

VALUTAZIONE E MISURE DI PREVENZIONE DEL RISCHIO DA ESPOSIZIONE A VIBRAZIONI MECCANICHE

Ing. Angelo Tirabasso

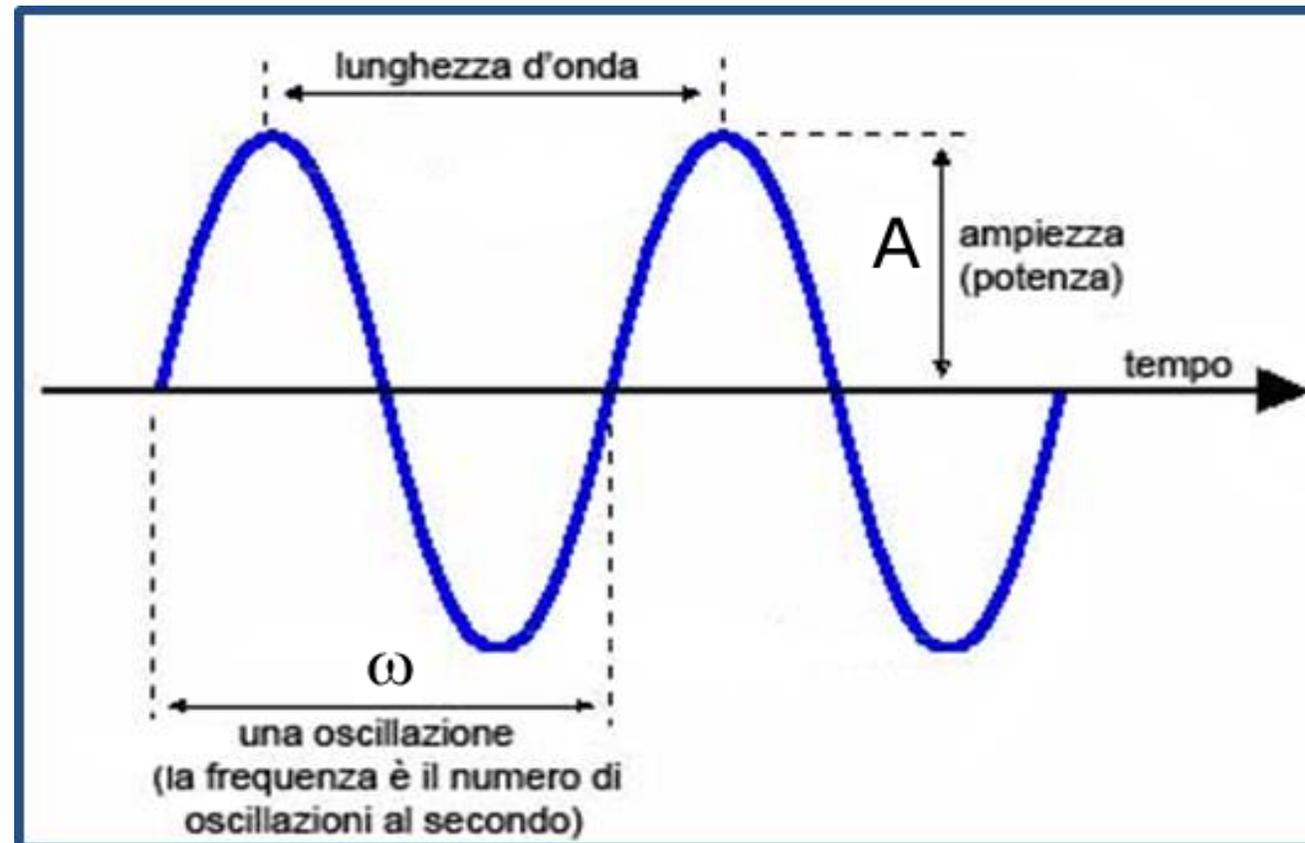
4 maggio 2023

Cosa sono le vibrazioni meccaniche

Le **vibrazioni** sono oscillazioni meccaniche rispetto ad un punto di riferimento, determinate da onde di pressione che **si trasmettono** generalmente **attraverso corpi solidi**; le oscillazioni caratteristiche delle vibrazioni possono essere libere o forzate, ossia influenzate da una forza esterna come nel caso dell'utilizzo di strumenti da parte di un lavoratore.

Cosa sono le vibrazioni meccaniche

Un'oscillazione è caratterizzata da:



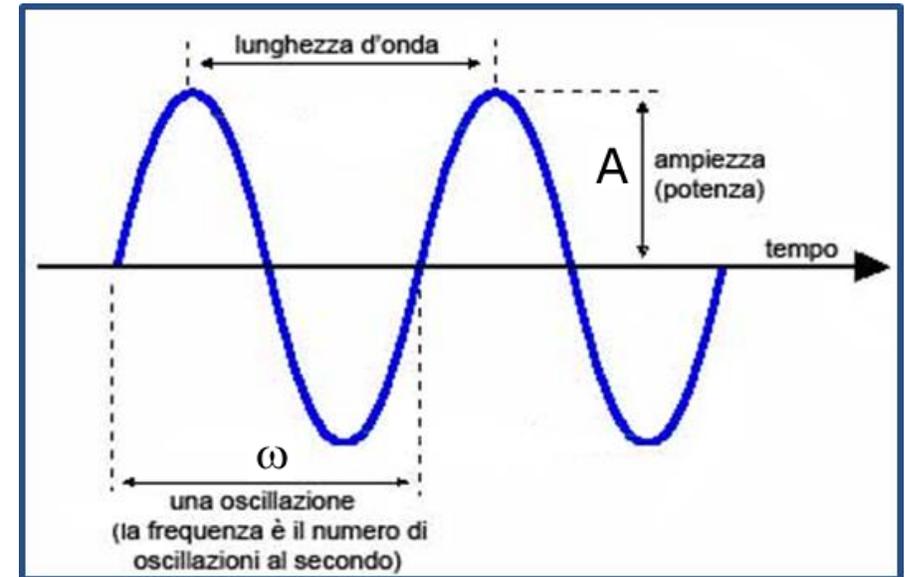
Cosa sono le vibrazioni meccaniche

Nel caso di un'oscillazione sinusoidale:

Spostamento: $A \sin(\omega t)$ [m]

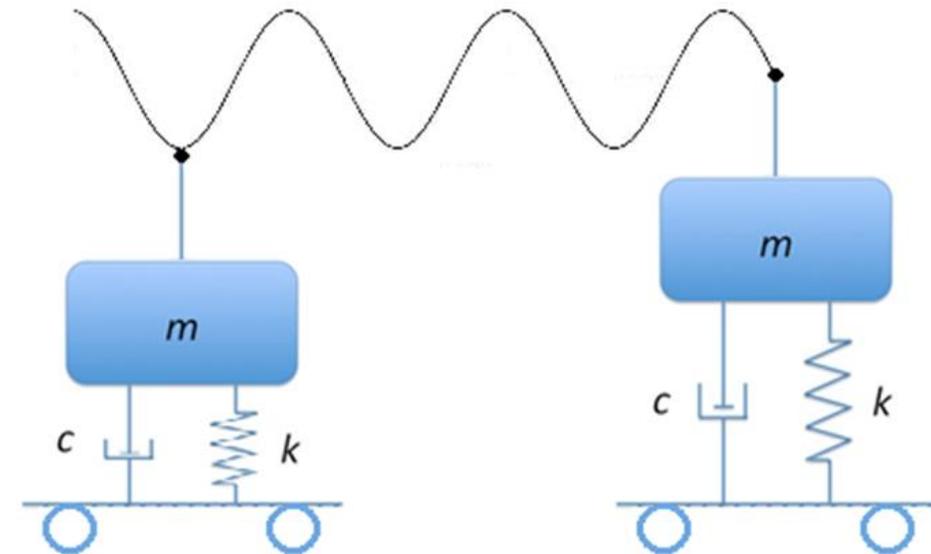
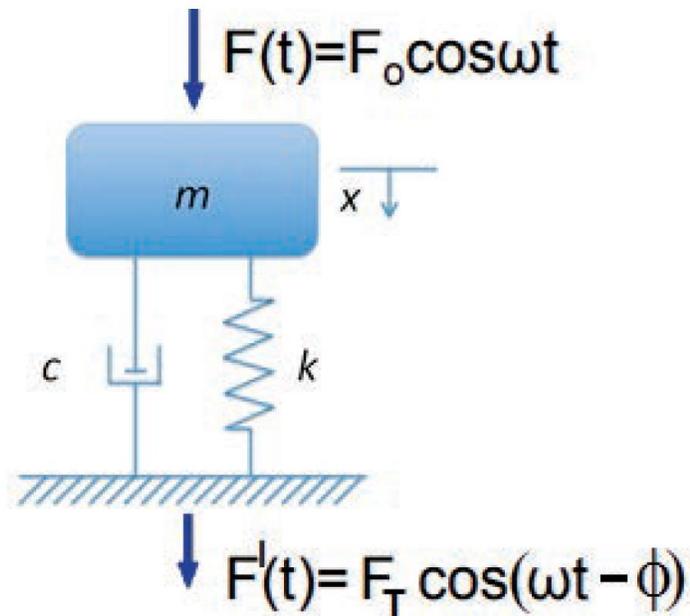
Velocità: $\omega A \cos(\omega t)$ [m/s]

Accelerazione: $-\omega^2 A \sin(\omega t)$ [m/s²]



Cosa sono le vibrazioni meccaniche

Quando un'oscillazione (o una vibrazione) viene applicata ad un corpo esso la trasmetterà ad uno contiguo a seconda delle sue caratteristiche meccaniche (m , k , c):

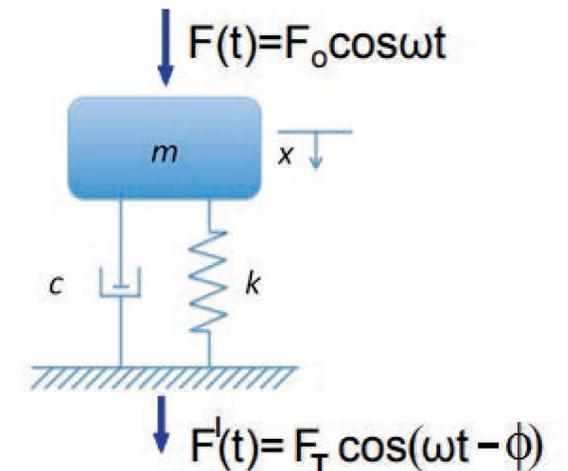
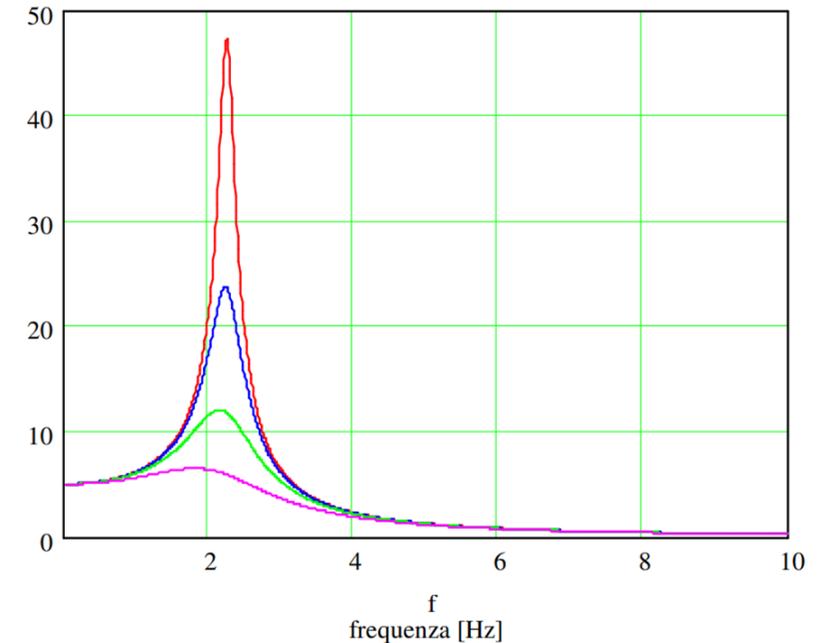


Cosa sono le vibrazioni meccaniche

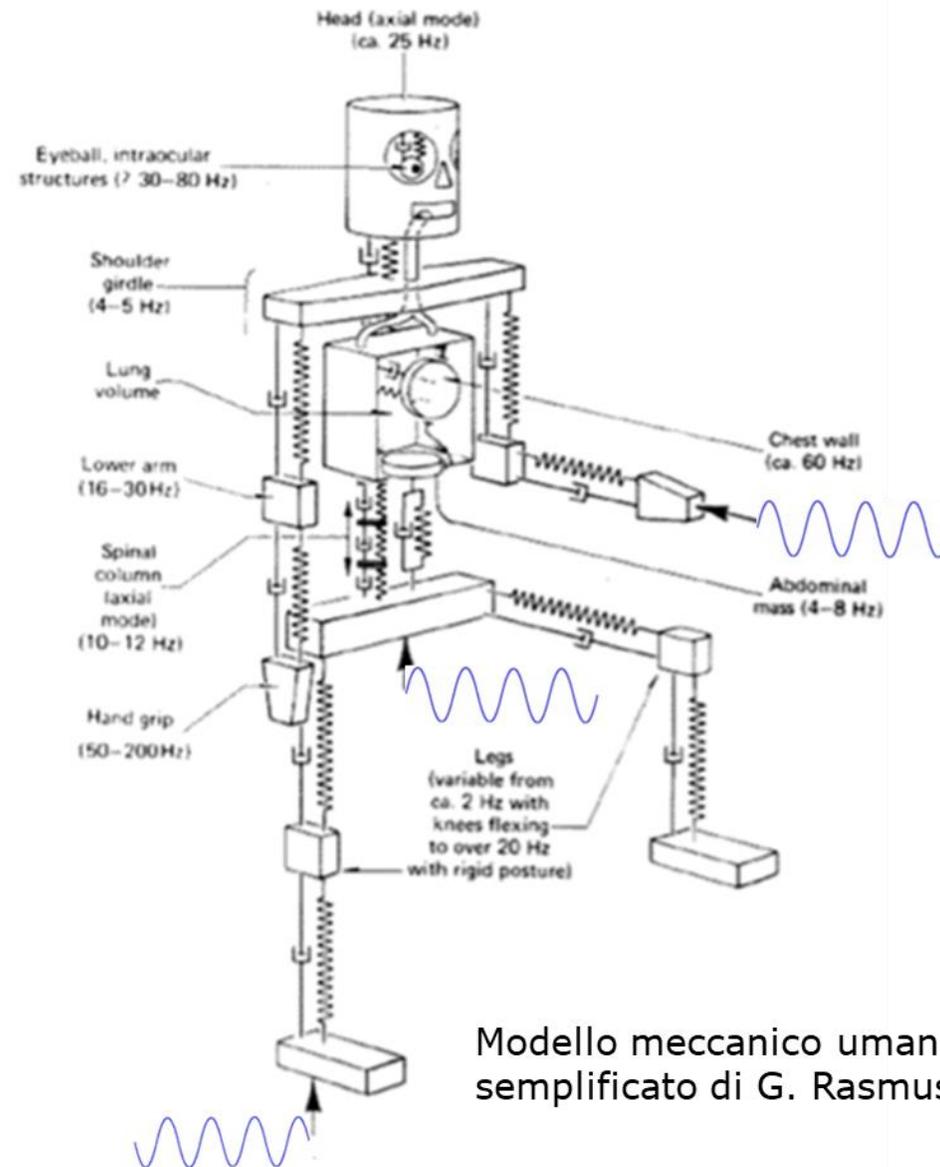
In un oscillatore semplice (massa, molla, smorzatore), esiste una frequenza particolare detta di risonanza pari a $f_n = (k/m)^{1/2}$

In particolare:

- se la frequenza della forzante è $\ll f_n$ il sistema si muoverà in modo quasi rigido assumendo il valore massimo della forzante F_T
- Se la frequenza della forzante è $\gg f_n$ il sistema si muoverà in modo quasi rigido assumendo il valore massimo della forzante
- Se la frequenza della forzante coincide con f_n il sistema andrà in risonanza con oscillazioni potenzialmente molto elevate



Cosa sono le vibrazioni meccaniche



Modello meccanico umano
semplificato di G. Rasmussen

Le vibrazioni in ambito occupazionale

Ambiti lavorativi

HAV: edilizia, metalmeccanica, autocarrozzerie, agricoltore-forestale, manutenzione del verde, calzaturifici, sanità (ortopedia, odontoiatria, anatomia patologica), ecc.

WBV: edilizia, agricoltore-forestale, trasporti (marittimi, stradali, in cantiere, aerei), movimentazione industriale e portuale, ecc.

Le vibrazioni in ambito occupazionale

Esempi di vibrazioni al sistema mano-braccio (HAV)



Esempi di vibrazioni al corpo intero (WBV)



Le vibrazioni in ambito occupazionale

Esempi di vibrazioni al sistema mano-braccio (HAV)



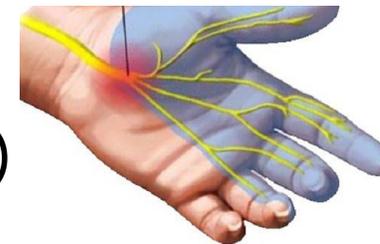
Esempi di vibrazioni al corpo intero (WBV)



Patologie associate a vibrazioni meccaniche

HAV

- Angioneurosi (fenomeno di Reynaud)
- Neuropatie periferiche (parestesie, riduzione sensibilità)
- Osteoartropatie (artrosi dei polsi e dei gomiti)
- Altre patologie (s. tunnel carpale, tendiniti)



Patologie associate a vibrazioni meccaniche

WBV

- Disturbi del rachide lombare
- Disturbi cervico-brachiali
- Disturbi circolatori, digestivi, vestibolari
- Disturbi sull'apparato riproduttivo



Uno sguardo alla ricerca...

Effetti uditivi delle vibrazioni



Synergistic effects of noise and hand-arm vibration on distortion product otoacoustic emissions in healthy subjects

Renata Sisto^a, Teresa Botti^a, Luigi Cerini^a, Raoul Di Giovanni^a, Enrico Marchetti^{a,*}, Alessandro Lunghi^a, Floriana Sacco^a, Filippo Sanjust^a, Angelo Tirabasso^a, Arturo Moleti^b

^a INAIL Research, Department of Occupational and Environmental Medicine, Epidemiology and Hygiene, Monteporzio Catone, Italy

Int Arch Occup Environ Health (1997) 69:433–436

© Springer-Verlag 1997

ORIGINAL ARTICLE

Shan-kuan Zhu · Hisataka Sakakibara
Shin'ya Yamada

Combined effects of hand-arm vibration and noise on temporary threshold shifts of hearing in healthy subjects

Int Arch Occup Environ Health (1988) 61:95–106

Occupational and Environmental Health
© Springer-Verlag 1988

Received: 14 May 1996/Accepted: 14 May 1996

Isolated and combined effects of prolonged exposures to noise and whole-body vibration on hearing, vision and strain*

Helmut Seidel¹, Barbara Harazin², Kristina Pavlas², Christine Sroka¹, Jörg Richter¹, Ralph Blüthner¹, Udo Erdmann¹, Jan Grzesik², Barbara Hinz¹, and Reinhard Rothe¹

Effetti delle vibrazioni sull'attività muscolare



Muscular synchronization and hand-arm fatigue

Luigi Fattorini^a, Angelo Tirabasso^b, Alessandro Lunghi^b, Raoul Di Giovanni^b, Floriana Sacco^b, Enrico Marchetti^{a,b,*}

^a Sapienza Università di Roma, Department of Physiology and Pharmacology "V. Erspamer", P.le A. Moro 5, 00185, Roma, Italy

^b National Institute for Insurance Against Accidents at Work (INAIL), Department of Environmental and Occupational Medicine, Epidemiology and Hygiene, Via di Fontana Candida 1, 00078, Monte Porzio Catone, Rome, Italy



Journal of Electromyography and Kinesiology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jelekin

Muscular forearm activation in hand-grip tasks with superimposition of mechanical vibrations



L. Fattorini^{a,*}, A. Tirabasso^b, A. Lunghi^b, R. Di Giovanni^b, F. Sacco^b, E. Marchetti^{a,b}

^a Sapienza Università di Roma, Department of Physiology and Pharmacology "V. Erspamer", Italy

^b National Institute for Insurance Against Accidents at Work, Department of Occupational and Environmental Medicine, Epidemiology and Hygiene, Italy

Il rischio vibrazioni in Europa

Si stima che, nel periodo 2005-2015,
il **20%**^(*) dei lavoratori europei sia stato
esposto a vibrazioni meccaniche

(*) Fonte: Eurofound, 6th EWCS – Overview report (2017 update)

Il rischio vibrazioni in Italia

Malattie professionali causate o concausate da agenti fisici (fonte: INAIL)

Malattia	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Sindrome del tunnel carpale (Movimenti ripetuti + postura + forza + HAV)	5.363	5.823	6.224	6.201	6.547	6.117
Ernia discale lombare (Movimentazione manuale dei carichi + WBV)	3.667	4.383	5.706	6.388	5.979	5.740
Ipoacusia da rumore e trauma acustico	4.551	4.627	4.715	4.743	4.757	4.539
Sindrome di Raynaud (HAV)	197	194	173	172	190	136
Malattie dell'occhio (Radiazioni ionizzanti + Radiazioni ottiche)	113	109	105	101	113	100

Vibrazioni meccaniche: la normativa



6.7.2002

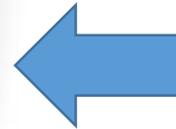
IT

Gazzetta ufficiale delle Comunità europee

L 177/13

DIRETTIVA 2002/44/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO
del 25 giugno 2002

sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (vibrazioni) (sedicesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE)



D. Lgs. 81/2008 –
Titolo VIII –
AGENTI FISICI -
Capo III
Protezione dei
lavoratori dai rischi
di esposizione a
vibrazioni

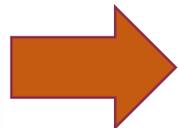
Direttiva 2002/44/CE

Vibrazioni meccaniche: la normativa



D. Lgs. 81/2008 –
Titolo VIII –
AGENTI FISICI -
Capo III
Protezione dei
lavoratori dai rischi
di esposizione a
vibrazioni

Vibrazioni meccaniche: la normativa



D. Lgs. 81/2008 –
Titolo VIII –
AGENTI FISICI -
Capo III
Protezione dei
lavoratori dai rischi
di esposizione a
vibrazioni


COORDINAMENTO
INTERREGIONALE
DELLA PREVENZIONE
NEI LUOGHI DI LAVORO
Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di
lavoro delle Regioni e delle Province autonome
Gruppo Tematico Agenti Fisici

**Indicazioni operative per la prevenzione del
rischio da Agenti Fisici ai sensi del
Decreto Legislativo 81/08**

Parte 1: Titolo VIII Capo 1
Parte 2: Radiazione Solare
Parte 3: Microclima
Parte 4: Rumore
Parte 5: Vibrazioni

in collaborazione con:

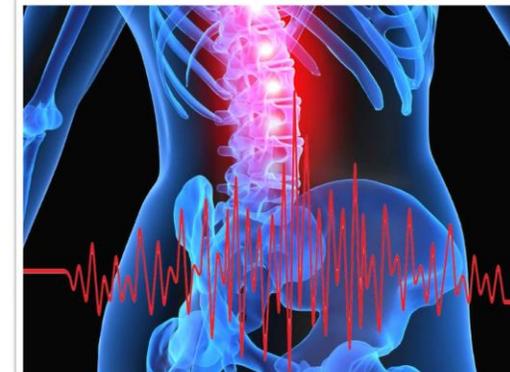

INAIL - Istituto Nazionale
per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro


Istituto Superiore di Sanità

Revisione 01: approvata dal sotto gruppo di lavoro tematico Agenti Fisici il 08/06/2021
approvata dal Gruppo Tecnico Interregionale Prevenzione Igiene e Sicurezza sui Luoghi di
Lavoro il 21/07/2021

INAIL

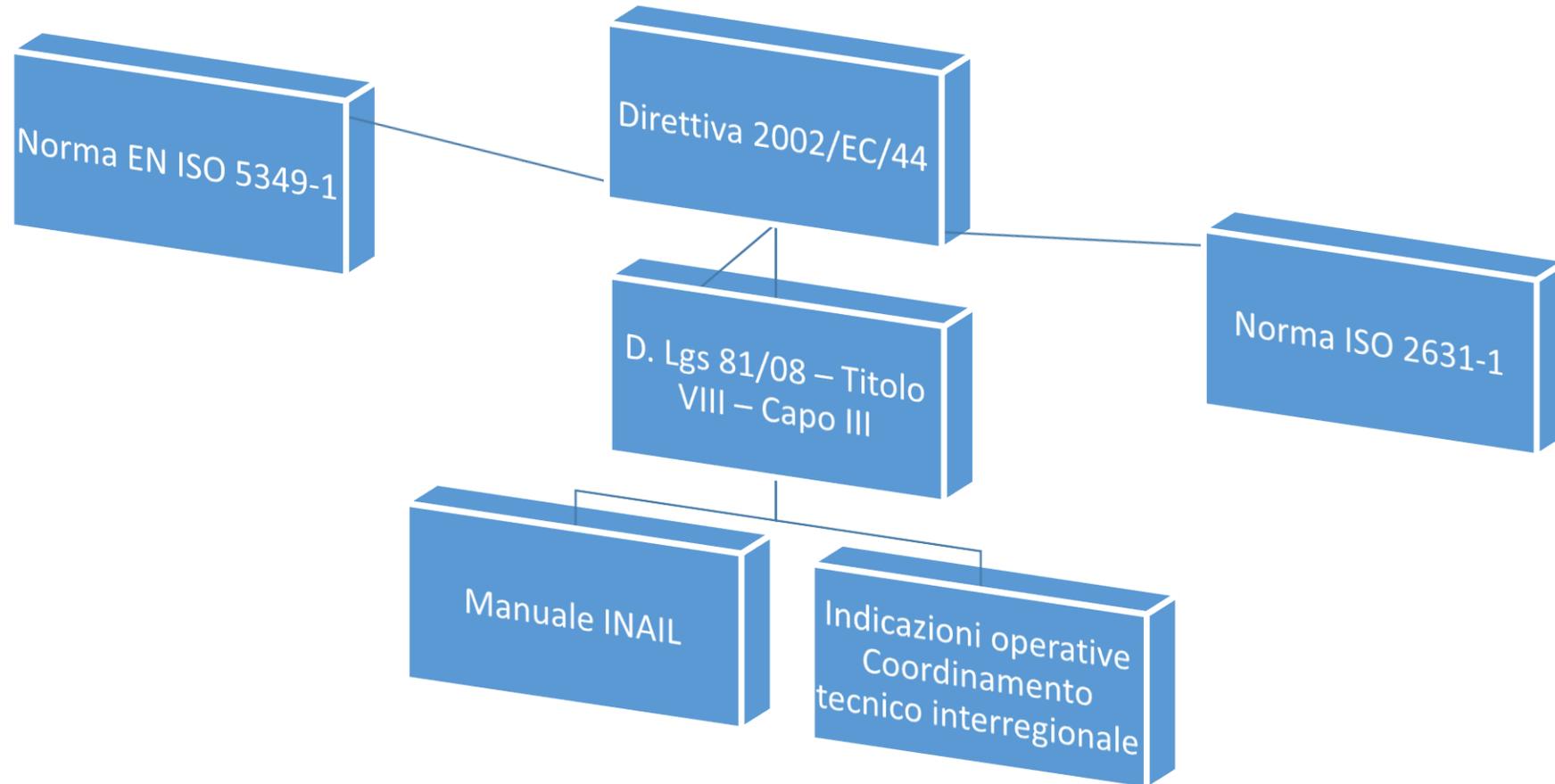
**LA VALUTAZIONE
DEL RISCHIO VIBRAZIONI**



2019

SCARICABILI DAL SITO:
<http://www.portaleagentifisici.it/>

Vibrazioni meccaniche: la normativa



Vibrazioni meccaniche: la normativa

D.Lgs. 81/08 - Titolo VIII – AGENTI FISICI

Capo III – Protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a vibrazioni

- Campo di applicazione (e deroghe)
- Definizioni
- Valori limite di esposizione (VLE) e valori di azione (VA)
- Valutazione dei rischi
- Misure di prevenzione e protezione
- Sorveglianza sanitaria

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Campo di applicazione (art. 199)

Tutti i luoghi di lavoro in cui esiste, per i lavoratori, la possibilità di esposizione a vibrazioni meccaniche.

Possibili deroghe per il settore della navigazione marittima ed aerea.

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Definizioni (art. 200)

a) **Vibrazioni** trasmesse al **sistema mano-braccio** (dette anche **Hand-Arm Vibrations** o **HAV**): vibrazioni meccaniche che, se trasmesse al sistema mano-braccio nell'uomo, comportano un rischio per la salute e la sicurezza dei lavoratori, in particolare disturbi vascolari, osteoarticolari, neurologici o muscolari

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Definizioni (art. 200)

b) **Vibrazioni** trasmesse al **corpo intero** (dette anche **Whole Body Vibrations** o **WBV**): 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

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Definizioni (art. 200)

c) **esposizione giornaliera a vibrazioni** trasmesse al **sistema mano-braccio** **A(8)** [m/s²]: valore mediato nel tempo, **ponderato in frequenza**, delle accelerazioni misurate per una giornata lavorativa nominale di 8 ore;

d) **esposizione giornaliera a vibrazioni** trasmesse al **corpo intero** **A(8)** [m/s²]: valore mediato nel tempo, **ponderato**, delle accelerazioni misurate per una giornata lavorativa nominale di 8 ore.

Vibrazioni meccaniche: la normativa

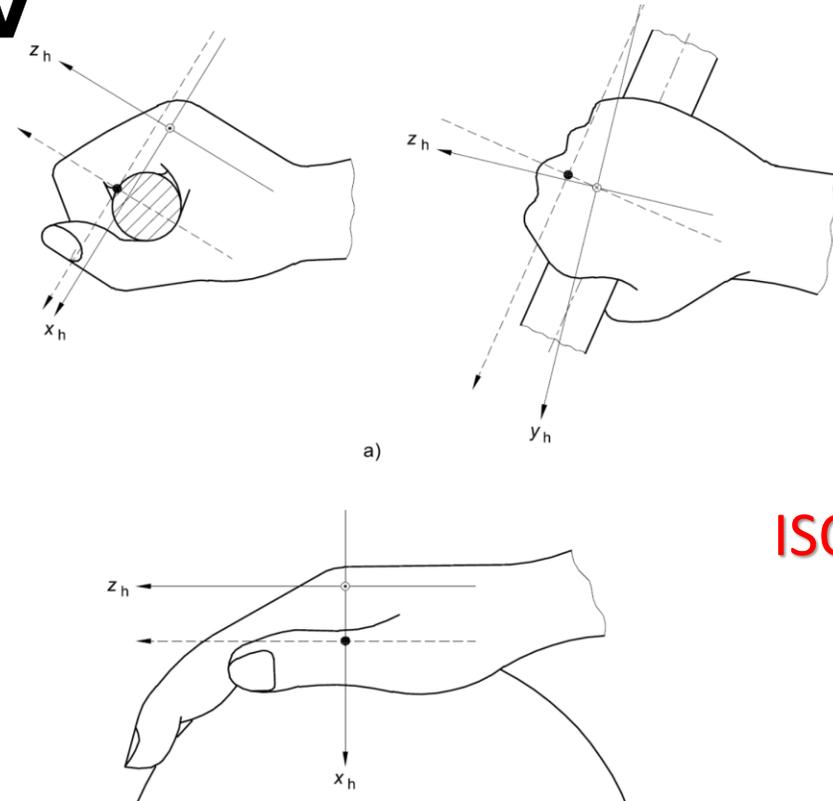
Definizioni (art. 200 e All. XXXV)

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

con

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2}$$

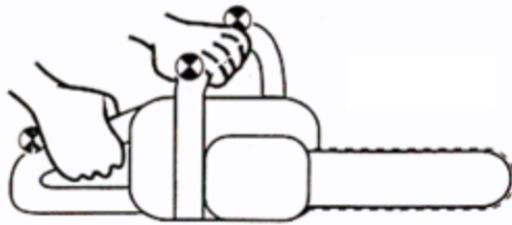
HAV



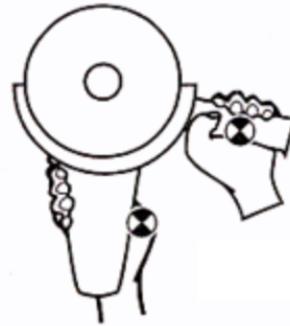
ISO 5349-1

Vibrazioni meccaniche: la normativa

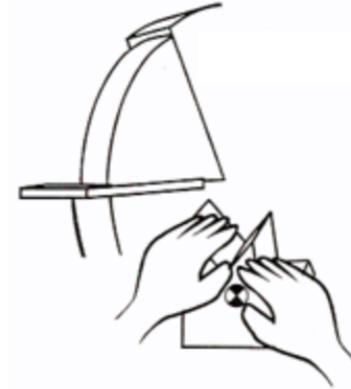
Esempi di punti di misura delle vibrazioni al sistema mano-braccio



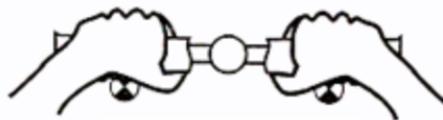
Chain saw



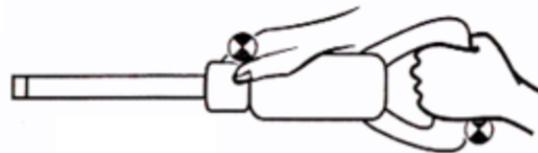
Angle grinder



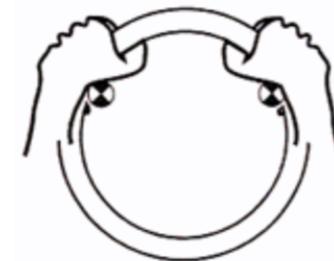
Grinding machine



Straight handle



Chipping hammer

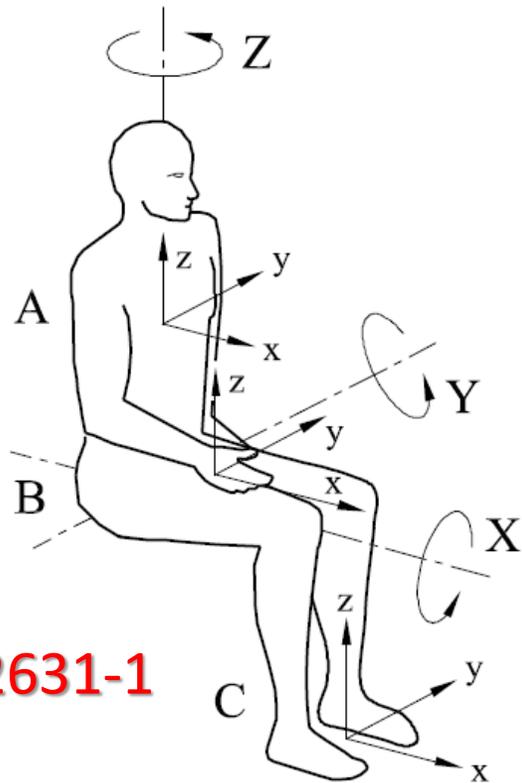


Steering wheel

Altri esempi possono essere trovati nella norma ISO 8662, nella norma ISO 7505 (motoseghe) e nella norma ISO 7916 (tagliaerba portatili)

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Definizioni (art. 200 e All. XXXV)



ISO 2631-1

WBV



non c'è un asse dominante

c'è un asse dominante

$$A_V(8) = \sqrt{\frac{a_V^2 T_e}{8}} \quad [\text{m/s}^2]$$

$$A_I(8) = k_I \sqrt{\frac{a_{wI}^2 T_e}{8}} \quad [\text{m/s}^2]$$

dove:

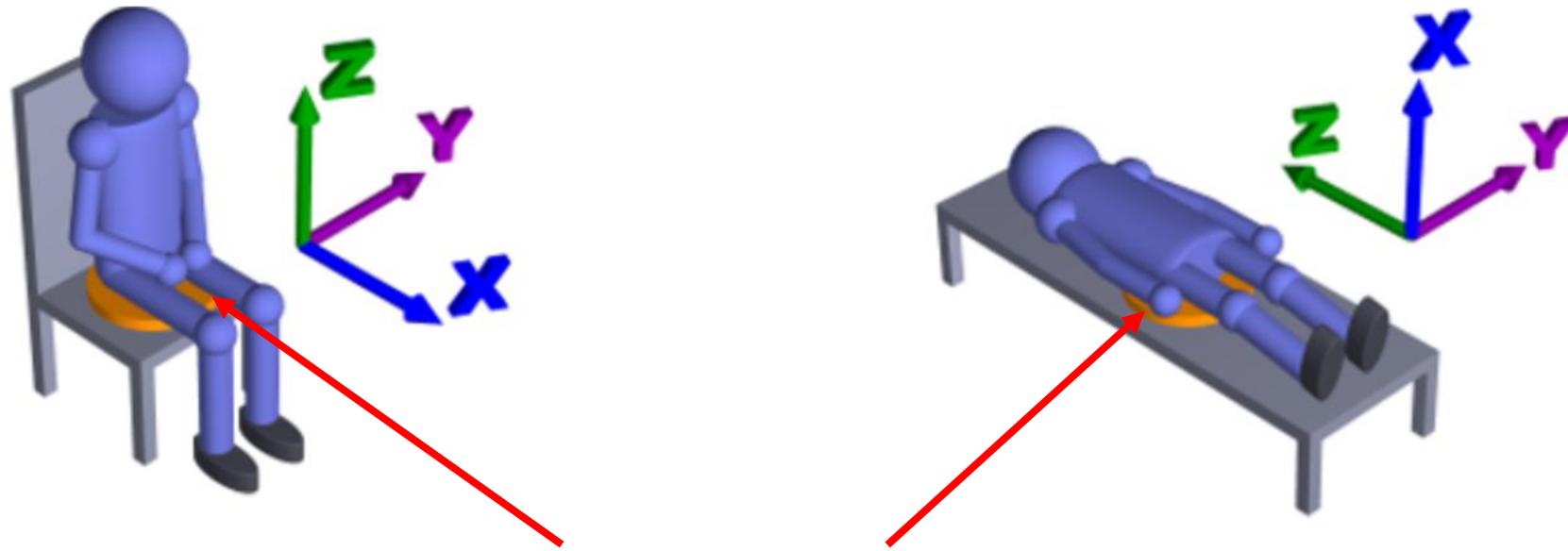
a_{wI} = accelerazione ponderata del generico asse I (dominante)

$$a_V = \sqrt{k_X^2 a_{wX}^2 + k_Y^2 a_{wY}^2 + k_Z^2 a_{wZ}^2}$$

con: $k_{x,y} = 1,4$ e $k_z = 1$

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Esempi di punti di misura delle vibrazioni al corpo intero



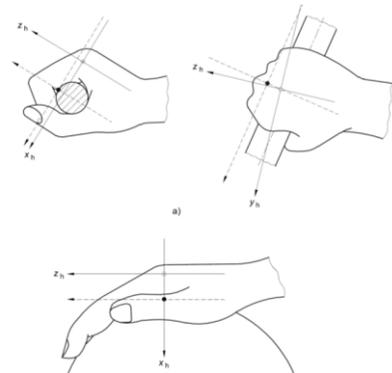
Posizionamento del sensore

Le vibrazioni vengono misurate al punto in cui le stesse «entrano» nel corpo.
L'asse Z è sempre orientato lungo la direzione della spina dorsale

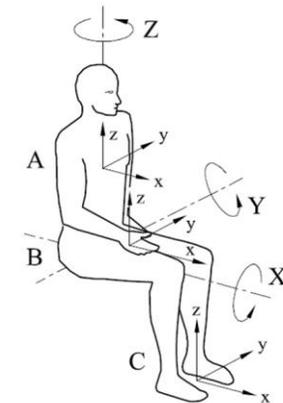
Vibrazioni meccaniche: la normativa

Definizioni (art. 200 e All. XXXV)

HAV



WBV

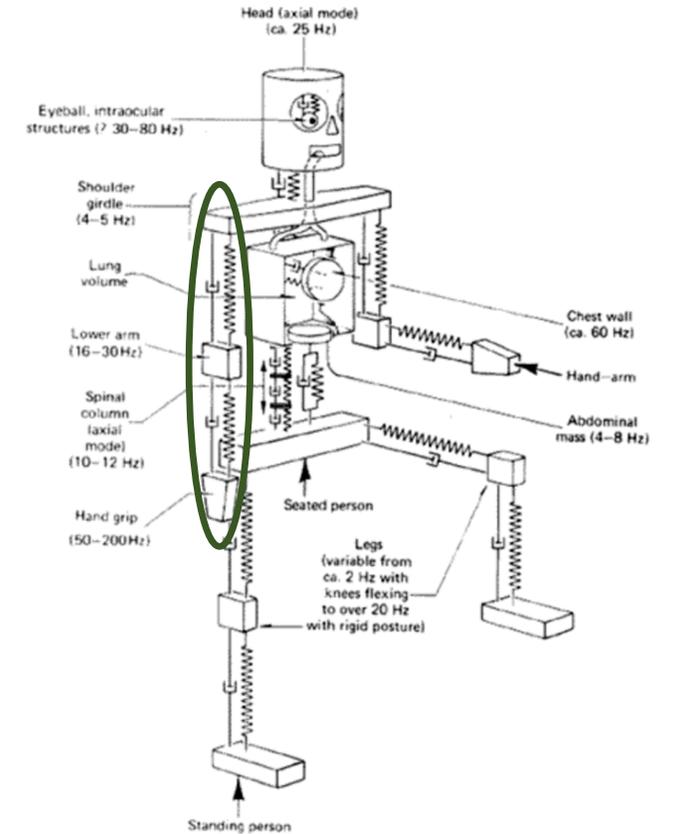
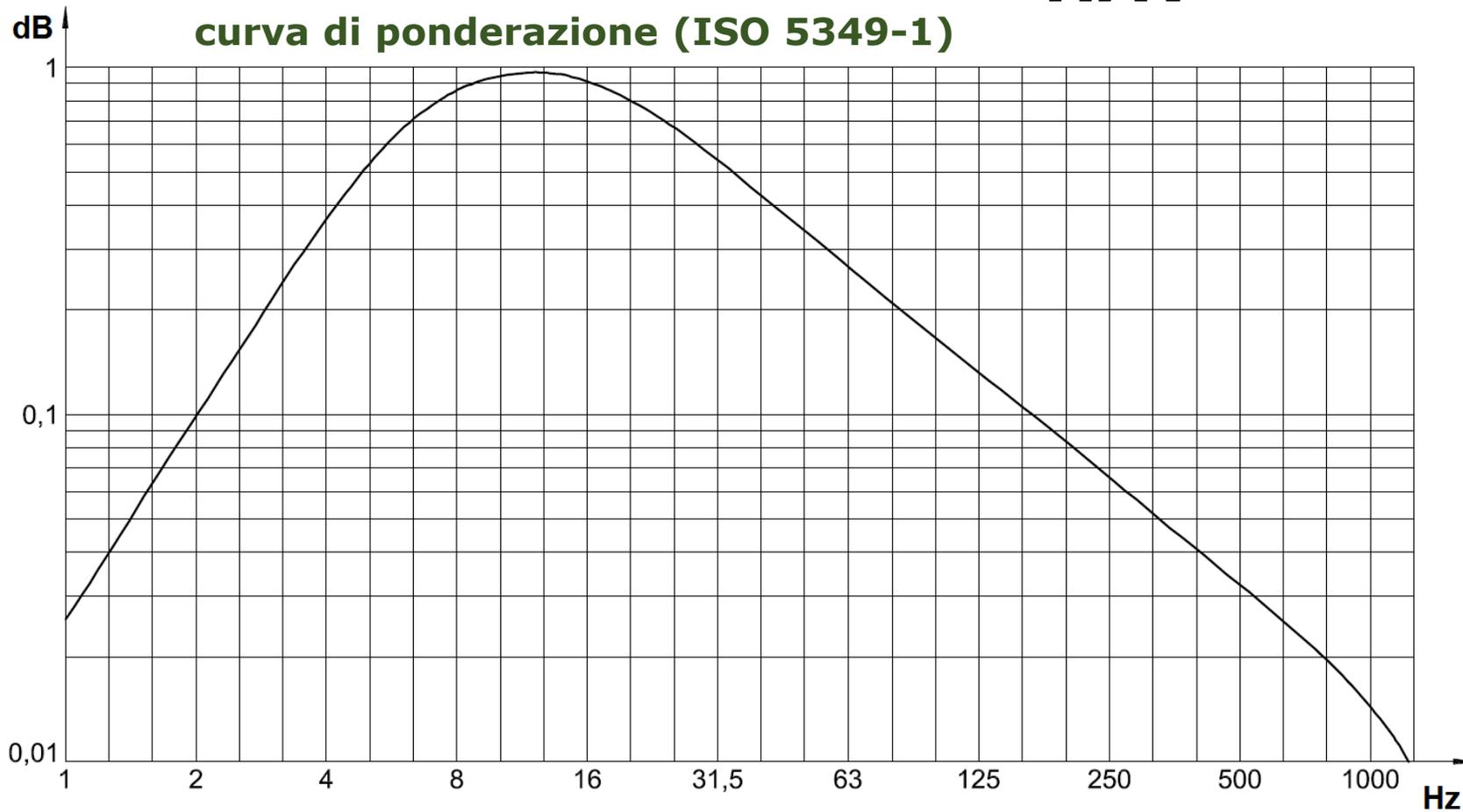


**le ponderazioni in
frequenza sono diverse !**

Vibrazioni meccaniche: la normativa

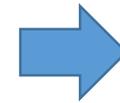
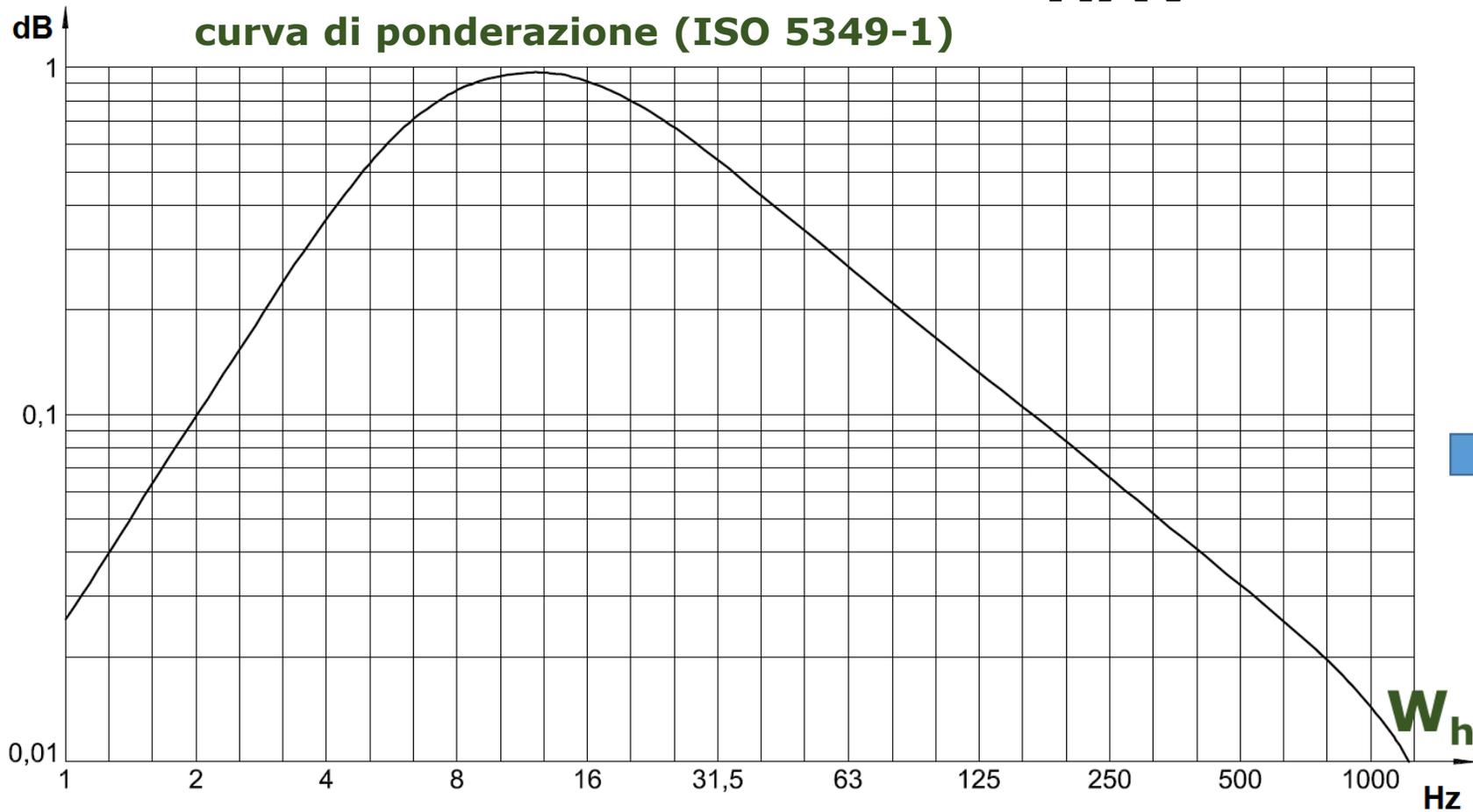
HAV

curva di ponderazione (ISO 5349-1)



Vibrazioni meccaniche: la normativa

HAV

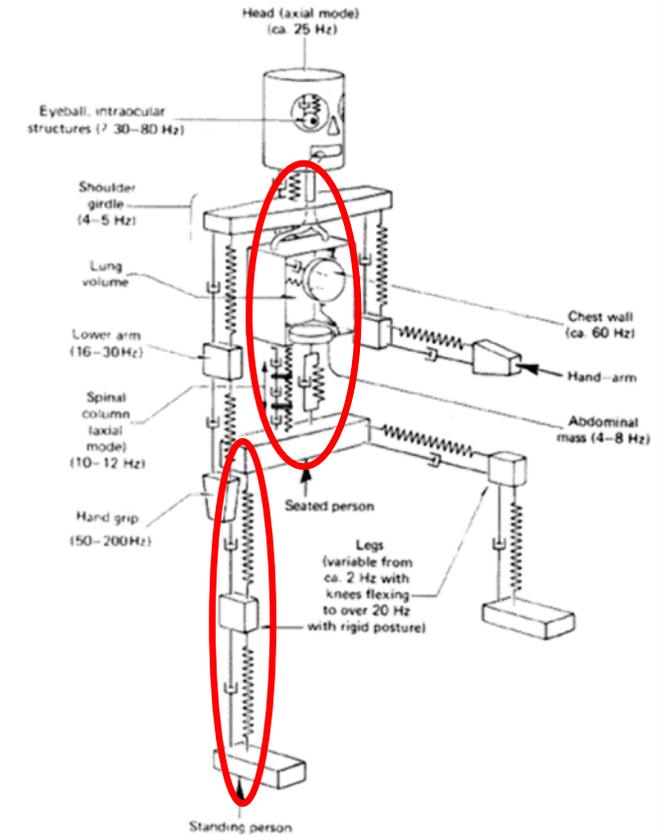
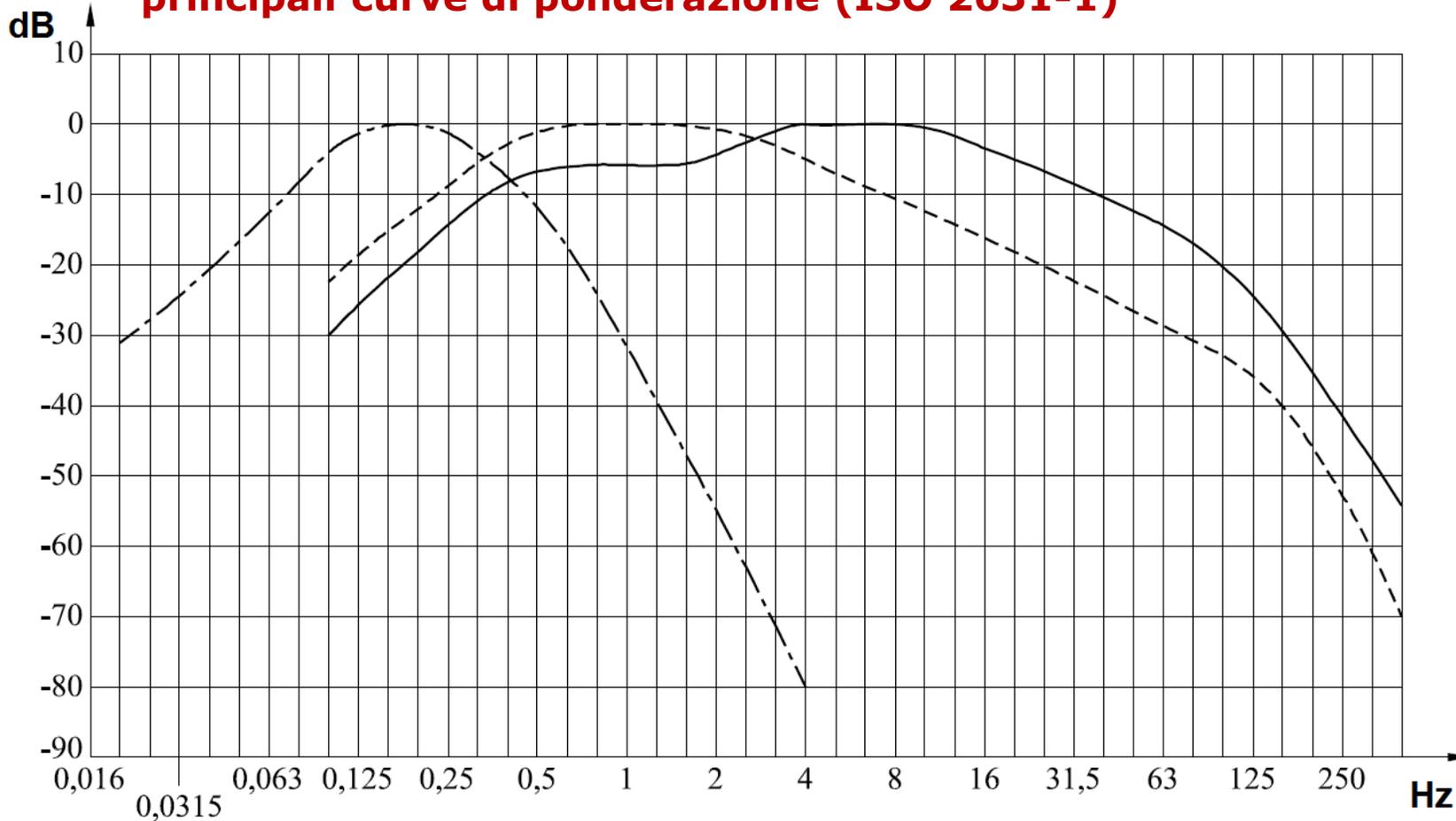


intervallo di interesse
igienistico per HAV:
1 – 1250 Hz

Vibrazioni meccaniche: la normativa

WBV

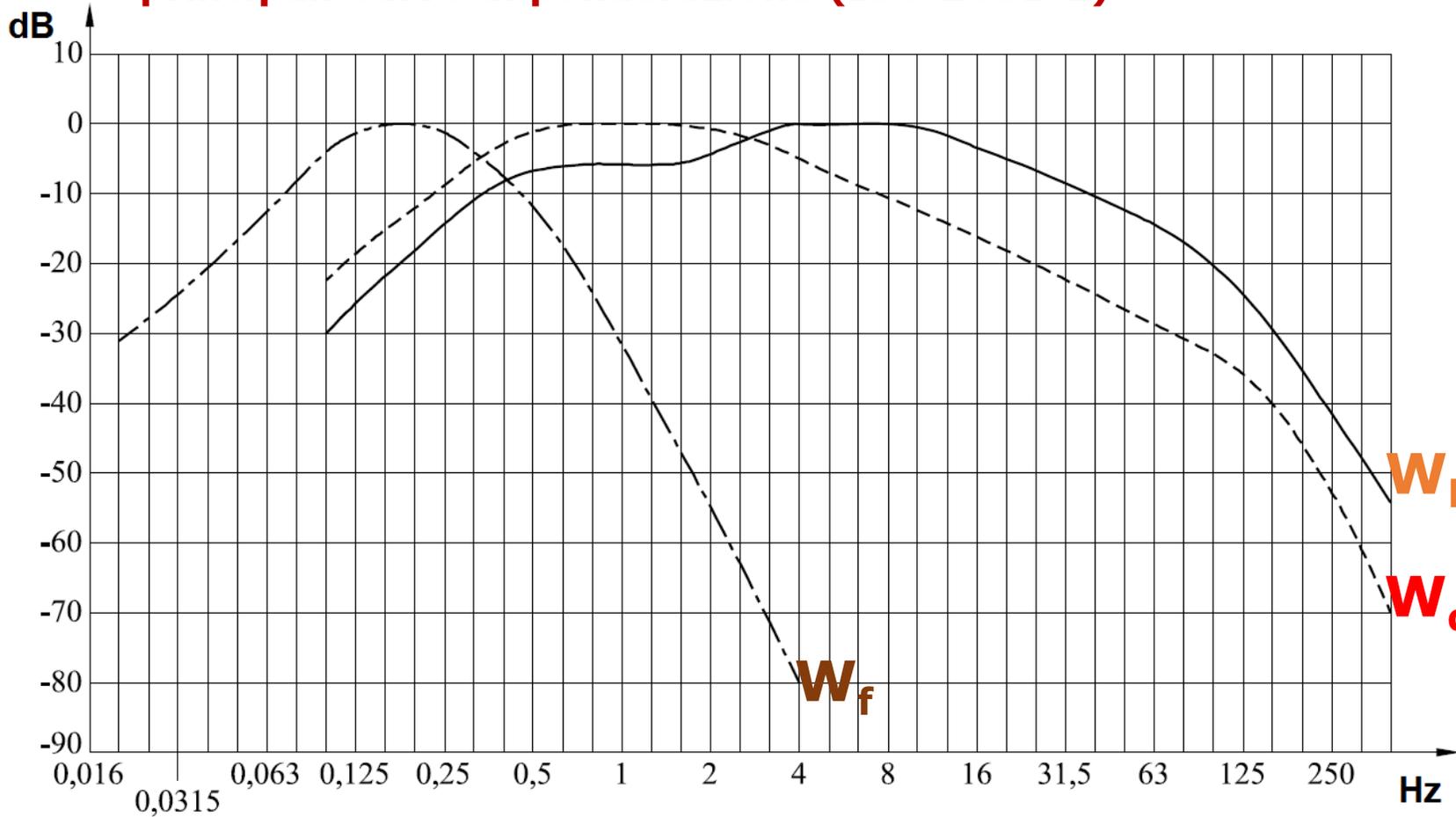
principali curve di ponderazione (ISO 2631-1)



Vibrazioni meccaniche: la normativa

WBV

principali curve di ponderazione (ISO 2631-1)

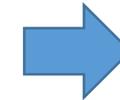


W_k per l'asse z

W_d per gli assi x,y

W_f per il mal da trasporti (x,y,z)

intervallo di interesse
igienistico per WBV:
0,1 – 80 Hz



Vibrazioni meccaniche: la normativa

VLE e VA (art. 201)

Vibrazioni trasmesse al mano braccio (HAV)	
VA	VLE
$A(8) = 2,5 \text{ m/s}^2$	$A(8) = 5 \text{ m/s}^2$ $a_w \text{ (r.m.s.)} = 20 \text{ m/s}^2$ (su periodi brevi)

Vibrazioni trasmesse al corpo intero (WBV)	
VA	VLE
$A(8) = 0,5 \text{ m/s}^2$	$A(8) = 1,0 \text{ m/s}^2$ $a_w \text{ (r.m.s.)} = 1,5 \text{ m/s}^2$ (su periodi brevi)

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Ulteriori VLE e VA (solo per WBV)

Per vibrazioni ad "alto contenuto impulsivo", la ISO 2631-1 raccomanda l'utilizzo di indicatori alternativi all'A(8), come il **VDV** (Vibration Dose Value) e il **MTVV** (Maximum Transient Vibration Value), mentre la **ISO 2631-5** propone un metodica di valutazione che tiene conto anche delle caratteristiche biomeccaniche del soggetto esposto.

Il metodo VDV è l'unico ad avere un riconoscimento «legislativo» in molti paesi EU. All'MTVV non è associato, invece, alcun VLE/VA. Il metodo della 2631-5 è quello che predice meglio gli effetti delle vibrazioni ma è il più complicato da mettere in pratica.

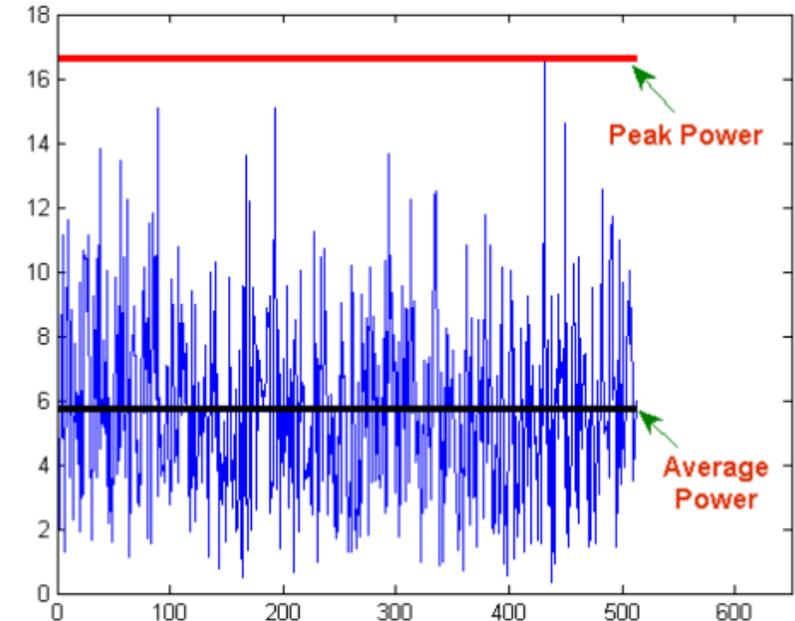
Vibrazioni meccaniche: la normativa

Ulteriori VLE e VA (solo per WBV)

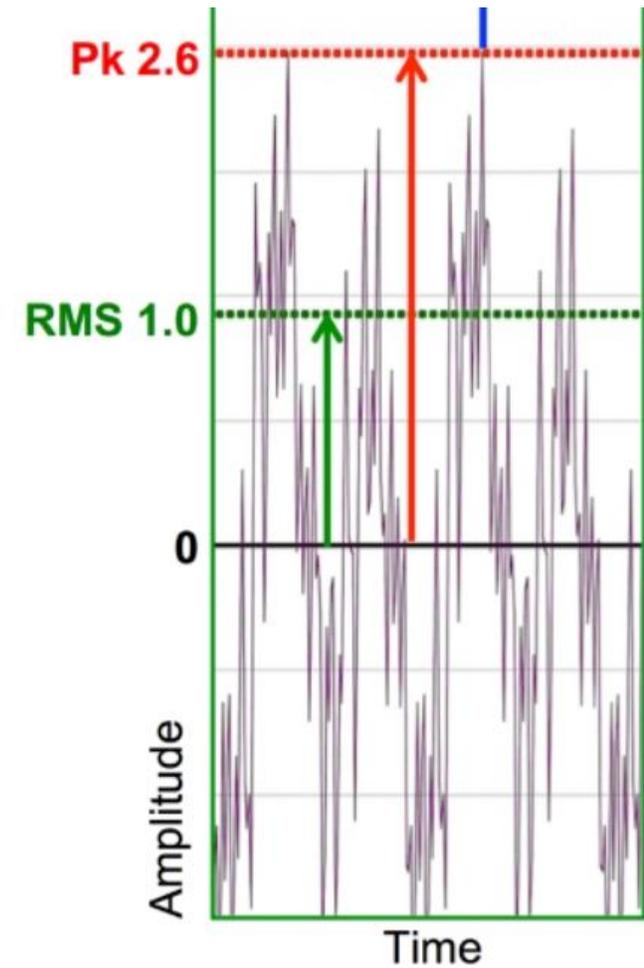
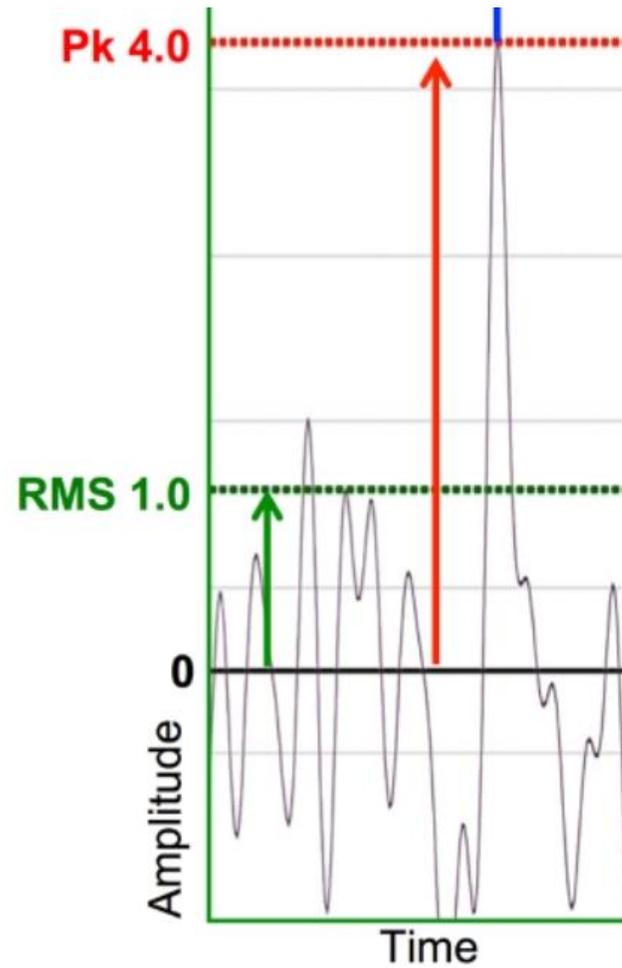
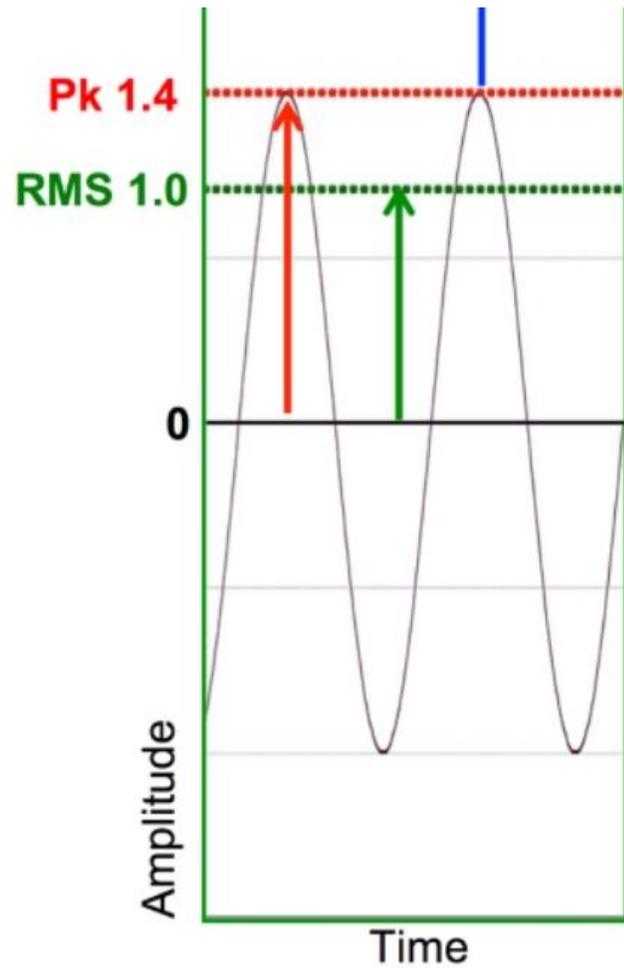
La norma UNI ISO 2631-1 definisce «impulsive» le vibrazioni caratterizzate da un *fattore di cresta* $CF \geq 9$, dove:

$$CF = \left| \frac{a_{w\text{-Peak}}}{a_w} \right|_T$$

Ovvero, CF è il rapporto tra il picco massimo di accelerazione ponderata registrato nel tempo di misura T , $a_{w\text{-Peak}}$, e il valore efficace (r.m.s.) dell'accelerazione ponderata a_w , per ciascuno dei tre assi, sullo stesso tempo di misura.



Vibrazioni meccaniche: la normativa



Vibrazioni meccaniche: la normativa

Ulteriori VLE e VA (solo per WBV)

Il **VDV** (Vibration Dose Value) è così definito:

$$VDV = \max(1,4 VDV_x ; 1,4 VDV_y ; VDV_z) \text{ m/s}^{1,75} \quad \text{con} \quad VDV(Te)_{x,y,z} = \sqrt[4]{\int_0^{Te} a_w(t)^4 dt} \text{ m/s}^{1,75}$$

La Direttiva 2002/44/CE (ma non il D.Lgs 81/08) stabilisce:

- **VA** giornaliero: $VDV = \mathbf{9,1 \text{ m/s}^{1,75}}$
- **VLE** giornaliero: $VDV = \mathbf{21 \text{ m/s}^{1,75}}$

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Ulteriori VLE e VA (solo per WBV)

Il **VDV** (Vibration Dose Value) è così definito:

$$VDV = \max(1,4 VDV_x; 1,4 VDV_y; VDV_z) \text{ m/s}^{1,75} \quad \text{con} \quad VDV(Te)_{x,y,z} = \sqrt[4]{\int_0^{Te} a_w(t)^4 dt} \text{ m/s}^{1,75}$$

La Direttiva 2002/44/CE (ma non il D.Lgs 81/08) stabilisce:

- **VA** giornaliero: $VDV = 9,1 \text{ m/s}^{1,75}$
- **VLE** giornaliero: $VDV = 21 \text{ m/s}^{1,75}$

**Il VDV enfatizza
le componenti
impulsive**

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Ulteriori VLE e VA (solo per WBV)

Il **MTTV** (Maximum Transient Vibration Value) si basa sul calcolo dell'accelerazione (ponderata) istantanea ed è definito come segue:

$$\text{MTVV}(t_0) = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0 - \tau}^{t_0} a_w^2(t) dt} \quad \text{m/s}^{1,75}$$

dove:

$a_w(t)$ = l'accelerazione istantanea ponderata in frequenza;

T = tempo di integrazione per la definizione della media;

t = tempo (variabile di integrazione);

Non è definito per l'MTTV un VA né un VLE!

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Ulteriori VLE e VA (solo per WBV)

Il metodo proposto dallo standard **ISO 2631-5** distingue due regimi di esposizione:

- 1) un primo regime in cui si manifestano condizioni espositive severe che sono tipiche dei veicoli militari fuoristrada o delle imbarcazioni ad alta velocità (generalmente con perdita del contatto tra soggetto e sedile)
- 2) Un secondo regime in cui si hanno condizioni espositive meno severe (senza eventi a caduta libera e con il soggetto che rimane seduto per tutta la durata della misurazione)

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Ulteriori VLE e VA (solo per WBV)

1) 2631-5 per esposizioni severe:

Variabile di stress R

$$R = \left[\sum_{i=0}^{n-1} \left(\frac{S_{d,i} N_i^{1/6}}{S_{u,i} - S_{stat,i}} \right)^6 \right]^{1/6}$$

$$\Pi = 1 - \exp \left[- \left(\frac{R}{\alpha} \right)^\beta \right]$$

N is the number of exposure days per year

i is the year counter

n is the number of years of exposure ($[n]=1$)

$S_{stat,i}$ is a constant representing the static stress due to gravitational force for year i

$S_{u,i}$ is the ultimate strength of the lumbar spine for a person of age $(b + i)$ years

b is the age at which the exposure starts ($[b]=1$).

	α	β
male	1,613 (1,460; 1,809)	2,799 (2,168; 3,511)
female	0,959 (0,854; 1,093)	3,709 (2,509; 5,207),

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Ulteriori VLE e VA (solo per WBV)

1) 2631-5 per esposizioni severe:

$$\Pi = 1 - \exp \left[- \left(\frac{R}{\alpha} \right)^\beta \right]$$

$\Pi < 10\%$: bassa probabilità di effetti sulla salute

$10\% < \Pi < 50\%$: situazione di attenzione

$\Pi > 50\%$: alta probabilità di effetti sulla salute

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Ulteriori VLE e VA (solo per WBV)

2) 2631-5 per esposizioni non severe:

$$S_d^A = \left(\sum_j S_j^{A6} \frac{t_{d,j}}{t_{m,j}} \right)^{1/6}$$

S_j^A is the dynamic compressive stress of the lumbar spine due to vibration exposure to condition j ;

$t_{d,j}$ is the time period of the daily vibration exposure to condition j ;

$t_{m,j}$ is the time period over which S_j^A has been measured.

S_d^A is the constant daily compressive dose

i year counter

N_i is the number of exposure days per year i

n is the number of exposure years

$S_{u,i}^A$ is the ultimate strength of a lumbar vertebra for a person of age $(b+i)$ years with b being the age at which the exposure started

$S_{stat,i}^A$ is the mean value of the compressive-decompressive force in Formula (A.1) divided by the area of a vertebra endplate B [mm²] [60] for year i .

Fattore di rischio R^A

$$R^A = \left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{S_d^A N_i^{1/6}}{S_{u,i}^A - S_{stat,i}^A} \right)^6 \right]^{1/6}$$

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Ulteriori VLE e VA (solo per WBV)

2) 2631-5 per esposizioni non severe:

$$R^A = \left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{S_d^A N_i^{1/6}}{S_{u,i}^A - S_{stat,i}^A} \right)^6 \right]^{1/6}$$

$R \leq 0,8$: bassa probabilità di effetti sulla salute

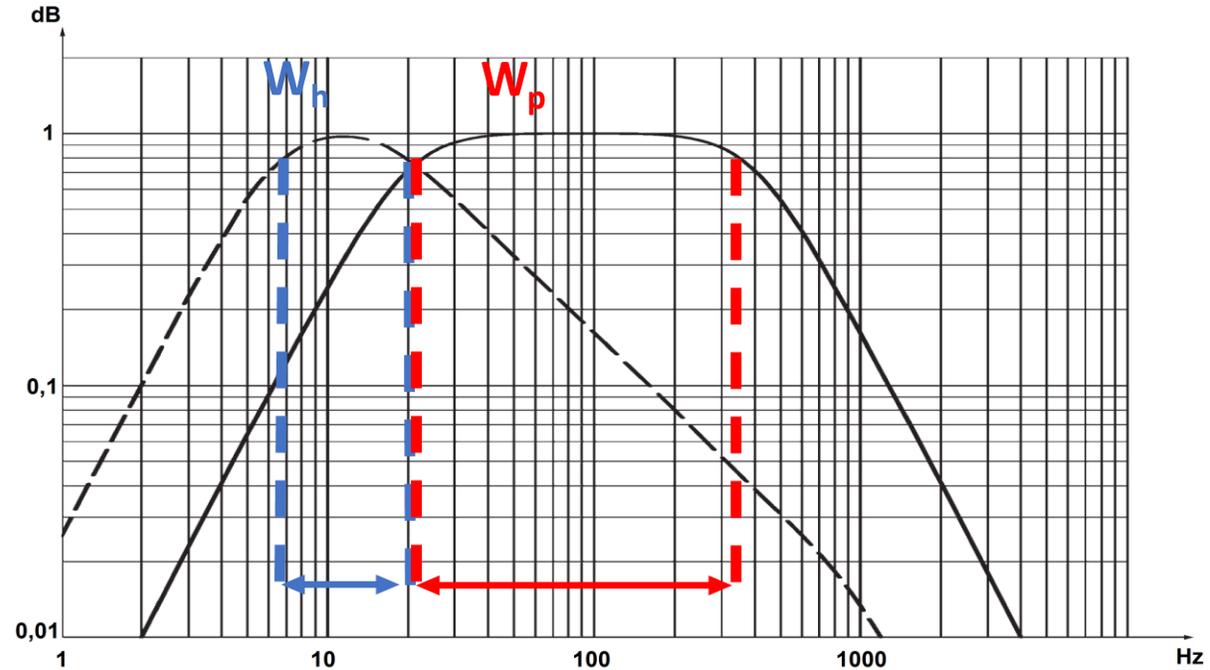
$0,8 < R < 1,2$: situazione di attenzione

$R \geq 1,2$: alta probabilità di effetti sulla salute

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Ulteriori VLE e VA (solo per HAV)

Basandosi su numerosi studi scientifici, il rapporto tecnico **ISO/TR 18570:2017** ha introdotto, per la **valutazione dei rischi dei soli effetti vascolari da HAV**, un metodo supplementare a quello proposto dalla ISO 5349-1:2004 con una nuova curva di ponderazione denominata **W_p**



esposizione giornaliera

$$a_{pv} = \sqrt{a_{px}^2 + a_{py}^2 + a_{pz}^2} \quad [m/s^2]$$

accelerazione totale ponderata in frequenza (W_p)

$$E_{p,d} = a_{pv} \sqrt{T} \quad [m/s^{1,5}]$$

VA per l'insorgenza del fenomeno di Reynaud
= 1150 ÷ 1750 m/s^{1,5}

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Ulteriori VLE e VA (solo per WBV)

Comfort

La distinzione principale che è opportuno fare è quella fra disturbo indotto da vibrazioni connesse alla propria attività lavorativa (*discomfort diretto*) e disturbo indotto da vibrazioni non connesse alla propria attività lavorativa (*discomfort indiretto*).

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Ulteriori VLE e VA (solo per WBV)

Discomfort diretto

Nel caso di vibrazioni provenienti solo dalla seduta:

$$a_{v1} = \sqrt{[(k_{xp} a_{wxp})^2 + (k_{yp} a_{wyp})^2 + (k_{zp} a_{wzsp})^2]} \text{ m/s}^2$$

con k_{xp} , k_{yp} , $k_{zp} = 1$. L'asse z viene ponderato con la curva W_k , x e y vengono ponderati con la curva W_d (come la normale VdR WBV)

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Ulteriori VLE e VA (solo per WBV)

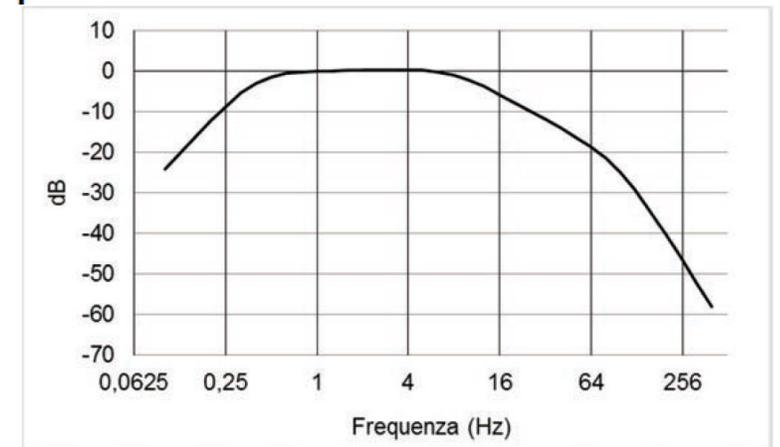
Discomfort diretto

Nel caso di vibrazioni provenienti anche dallo schienale:

$$a_{v2} = \sqrt{\left[(k_{xp} a_{wxp})^2 + (k_{yp} a_{wyp})^2 + (k_{zp} a_{wzp})^2 + (k_{xs} a_{wxs})^2 + (k_{ys} a_{wys})^2 \right]} \text{ m/s}^2$$

con k_{xp} , k_{yp} , $k_{zp} = 1$, $k_{xx} = 0,8$ $k_{ys} = 0,5$

L'asse x viene ponderato con la curva W_c



Vibrazioni meccaniche: la normativa

Ulteriori VLE e VA (solo per WBV)

Discomfort diretto

Non esistono indicazioni normative riguardo alla dipendenza del discomfort dal profilo temporale della vibrazione (come per il calcolo dell'A(8)). Quindi i valori di a_{v1} o a_{v2} vanno valutati con riferimento alla relazione riportata in Appendice C della ISO 2631-1, ovvero:

Valore totale di vibrazione (m/s ²)	Livello di discomfort
< 0,315	nessun disagio
da 0,315 a 0,63	lieve disagio
da 0,5 a 1	disagio percepibile
> 0,8	disagio

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Ulteriori VLE e VA (solo per WBV)

Discomfort indiretto

Il discomfort indiretto può applicarsi a tutti quei soggetti che esplicano la loro attività lavorativa all'interno di edifici in presenza di una significativa sorgente esterna di vibrazioni, ad esempio gli addetti di amministrazione di un'azienda tessile il cui ufficio si trovi adiacente all'area telai, ovvero in diretta prossimità di una infrastruttura stradale/ferroviaria.

La norma UNI 9614:2017 riporta la metodologia per il calcolo del descritto di discomfort indiretto.

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Ulteriori VLE e VA (solo per WBV)

Discomfort indiretto

In estrema sintesi, il procedimento illustrato nella UNI 9614 è il seguente:

- si eseguono, o si estraggono da un'unica misura di lunga durata, misure di breve durata relative a singoli eventi. Il metodo di estrazione dipende dalla tipologia di sorgente vibratoria;
- si caratterizza la vibrazione di ciascuno di questi eventi mediante il relativo MTVV triassiale, con ponderazione in frequenza W_m definita nello standard ISO 2631-2, e pesatura assiale $k = 1$ su tutti gli assi;
- si stima un estremo superiore «statistico» della serie dei valori di MTVV ottenuti come al punto precedente;
- si sottrae a questo valore un valore descrittivo del background;
- il risultato viene confrontato con dei valori limite di accettabilità che sono differenziati per tipologia di soggetto interessato. Ai soggetti professionalmente esposti si applica un limite di 14 mm/s^2 che è più alto, come è facilmente immaginabile, rispetto a quelli che si applicano per la cittadinanza.

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Valutazione dei rischi (art. 202)

L'accelerazione prodotta da un utensile (HAV) o da un veicolo (WBV) può essere stimata per tre diverse vie, ovvero attraverso:

1. Informazioni reperite in **banche dati di vibrazioni (BDV)** riconosciute
2. Informazioni fornite dal **costruttore** delle attrezzature
3. **Misurazioni dirette** di accelerazione

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Valutazione dei rischi (art. 202)

Le FAQ C.6 e C.7 descrivono quando e come è possibile ricorrere ai dati di esposizione riportati nelle banche dati riconosciute (INAIL e Regioni) e/o ai dati forniti dal fabbricante. In particolare:

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Valutazione dei rischi (art. 202)

I dati delle banche dati vibrazioni (BDV) si possono usare solo se:

- il macchinario è usato in maniera conforme a quanto indicato dal costruttore;
- il macchinario è in buone condizioni di manutenzione;
- disponibilità di tutti gli elementi utili per una eventuale bonifica del rischio (Guida INAIL)

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Valutazione dei rischi (art. 202)

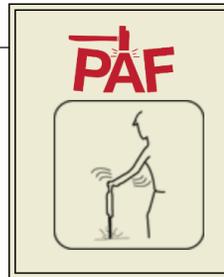
I dati del fabbricante si possono usare solo se:

- il macchinario è usato in maniera conforme a quanto indicato dal costruttore;
- il macchinario è in buone condizioni di manutenzione;
- siano disponibili, se richiesti, fattori correttivi (Guida INAIL);
- disponibilità di tutti gli elementi utili per una eventuale bonifica del rischio (Guida INAIL)

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Valutazione dei rischi (art. 202)

BDV del Portale Agenti Fisici
(www.portaleagentifisici.it)



PAF > HAV: MACCHINARI: **2.896** MISURE: **4.913** ULTIMO AGGIORNAMENTO **18-12**

Banca Dati Vibrazioni Manobraccio

Marca

Modello

Tipologia

Alimentazione

Valore misurato minore di m/s²

Valore dichiarato minore di m/s²

peso minore di kg

potenza minore di kW

ORDINA PER VALORE Misurato Dichiarato Peso Potenza

CERCA

1 2 3 **Avanti**

[Home](#)

[Corsi, Webinar, Eventi PAF](#)

[Podcast](#)

[Rumore](#)

[Vibrazioni Mano-Braccio](#)

[Descrizione del rischio](#)

[Guida all'uso](#)

[Banca dati](#)

[Banca dati](#)

[Procedura guidata di valutazione](#)

[Normativa](#)

[Calcolo Esposizione](#)

[Prevenzione e protezione](#)



**HILTI
706**

Tipologia: Martelli perforatori per lapidei e martelli rotati[...] **Alimentazione:**

Elettrica 220V-380V **Peso:** 7.9 Kg **Potenza:** 1.2 kW

9 m/s² Max valore
dichiarato dal
produttore

Ing. Angelo Tirabasso – 4 maggio 2023

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Valutazione dei rischi (art. 202)

BDV del Portale Agenti Fisici
(www.portaleagentifisici.it)

Scheda Macchinario 

Marca: HILTI
Modello: TE 10A
Tipologia: Trapani (diritti, a pistola, angolari)
Costruito nel: n.d.
Alimentazione: Elettrica BT 48V-24V
Dispositivi antivibranti: Assenti
Fonte dati: Acquisito sul campo da misuratore



Valori dichiarati ai sensi della norma **EN 50144-2-1**
(x 1,0 Avvitatura, Foratura - x 1,5 Foratura con o senza impulso (percussione))

CONDIZIONE	MATERIALE	ACCESSORIO	VALORE K ⁽¹⁾	Note
Nessun dato dichiarato				

(1) Incertezza estesa

Misure sul Campo (Clicca per visualizzare le misure in campo)

LAVORAZIONE: FORATURA
MATERIALE LAVORATO: Calcestruzzo
ACCESSORIO: Punta piramidale, punta conica
COMPARTO: Costruzioni edili

4.8 m/s²

Referente: CPT Torino (seg@cpt.to.it)
Luogo: CANTALUPA (TO) in data 26/02/2007
Caratteristiche accessorio: Punta piramidale, punta conica NOTE: scheda 330

Valori relativi all'impugnatura a maggiore esposizione (Anteriore)

A _{hx} (Media aritmetica)	A _{hy} (Media aritmetica)	A _{hz} (Media aritmetica)	A _{h_v sum}
3.1 m/s ²	2.1 m/s ²	2.5 m/s ²	4.5 m/s ²
Deviazione standard 0.11 m/s ²	Deviazione standard 0.13 m/s ²	Deviazione standard 0.13 m/s ²	Deviazione standard x 1,645: 0.32 m/s ²
Media aritmetica + Deviazione standard: 3.2 m/s²	Media aritmetica + Deviazione standard: 2.2 m/s²	Media aritmetica + Deviazione standard: 2.6 m/s²	A _{h_v sum} + (Dev. std. x 1,645): 4.8 m/s²

Marca: HUSQVARNA
Modello: 55
Tipologia: Sega a catena (motosega)
Costruito nel: 1999
Peso: 5.2 kg
Potenza: 2.5 kW
Alimentazione: Motore a scoppio benzina
Cilindrata: 53 cc
Dispositivi antivibranti: Assenti
Ultimo aggiornamento: 03-11-2015
Fonte dati: Libretto uso manutenzione



 Manuale di istruzioni ed uso acquisito in sede di misura/censimento
 (La redazione non risponde di eventuali modifiche e/o aggiornamenti apportati dal costruttore)

Valori dichiarati ai sensi della norma **EN ISO 22867**

CONDIZIONE	MATERIALE	ACCESSORIO	VALORE K ⁽¹⁾	Note
NON INDICATO	NON INDICATO	NON INDICATO	4,9 m/s ²	Impugnatura anteriore
NON INDICATO	NON INDICATO	NON INDICATO	7,2 m/s ²	Impugnatura posteriore

(1) Incertezza estesa

Misure sul Campo (Clicca per visualizzare le misure in campo)

LAVORAZIONE: TAGLIO
MATERIALE LAVORATO: LEGNO
ACCESSORIO: NON INDICATO
COMPARTO: COSTRUZIONI EDILI

7.2 m/s²

Referente: CPT Perugia (info@cptperugia.it)
Luogo: NARNI (TR) in data 27-06-2007
Caratteristiche accessorio: NON INDICATO

Valori relativi all'impugnatura a maggiore esposizione (Sinistra)

A _{hx} (Media aritmetica)	A _{hy} (Media aritmetica)	A _{hz} (Media aritmetica)	A _{h_v sum}
5.1	2.2 m/s ²	1.6 m/s ²	5.8 m/s ²
Deviazione standard 0.92 m/s ²	Deviazione standard 0.16 m/s ²	Deviazione standard 0.3 m/s ²	Deviazione standard x 1,645: 1.39 m/s ²
Media aritmetica + Deviazione standard: 6 m/s²	Media aritmetica + Deviazione standard: 2.4 m/s²	Media aritmetica + Deviazione standard: 1.9 m/s²	A _{h_v sum} + (Dev. std. x 1,645): 7.2 m/s²

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Valutazione dei rischi (art. 202)

Informazioni reperite nel manuale fornito dal costruttore

CARATTERISTICHE TECNICHE	
Caratteristiche tecniche	
	55 Rancher
Motore	
Cilindrata, cm ³	53,2
Alesaggio, mm	46
Corsa, mm	32,0
Regime del motore al minimo, giri/min	2500
Potenza, KW	2,5/9000
Sistema di accensione	
Candela	Champion RCJ 7Y/ NGK BPMR 7A
Distanza all'elettrodo, mm	0,5
Carburante, lubrificazione	
Capacità serbatoio carburante, litri	0,6
Capacità pompa dell'olio a 9000 giri/min, ml/min	9
Capacità serbatoio olio, litri	0,3
Tipo di pompa dell'olio	Automatico
Peso	
Motosega senza lama e catena, a secco, kg	5,2
Emissioni di rumore (vedi nota 1)	
Livello potenza acustica, misurato dB(A)	110
Livello potenza acustica, garantito L _{WA} dB(A)	111
Livelli di rumorosità (vedi nota 2)	
Livello di pressione acustica equivalente, all'udito dell'utente, dB(A)	103
Livelli equivalenti di vibrazione, a_{hveq} (vedi nota 3)	
Impugnatura anteriore, m/s ²	4,9
Impugnatura posteriore, m/s ²	7,2
Lama/catena	
Lama di lunghezza standard, pollici/cm	15"/38
Lunghezze raccomandate della lama, pollici/cm	13-20"/33-50
Lunghezza di taglio effettiva, pollici/cm	12-19"/31-48
Partitura, pollici/mm	0,325/8,25
	3/8" /9,52
Spessore della maglia di trazione, pollici/mm	0,050/1,3
	0,058/1,5

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Valutazione dei rischi (art. 202)

Misurazioni dirette

secondo la **ISO 5349-1,2**
per HAV



secondo la **ISO 2631-1**
per WBV



Vibrazioni meccaniche: la normativa

Valutazione dei rischi (art. 202)

Misurazioni dirette (standard di riferimento)

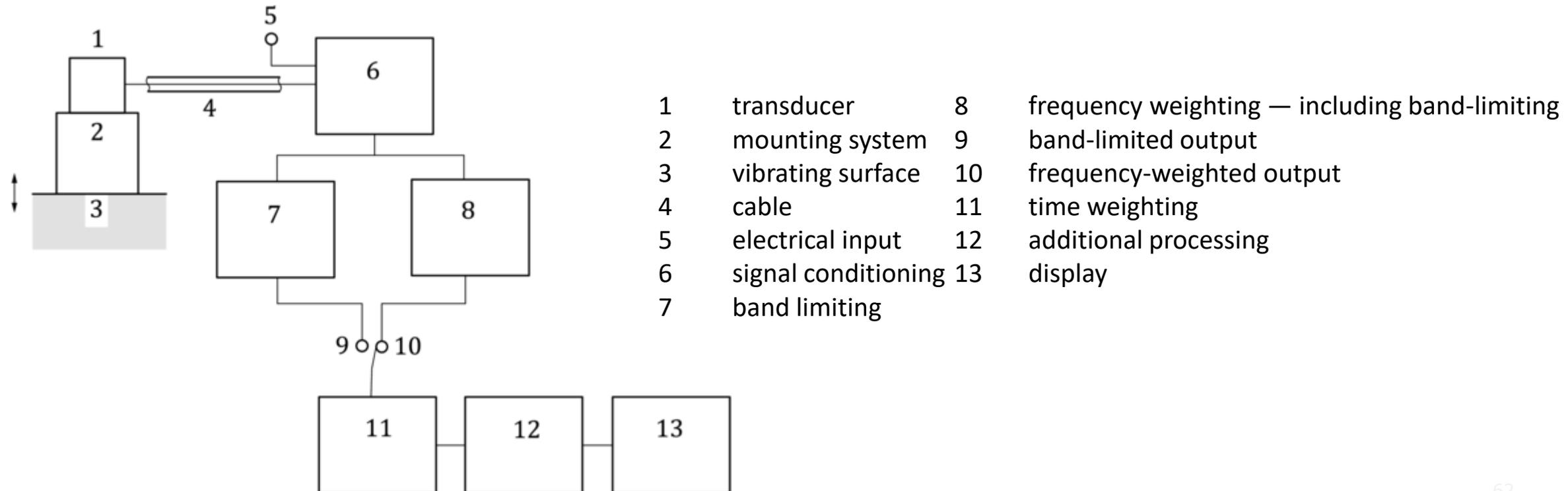


Vibrazioni meccaniche: la normativa

Valutazione dei rischi (art. 202)

ISO 8041-1

Example of the basic functional path of a vibration measurement instrument or measurement system — time-domain signal processing



Vibrazioni meccaniche: la normativa

Valutazione dei rischi (art. 202)

Esempi commerciali di strumenti per la misura (e l'analisi) delle vibrazioni



Vibrazioni meccaniche: la normativa

Valutazione dei rischi (art. 202)

Come effettuare le misure di vibrazioni (sia HAV che WBV)

Preliminarmente:

- studio del ciclo produttivo, delle mansioni, delle postazioni di misura e dei macchinari utilizzati nei vari reparti delle aree di lavoro;
- ricerca di informazioni sui tempi di permanenza dei lavoratori nelle singole postazioni di misura

Al termine delle misure

- Valutare di calcolare l'incertezza da associare al descrittore dell'esposizione a vibrazioni

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Valutazione dei rischi (art. 202)

Come effettuare le misure di vibrazioni HAV (ISO 5349-1,2)

1. nel caso di attrezzature che devono essere tenute con entrambe le mani, la misurazione è eseguita su ciascuna delle due mani (per l'esposizione prendere il valore più alto);
2. gli accelerometri devono essere saldamente fissati sull'impugnatura dell'utensile, e la loro presenza non deve influenzare le modalità di prensione e lavorazione normalmente adottate dall'operatore (adattatori palmari);
3. fissare i cavi degli accelerometri in modo che non oscillino troppo, per evitare artefatti nel segnale rilevato (rumore triboelettrico).

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Valutazione dei rischi (art. 202)

Come effettuare le misure di vibrazioni HAV (ISO 5349-1,2)

4. Eseguire almeno 3 misure per ciascun soggetto esposto (punto 5.4.1 della norma ISO EN 5349-2)
5. Ciascuna delle 3 misure deve avere durata almeno di 20 secondi;
6. Calcolo del valore totale di vibrazioni a_{hv}
7. Calcolo dell'indicatore di rischio giornaliero (A(8)) e per i periodi brevi (coincidente con il valore massimo a_{hv} trovato per le varie ripetizioni e i diversi gruppi omogenei di lavoratori)
8. Eventuale calcolo del valore a_{pv} per valutare il rischio vascolare

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Valutazione dei rischi (art. 202)

Come effettuare le misure di vibrazioni WBV (ISO 2631-1)

1. le misure vanno effettuate sulla superficie di contatto tra il corpo e la sorgente di vibrazioni;
2. l'accelerometro triassiale va inserito in un adattatore di superficie elevate in modo da aderire meglio possibile alla seduta e fissato tramite nastro adesivo sul sedile del mezzo di guida (o sul pavimento nel caso di esposizione del lavoratore in posizione eretta)
3. il trasduttore deve essere collocato a metà strada fra le due tuberosità ischiatiche, perpendicolarmente alla colonna vertebrale. Nel caso di soggetti che operano in posizione eretta il trasduttore va collocato fra i due piedi

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Valutazione dei rischi (art. 202)

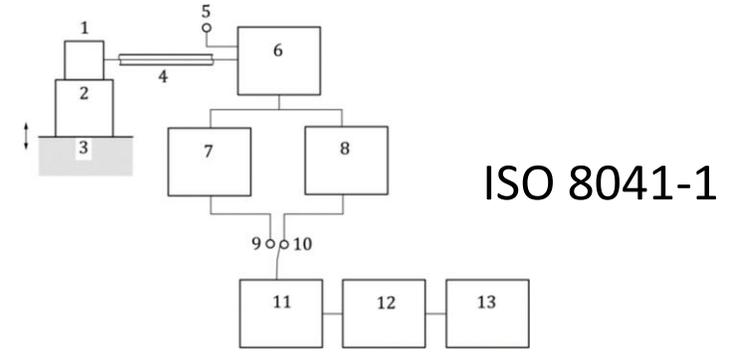
Come effettuare le misure di vibrazioni WBV (ISO 2631-1)

4. Eseguire almeno 3 misure per ciascun soggetto esposto (anche se non specificato dalla norma tecnica)
5. Ciascuna misura deve avere durata almeno di 240 secondi;
6. Calcolo del valore totale di vibrazioni a_v
7. Calcolo dell'indicatore di rischio giornaliero ($A(8)$) e per i periodi brevi (coincidente con il valore massimo a_v trovato per le varie ripetizioni e per i diversi gruppi omogenei di lavoratori)
8. Eventuale calcolo di altri indicatori di rischio nel caso di vibrazioni a carattere impulsivo ($CF > 9$), o nel caso di vibrazioni a bassa frequenza (mal dei trasporti, comfort)

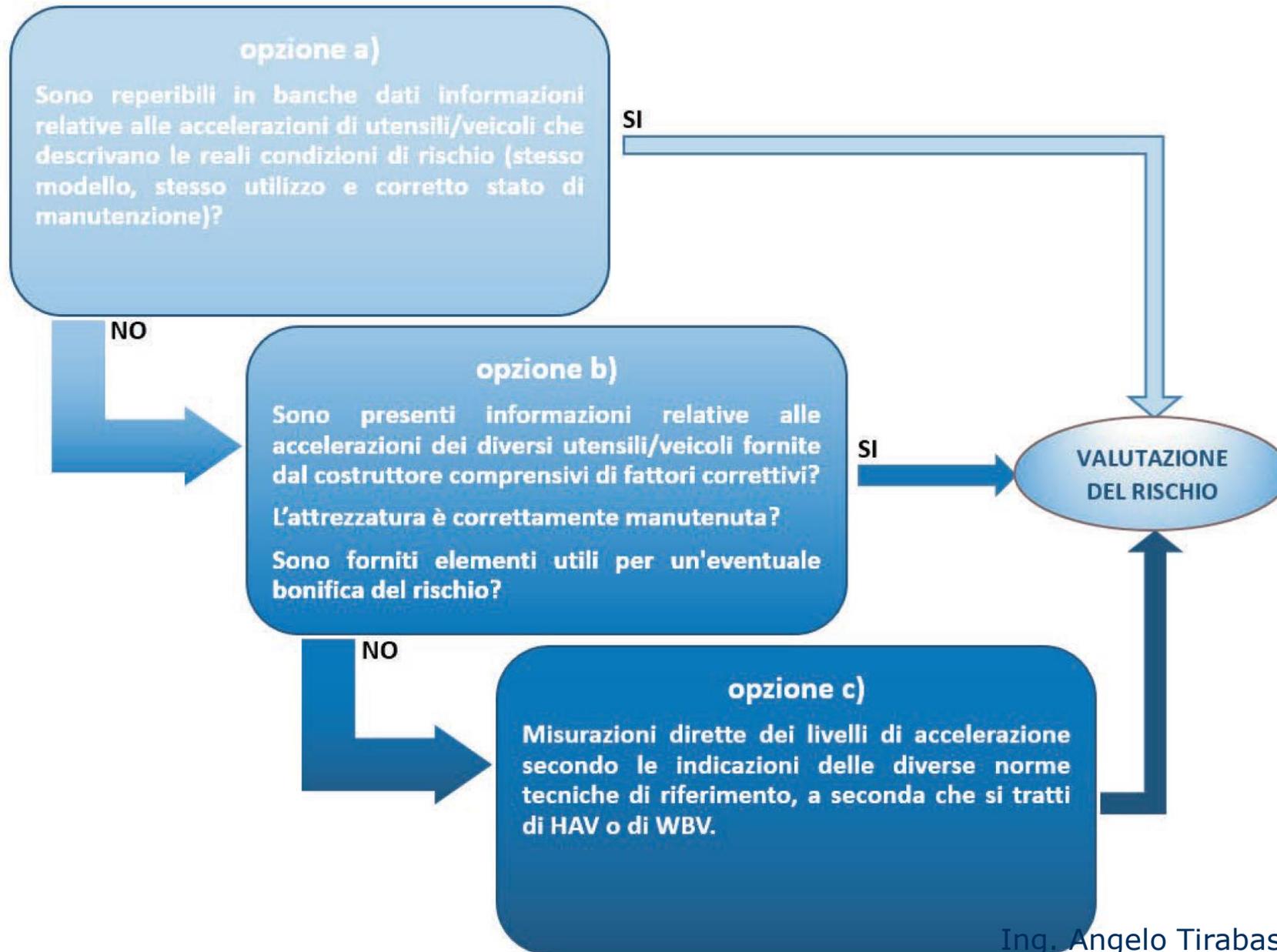
Vibrazioni meccaniche: la normativa

Valutazione dei rischi (art. 202)

Come effettuare le misure di vibrazioni HAV



Vibrazioni meccaniche: la normativa



Vibrazioni meccaniche: la normativa

Valutazione dei rischi (art. 202)

Fonte dei dati di accelerazione	Pro	Contro
Forniti dal costruttore (manuale utente)	<ul style="list-style-type: none">• Immediatamente fruibili	<ul style="list-style-type: none">• Acquisiti in condizioni «controllate»• Conflitto di interessi
Banche dati vibrazioni	<ul style="list-style-type: none">• Prese su campo da personale qualificato• Facilmente fruibili	<ul style="list-style-type: none">• Acquisiti in condizioni «particolari»• Limitato numero di attrezzature reperibili
Misurazioni dirette	<ul style="list-style-type: none">• Rispondenti alla reale condizione espositiva	<ul style="list-style-type: none">• Costose e non semplici (strumentazione, personale qualificato, tempo di esecuzione, ecc)

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Valutazione dei rischi (art. 202)

Alcuni tra gli ulteriori elementi che il datore di lavoro deve tenere in conto:

- il livello, il tipo e la durata delle esposizioni a **urti e vibrazioni intermittenti**;
- la presenza di **lavoratori particolarmente sensibili** al rischio;
- l'esistenza di **attrezzature alternative progettate per ridurre le vibrazioni**;
- eventuali esposizioni a vibrazioni **oltre l'orario di lavoro**;
- **cofattori di rischio** (bassa T, umidità, sovraccarico biomeccanico, ecc.);
- **informazioni** raccolte dalla s. sanitaria o dalla letteratura scientifica.

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Valutazione dei rischi (art. 202)

Lavoratori particolarmente sensibili al rischio da vibrazioni (FAQ A.2)

1. **minori** (L. 977/67 e s.m.i.)
2. **lavoratrici in gravidanza, post gravidanza e in allattamento** (D.Lgs 151/2001);



Vibrazioni meccaniche: la normativa

Valutazione dei rischi (art. 202)

Lavoratori particolarmente sensibili al rischio da vibrazioni (FAQ A.2)

3. lavoratori affetti da patologie, disturbi o condizioni patologiche anche temporanei, o sottoposti a terapie oppure portatori di condizioni di ipersuscettibilità individuale. Tra queste si segnalano:

- Soggetti portatori di protesi esterne o interne (eccetto protesi dentarie)
- Soggetti portatori di pacemaker o dispositivi elettronici impiantati;
- Persone affette da patologie o disturbi degli apparati cardiovascolare, neurologico e muscolo-scheletrico che possono essere aggravati dall'esposizione a vibrazioni HAV e/o WBV
- Persone sottoposte a recente intervento chirurgico di qualsiasi tipo.
- Assunzione di farmaci con effetti cardiocircolatori o neurologici avversi.
- Abitudine e/o abuso di sostanze voluttuarie (fumo, alcool, stupefacenti).
- Sindromi metaboliche, obesità o soggetti in sovrappeso severo.
- Grave miopia, in relazione al possibile distacco retinico in presenza di WBV impulsive o impatti ripetuti.

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Valutazione dei rischi (art. 202)

Quali sono le condizioni nelle quali la valutazione del rischio può concludersi con la “giustificazione”? (FAQ C.3)

In genere la "giustificazione" è praticabile in assenza di lavorazioni che comportino l'impiego di macchinari che espongono a vibrazioni.

Nello specifico, la suddetta FAQ propone una lista di controllo nella quale condizione necessaria affinché si possa giustificare il rischio vibrazioni è che non emerga nessun «No» ai quesiti proposti

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Valutazione dei rischi (art. 202)

lista di controllo per la valutazione del rischio vibrazioni

Livello espositivo	Domanda	SI/NO
a) Qualsiasi livello espositivo (inferiore o superiore ai valori di azione/limite)	E' disponibile l'elenco di tutti i macchinari che espongono a vibrazioni? E' disponibile il manuale di istruzioni ed uso di ciascun macchinario? Contiene le informazioni inerenti l'esposizione a vibrazioni? Esiste ed è attuata una procedura di manutenzione mirata al controllo rischio vibrazioni (tenuto conto anche di quanto scritto nel manuale di istruzioni ed uso del macchinario) Le procedure aziendali prevedono che nell'acquisto di nuovi macchinari si preveda di privilegiare macchinari a bassi livelli di vibrazioni a parità di prestazioni?	
	E' stata valutata la possibilità di utilizzare attrezzature o metodiche alternative per ridurre il rischio associato all'uso dei macchinari vibranti?	
	La lavorazione con ciascun macchinario avviene in posture di lavoro corrette e modalità operative ergonomiche?	
	Le condizioni di lavoro particolari come le basse temperature, il bagnato, l'elevata umidità sono tenute adeguatamente sotto controllo ?	
	Qualora le vibrazioni interferiscano con le attività lavorative compromettendo sicurezza o prestazioni (es. a bordo di mezzi, piattaforme etc.) sono state messe in atto adeguate misure di tutela?	
	Sono state predisposte procedure ad hoc per la tutela dei soggetti che possano venirsi a trovare (o si trovino) in condizioni di suscettibilità individuale? E' stata valutata la necessità di predisporre misure di tutela specifiche per soggetti in condizioni di suscettibilità individuale?	

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Valutazione dei rischi (art. 202)

lista di controllo per la valutazione del rischio vibrazioni

Livello espositivo	Domanda	SI/NO
b) Per valori espositivi superiori a valori di azione Oltre a quanto previsto al precedente punto a)	E' stata predisposta ed attuata formazione specifica sulle misure di tutela predisposte in azienda ai fini della riduzione del rischio vibrazioni?	
	E' stata valutata la possibilità di ridurre il rischio mediante accessori, guanti antivibranti, sedili etc.?	
	E' predisposta ed attuata la sorveglianza sanitaria specifica da parte del MC?	
	I risultati della sorveglianza sanitaria sono stati presi in esame ai fini della valutazione del rischio?	
c) Per valori superiori ai valori limite Oltre a quanto previsto al precedente punto b)	Sono state messe in atto misure immediate per riportare l'esposizione a valori inferiori ai VLE? Quali sono? Risultano efficaci?	

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Misure di prevenzione e protezione (art. 203)

quando vengono superati i VA, il datore di lavoro elabora un programma di misure volte a ridurre al minimo l'esposizione a vibrazioni, tra cui:

- a) adottare obbligatoriamente **sistemi di lavoro alternativi** che generino meno vibrazioni e/o che consentano di ridurre al minimo la forza di prensione;
- b) **acquistare o sostituire** le attrezzature che abbiano bassi valori di vibrazione (consultando ad esempio la BDV);
- c) fornire idonei **DPI** (sedili per le WBV, maniglie e/o guanti per le HAV);

Vibrazioni meccaniche: la normativa

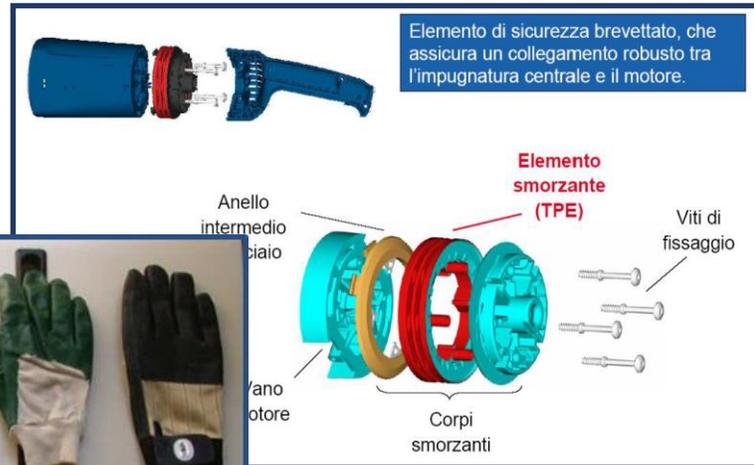
Misure di prevenzione e protezione (art. 203)

- d) **modificare** le attrezzature esistenti con elementi smorzanti/antivibranti;
- e) effettuare i programmi di **manutenzione** delle attrezzature;
- f) progettare **percorsi** scegliendo quelli meno accidentati (WBV);
- g) **informare** e **formare** i lavoratori sull'uso delle attrezzature e dei DPI;
- h) **limitare** la durata e l'intensità dell'esposizione;
- i) organizzare orari di lavoro appropriati, con adeguati **periodi di riposo**;
- j) fornire ai lavoratori esposti indumenti e guanti per il **freddo**.

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Misure di prevenzione e protezione: i DPI e i DPC

HAV



WBV



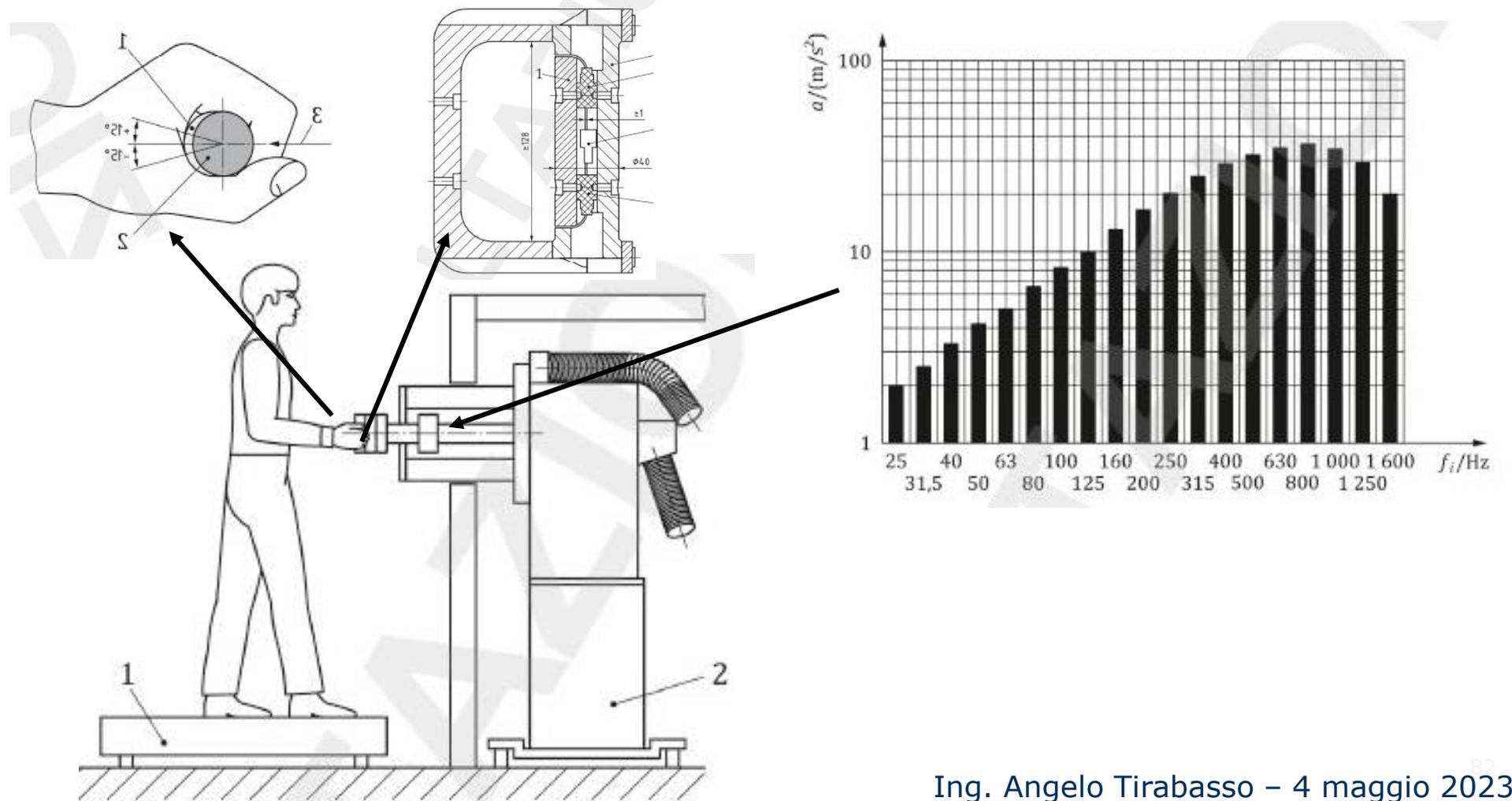
Vibrazioni meccaniche: la normativa

Metodi di certificazione dei guanti (UNI EN ISO 10819:2019)



Vibrazioni meccaniche: la normativa

Metodi di certificazione dei guanti (UNI EN ISO 10819:2019)



Vibrazioni meccaniche: la normativa

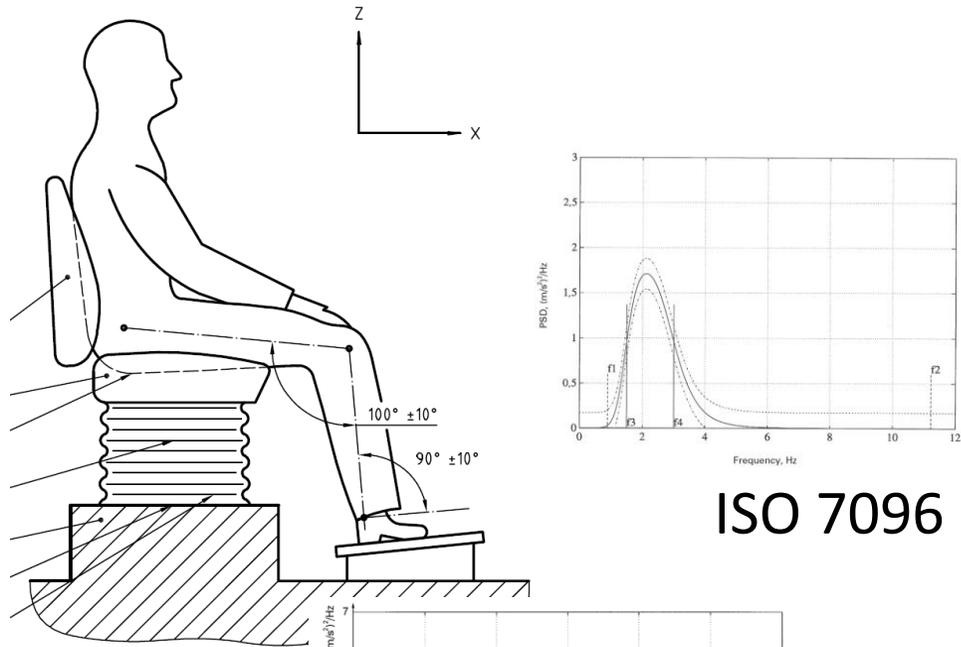
Metodi di certificazione sedili

Riferimento	Tipologia	Settore/veicolo	Contenuti
Regolamento n.167/2013 del Parlamento europeo e del Consiglio	Legislazione europea	Agricolo e forestale	Omologazione e verifica del mercato
UNI EN ISO 10326-1:2016	Normativa tecnica	Molteplici	Requisiti generali per la verifica della trasmissibilità in laboratorio
UNI EN ISO 7096:2009	Normativa tecnica	Movimentazione terra	Verifica della trasmissibilità in laboratorio su nove tipi di macchine
UNI EN 13490:2009	Normativa tecnica	Carrelli industriali	Verifica della trasmissibilità in laboratorio su sette tipi di macchine
ISO 5007:2003	Normativa tecnica	Trattori agricoli su ruote	Valutazione dell'efficacia su tre intervalli di massa del veicolo

Vibrazioni meccaniche: la normativa

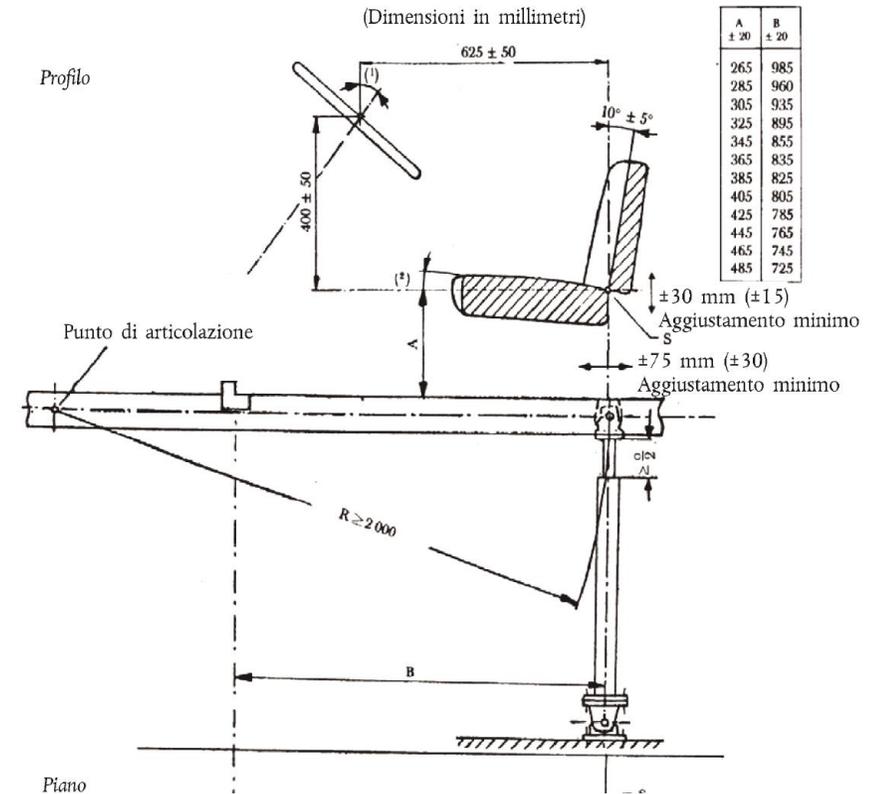
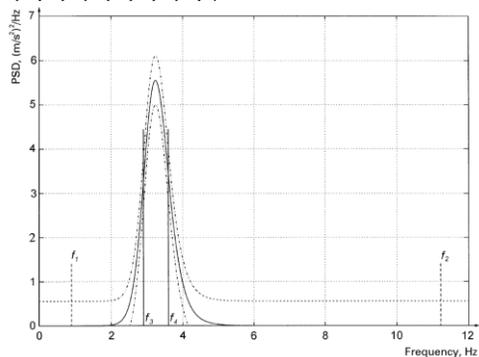
Metodi di certificazione sedili

Esempi



ISO 7096

ISO 5007



Regolamento 167/2013

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Misure di prevenzione e protezione:

Mitigazione degli effetti delle vibrazioni



Vibrazioni meccaniche: la normativa

Sorveglianza sanitaria (art. 204)

Devono essere sottoposti a sorveglianza sanitaria tutti i lavoratori esposti a valori totali di vibrazioni superiori ai VA e cioè: **2,5 m/s²** per le HAV e **0,5 m/s²** per le WBV

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Sorveglianza sanitaria (art. 204)

Anche in caso di esposizione a valori inferiori ai VA, a giudizio del medico competente, può essere ugualmente attivata la sorveglianza sanitaria (comma 2).

Ad esempio (FAQ A.6):

- in presenza di soggetti particolarmente sensibili;
- in presenza di rilevanti co-fattori di rischio espositivo, esposizione a basse temperature, al bagnato, all'elevata umidità o al sovraccarico biomeccanico degli arti superiori e del rachide, oppure a singoli impatti o urti ripetuti di elevata intensità

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Esempio esposizione ad HAV

Un lavoratore espleta la sua attività di levigatura con una smerigliatrice Bosch modello GWS 24-230 JVX



Dati

Fabbricante: $a_h = 6,5 \text{ m/s}^2$ (sgrossatura) – incertezza $K = 1,5 \text{ m/s}^2$

BDV PAF: presenti dati di altre smerigliatrici simili

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Esempio esposizione ad HAV

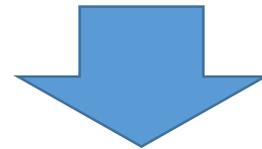
Un lavoratore espleta la sua attività di levigatura con una smerigliatrice Bosch modello GWS 24-230 JVX



Dati

Fabbricante: $a_h = 6,5 \text{ m/s}^2$ (sgrossatura) – incertezza $K = 1,5 \text{ m/s}^2$

BDV PAF: presenti dati di altre smerigliatrici simili



Si può utilizzare il dato del fabbricante per la sola sgrossatura, altrimenti bisogna procedere con le misurazioni dirette

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Esempio esposizione ad HAV

Dalle misure effettuate (con tempi di acquisizione T_m superiori a 20 s) si ottengono, ad esempio, i seguenti valori ponderati (W_h):

Misura	a_{hwx} (m/s^2)	a_{hwy} (m/s^2)	a_{hwz} (m/s^2)	T_m (s)
1	4,9	3,0	9,8	25,8
2	5,6	4,2	10,8	31,2
3	5,1	3,5	8,7	30,7

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Esempio esposizione ad HAV

Da cui si ottengono i seguenti valori medi quadratici (r.m.s.), pesati per con i rispettivi tempi di misura:

	a_{hwx} (m/s ²)	a_{hwy} (m/s ²)	a_{hwz} (m/s ²)
Media quadratica	5,23	3,63	9,81

Dai suddetti valori assiali si ottiene il valore totale di vibrazioni

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2} = 11,7 \text{ m/s}^2$$

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Esempio esposizione ad HAV

Dall'analisi delle normali lavorazioni, si stima che il tempo medio di utilizzo della smerigliatrice sia $T_e = 52,5$ min

Si procede, pertanto, al calcolo dell'indicatore di rischio $A(8)$:

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T_e}{T_0}} = 11,7 \sqrt{\frac{52,5}{480}} = 3,9 \text{ m/s}^2$$

Il valore di $A(8)$ è inferiore al VLE (5 m/s^2) ma superiore al VA ($2,5 \text{ m/s}^2$), pertanto sarà necessario procedere con la messa a punto di un piano di riduzione del rischio e ripetere la valutazione.

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Esempio esposizione ad HAV

L'esposizione su *periodi brevi* è pari al più alto dei valori totali di vibrazione misurati, ovvero $11,7 \text{ m/s}^2$, e risulta pertanto inferiore al valore limite di 20 m/s^2 per le HAV.

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Esempio esposizione a WBV

Un lavoratore espleta la sua attività di movimentazione terra a bordo di un escavatore Komatsu PC 240-6

Dati

Fabbricante: nessun dato presente

BDV PAF: presenti dati di altri escavatori simili



Vibrazioni meccaniche: la normativa

Esempio esposizione a WBV

Un lavoratore espleta la sua attività di movimentazione terra a bordo di un escavatore Komatsu PC 240-6

Dati

Fabbricante: nessun dato presente

BDV PAF: presenti dati di altri escavatori simili



Necessario effettuare misurazioni dirette

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Esempio esposizione a WBV

Dalle misure effettuate (con tempi di acquisizione T_m superiori a 240 s) si ottengono, ad esempio, i seguenti valori ponderati (W_k , W_d):

Misura	a_{wx} (m/s ²)	a_{wy} (m/s ²)	a_{wz} (m/s ²)	T_m (s)
1	0,58	0,28	0,38	242,2
2	0,49	0,30	0,46	265,6
3	0,52	0,37	0,36	282,0

Da cui si ottengono i seguenti valori medi quadratici (r.m.s.) a_{wI} , pesati per i rispettivi tempi di misura:

	x	y	z
Media quadratica a_{wI}	0,53	0,32	0,40

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Esempio esposizione a WBV

	x	y	z
Media quadratica a_{wi}	0,53	0,32	0,40

Dai suddetti valori assiali si ottiene il valore totale di vibrazioni

$$a_v = \sqrt{k_x^2 a_{wx}^2 + k_y^2 a_{wy}^2 + k_z^2 a_{wz}^2} = 0,96 \text{ m/s}^2$$

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Esempio esposizione a WBV

Dall'analisi delle normali lavorazioni, si stima che il tempo medio di utilizzo dell'escavatore sia $T_e = 190$ min. Si procede, pertanto, al calcolo degli $A(8)$ assiali e dell' $A(8)$ triassiale:

$$A(8)_x = k_x a_x \sqrt{\frac{T_e}{T_0}} = 1,4 \times 0,53 \sqrt{\frac{190}{480}} = 0,47 \text{ m/s}^2$$

$$A(8)_y = k_y a_y \sqrt{\frac{T_e}{T_0}} = 1,4 \times 0,32 \sqrt{\frac{190}{480}} = 0,28 \text{ m/s}^2$$

$$A(8)_v = a_v \sqrt{\frac{T_e}{T_0}} = 0,96 \sqrt{\frac{190}{480}} = 0,60 \text{ m/s}^2$$

$$A(8)_z = k_z a_z \sqrt{\frac{T_e}{T_0}} = 1,0 \times 0,40 \sqrt{\frac{190}{480}} = 0,25 \text{ m/s}^2$$

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Esempio esposizione a WBV

Considerato che per nessun asse $A(8)_i$ risulta superiore all'80% di $A(8)_v$ (condizione di «asse dominante»), l'indicatore di rischio da utilizzare per la valutazione del rischio sarà $A(8)_v$:

$$A(8)_v = 0,6 \text{ m/s}^2$$

Il valore di $A(8)$ è inferiore al VLE ($1,5 \text{ m/s}^2$) ma superiore al VA ($0,5 \text{ m/s}^2$), pertanto sarà necessario procedere con la messa a punto di un piano di riduzione del rischio e ripetere la valutazione.

Vibrazioni meccaniche: la normativa

Esempio esposizione a WBV

L'esposizione su *periodi brevi* è pari al valore di accelerazione assiale misurato in corrispondenza della situazione espositiva peggiore, ovvero $0,96 \text{ m/s}^2$, e risulta pertanto inferiore al pertinente valore limite di $1,5 \text{ m/s}^2$ per le WBV.

Vibrazioni meccaniche: cenni sull'incertezza

Sebbene il legislatore non lo preveda formalmente, come nel caso dell'esposizione professionale a rumore, anche per l'esposizione alle vibrazioni possono essere identificati quattro contributi all'incertezza (ognuno dei quali, a loro volta possono avere dei sott-contributi):

- 1) un'incertezza legata alle modalità con le quali viene determinata la miglior stima del descrittore;
- 2) un'incertezza legata alle caratteristiche della strumentazione utilizzata;
- 3) un'incertezza legata al posizionamento del sensore;
- 4) un'incertezza legata al tempo di esposizione.

Vibrazioni meccaniche: cenni sull'incertezza

Sia nella combinazione degli elementi 1) - 4) precedentemente elencati, sia nella combinazione dei sotto-contributi che confluiscono nei suddetti, si assume sempre assenza di mutua correlazione, per cui in generale l'incertezza combinata viene determinata sommando quadraticamente i diversi elementi, ovvero detta y la quantità dipendente e x_i i singoli elementi indipendenti:

$$u(y) = \sqrt{\sum_i u^2(x_i)}$$

Per una trattazione più dettagliata si rimanda all'Appendice F della Monografia Inail «La valutazione del rischio vibrazioni» e alle norme UNI CEI 70098-3 e DIN 45660-2, alle quali la suddetta Appendice si ispira.

Grazie per l'attenzione

Ing. Angelo Tirabasso

e-mail: atirabasso@gmail.com - a.tirabasso@inail.it