mediante l'espressione:

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{8} \cdot \sum_{i=1}^N A_{(w)max,i}^2 \cdot T_i} \quad [m/s^2]$$

Per poter valutare correttamente il rischio da esposizione a vibrazioni a carico del corpo intero è necessario sia identificare le fasi lavorative comportanti esposizione a vibrazioni valutando i corrispondenti tempi di esposizione effettiva sia individuare macchinari utilizzati in ogni fase.

È 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;
- fattori che possono influenzare maggiormente l'esposizione a vibrazioni 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).

Tali informazioni possono consentire di stimare preliminarmente, evitando misurazioni difficili e costose, se ed in che misura il livello di esposizione a vibrazioni del lavoratore riferita al tempo effettivo di esposizione possa essere di interesse ai fini della salute onde mettere immediatamente in atto le appropriate azioni di tutela privilegiando gli interventi alla fonte (sostituzione di macchinari che producono alti livelli di esposizione con altri).

Qualora non siano disponibili dati attendibili sulle vibrazioni prodotte dai macchinari impiegati sarà necessario misurare le vibrazioni secondo le attuali norme di buona tecnica.

Titolo VIII
Agenti fisici
Capo I
Disposizioni generali

Valutazione dei rischi

(art. 181)

Il datore di lavoro valuta tutti i rischi derivanti da esposizione ad agenti fisici in modo da identificare e adottare le opportune misure di prevenzione e protezione con particolare riferimento alle norme di buona tecnica ed alle buone prassi.

La valutazione dei rischi derivanti da esposizioni ad agenti fisici deve essere effettuata, con cadenza almeno quadriennale, da personale qualificato appartenente al servizio di prevenzione e protezione o esterno. La valutazione dei rischi deve essere aggiornata ogni qual volta si verificano mutamenti che potrebbero renderla obsoleta.

I dati ottenuti dalla valutazione, misurazione e calcolo dei livelli di esposizione costituiscono parte integrante del documento di valutazione del rischio.

Il datore di lavoro nella valutazione dei rischi precisa quali misure di prevenzione e protezione devono essere adottate.

In caso di inottemperanza, il datore di lavoro è soggetto a sanzione penale con arresto da tre a sei mesi convertibile in ammenda da 2.500 a 6.400 euro.

Disposizioni miranti ad eliminare o ridurre i rischi

(art. 182)

I rischi derivanti dall'esposizione agli agenti fisici vanno eliminati alla fonte o ridotti al minimo tenendo conto del progresso tecnico e della disponibilità di misure per controllare il rischio alla fonte.

In nessun caso i lavoratori devono essere esposti a valori superiori ai valori limite di esposizione.

Nel caso in cui, nonostante i provvedimenti presi dal datore di lavoro, i valori limite di esposizione risultino superati, il datore di lavoro deve immediatamente adottare misure per riportare l'esposizione al di sotto dei valori limite di esposizione (ad es. sospensione dell'attività lavorativa), individua le cause del superamento dei valori limite di esposizione e adegua di conseguenza le misure di protezione e prevenzione per evitare un nuovo superamento

In caso di inottemperanza, il datore di lavoro è soggetto a sanzione penale con arresto da tre a sei mesi convertibile in ammenda da 2.000 a 4.000 euro.

Lavoratori particolarmente sensibili

(art. 183)

Le misure messe in atto dal datore di lavoro miranti ad eliminare o ridurre i rischi devono essere particolarmente adattate alle esigenze dei lavoratori appartenenti a gruppi particolarmente sensibili al rischio, incluse le donne in stato di gravidanza ed i minori.

Informazione e formazione dei lavoratori

(art. 184)

Il datore di lavoro provvede affinché i lavoratori esposti a rischi derivanti da agenti fisici sul luogo di lavoro vengano informati e formati in relazione al risultato della valutazione dei rischi con particolare riguardo:

- alle misure di prevenzione adottate;
- all'entità e al significato dei valori limite di esposizione e dei valori di azione nonché ai potenziali rischi associati;
- alle modalità per individuare e segnalare gli effetti negativi dell'esposizione per la salute;
- alle circostanze nelle quali i lavoratori hanno diritto a una sorveglianza sanitaria e agli obiettivi della stessa;
- alle procedure di lavoro sicure per ridurre al minimo i rischi derivanti dall'esposizione;
- all'uso corretto di adeguati dispositivi di protezione individuale e alle relative indicazioni e controindicazioni sanitarie all'uso.

In caso di inottemperanza, il datore di lavoro è soggetto a sanzione penale con arresto da due a quattro mesi convertibile in ammenda da 750 a 4.000 euro.

Sorveglianza sanitaria

(art. 185)

La sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti agli agenti fisici viene effettuata dal medico competente sulla base dei risultati della valutazione del rischio che gli sono trasmessi dal datore di lavoro

Nel caso in cui la sorveglianza sanitaria riveli in un lavoratore un'alterazione apprezzabile dello stato di salute correlata ai rischi lavorativi il medico competente ne informa il lavoratore e, nel rispetto del segreto professionale, il datore di lavoro, che deve provvedere, tenendo conto anche delle indicazioni ricevute dal medico competente, a:

- sottoporre a revisione la valutazione dei rischi;
- sottoporre a revisione le misure predisposte per eliminare o ridurre i rischi.

In caso di inottemperanza, il datore di lavoro è soggetto a sanzione penale con arresto da tre a sei mesi convertibile in ammenda da 2.000 a 4000 euro ed il medico competente è soggetto a sanzione penale con arresto fino a tre mesi convertibile in ammenda da 400 a 1.600 euro

Titolo VIII
Agenti fisici
Capo III
**Protezione dei lavoratori dai rischi di
esposizione a vibrazioni**

Definizioni

(art. 200)

- Vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio: le vibrazioni meccaniche che, se trasmesse al sistema manobraccio nell'uomo, comportano un rischio per la salute e la sicurezza dei lavoratori, in particolare disturbi vascolari, osteoarticolari, neurologici o muscolari;
- vibrazioni trasmesse al corpo intero: le vibrazioni meccaniche che, se trasmesse al corpo intero, comportano rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori, in particolare lombalgie e traumi del rachide;
- esposizione giornaliera a vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio $A(8)$: $[ms^{-2}]$: valore mediato nel tempo, ponderato in frequenza, delle accelerazioni misurate per una giornata lavorativa nominale di otto ore;
- esposizione giornaliera a vibrazioni trasmesse al corpo intero $A(8)$: $[ms^{-2}]$: valore mediato nel tempo, ponderato, delle accelerazioni misurate per una giornata lavorativa nominale di otto ore.

Valori limite di esposizione e valori d'azione

(art. 201)

Vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio

valore limite di esposizione giornaliero (riferito ad 8 ore): 5 m/s^2 ;

valore limite di esposizione su periodi brevi: 20 m/s^2 ;

valore d'azione giornaliero (riferito ad 8 ore) : $2,5 \text{ m/s}^2$.

Vibrazioni trasmesse al corpo intero

valore limite di esposizione giornaliero (riferito ad 8 ore): 1 m/s^2 ;

valore limite di esposizione su periodi brevi: $1,5 \text{ m/s}^2$;

valore d'azione giornaliero (riferito ad 8 ore) : $0,5 \text{ m/s}^2$.

Valutazione del rischio

(art. 202)

il datore di lavoro deve valutare e, quando necessario, misurare, i livelli di vibrazioni meccaniche cui i lavoratori sono esposti.

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 da fonti istituzionali o, al limite, dal costruttore dell'apparecchiatura.

Questa operazione va distinta dalla misurazione, che richiede l'impiego di attrezzature specifiche e di una metodologia appropriata e che resta comunque il metodo da privilegiare nel rispetto delle indicazioni riportate nell'allegato XXXV.

Valutazione del rischio

(art. 202)

Ai fini della valutazione dei livelli di vibrazioni vanno considerati i seguenti elementi:

- il livello, il tipo e la durata dell'esposizione, ivi inclusa ogni esposizione a vibrazioni intermittenti o a urti ripetuti;
- i valori limite di esposizione e i valori d'azione;
- eventuali effetti sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori particolarmente sensibili al rischio con particolare riferimento alle donne in gravidanza e ai minori;
- 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;
- le informazioni fornite dal costruttore dell'attrezzatura di lavoro;
- l'esistenza di attrezzature alternative progettate per ridurre i livelli di esposizione alle vibrazioni meccaniche;
- condizioni di lavoro particolari, come le basse temperature, il bagnato, l'elevata umidità o il sovraccarico biomeccanico degli arti superiori e del rachide.

In caso di inottemperanza, il datore di lavoro è soggetto a sanzione penale con arresto da tre a sei mesi convertibile in ammenda da 2.000 a 6.400 euro.

Misure di prevenzione e protezione

(art. 203)

Se vengono superati i valori d'azione il datore di lavoro deve elaborare ed applicare un programma di misure tecnico-organizzative per ridurre al minimo l'esposizione e i rischi:

- considerare altri metodi di lavoro con minore esposizione a vibrazioni meccaniche;
- scegliere 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;
- fornire di attrezzature accessorie per ridurre i rischi (sedili, maniglie o guanti che attenuano le vibrazioni trasmesse al corpo intero o al sistema mano-braccio);
- adottare adeguati programmi di manutenzione;
- fornire adeguata informazione e formazione sull'uso delle attrezzature di lavoro e dei DPI;
- imitare la durata e l'intensità dell'esposizione.
- organizzare orari di lavoro appropriati, con adeguati periodi di riposo;
- fornire eventuali indumenti per la protezione dal freddo e dall'umidità;

Se vengono superati i valori di esposizione, vanno prese immediate misure per ridurre l'esposizione, individuando le cause del superamento per evitare un nuovo superamento

In caso di inottemperanza, il datore di lavoro è soggetto a sanzione penale con arresto da tre a sei mesi convertibile in ammenda da 2.000 a 4.000 euro.

Sorveglianza sanitaria

(art. 204)

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.

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, l'esposizione dei lavoratori alle vibrazioni è tale da rendere possibile l'individuazione di un nesso tra l'esposizione ed una malattia più o meno chiaramente identificabile.