

# PROTOCOLLO DI MISURA DELLE VIBRAZIONI TRASMESSE AL CORPO INTERO (WBV)

## 1. Strumentazione di misura

Le vibrazioni sono misurate tramite strumentazione in grado di fornire il valore efficace (r.m.s.) dell'accelerazione della superficie che viene a contatto con il corpo dell'utilizzatore. La strumentazione deve essere conforme a quanto prescritto dallo Standard ISO 8041 (recepito in Italia come UNI EN ISO 8041:2005).

Pertanto, la strumentazione deve essere costituita, oltre che dagli accelerometri, da:

- 1) analizzatore spettrale (minimo tre canali) senza catena di registrazione. Tale metodica presenta il vantaggio di lettura immediata degli spettri acquisiti, ma non consente una successiva rielaborazione dei segnali acquisiti mediante modalità di analisi differenti da quelle impiegate in fase di acquisizione;

oppure:

- 2) registratore di segnale (minimo tre canali) di misura. Il segnale viene successivamente analizzato mediante analizzatore spettrale. Il registratore deve essere necessariamente dotato di indicatore di sovraccarico («overload»), al fine di prevenire distorsioni nel segnale registrato.

**Pertanto ai fini del controllo di qualità delle misure si richiede l'analisi spettrale delle misure, in terzi di ottava.**

## 2. Specifiche per la misurazione.

Le specifiche dell'accelerometro di uso comune per le misure di vibrazioni trasmesse al corpo e del suo adattatore sono riportate nello standard ISO 10326-1 (recepita in Italia come UNI EN 30326-1:1997).

Le misure devono essere conformi allo Standard ISO 2631-1 con le seguenti specifiche.

Nel caso di misure effettuate al posto guida, oltre alla misurazione sul sedile dovrà essere acquisito in contemporanea anche il segnale sul pianale (pavimento), almeno lungo l'asse Z, per poter verificare la presenza di eventuali picchi non dovuti alla vibrazione trasmessa dal mezzo ma a movimenti dell'operatore sul sedile. Essa è verificata dalla presenza nel segnale rilevato sul sedile di picchi non presenti nel segnale rilevato sul pavimento negli stessi intervalli temporali di misura. Il segnale associato alla durata di tali eventi potrebbe dover essere escluso dalla determinazione dei valori di accelerazione r.m.s. rilevati sul sedile lungo i tre assi di misura. Il segnale sul pianale potrà essere acquisito fissando rigidamente al pavimento, nelle immediate vicinanze del sedile, preferibilmente sulla struttura metallica alla base del sedile, un accelerometro monoassiale o triassiale di simili caratteristiche dell'accelerometro montato sul sedile.

Per le misure in posizione eretta è necessario misurare il valore del pianale; se è presente una struttura di ammortizzamento su cui si posiziona il lavoratore, è necessario misurare le vibrazioni sia su questa struttura che sul pianale stesso..

## 3. Durata delle misure

Il tempo totale di misura, vale a dire il numero di campioni acquisiti moltiplicato per il tempo di durata dell'acquisizione di ciascun campione, dovrebbe essere almeno di durata superiore a tre-quattro minuti.

Le misure dovranno essere di durata tale da poter caratterizzare in maniera **significativa** le vibrazioni trasmesse al corpo del lavoratore nelle tipiche condizioni operative in cui si svolge il lavoro (tipologia di terreno, velocità di avanzamento, fase lavorativa, caratteristiche del carico, etc.). Nel caso in cui le condizioni operative varino in maniera significativa, andranno caratterizzati in termini di accelerazione r.m.s. ponderata in frequenza **differenti percorsi in differenti modalità operative**.

Al fine di controllare la qualità dei dati rilevati sul sedile ed escludere eventi interferenti è necessario registrare la storia temporale del segnale rilevato in contemporanea su cuscino e pianale, con frequenza di campionamento pari almeno ad 1 campione al secondo. Il tracciato di tali segnali dovrà essere allegato al rapporto di misura.

#### 4. Valutazione dell'incertezza

Vanno valutati i fattori di incertezza di cui ai punti che seguono; è compito di colui che effettua la misura determinare, in ciascun caso specifico, le principali sorgenti di incertezza, ed incrementare conseguentemente il numero di misure di accelerazione per quantificare, mediante il calcolo della deviazione standard, l'entità dell'errore associato ai principali fattori di indeterminazione.

La strumentazione di misura ed il relativo calibratore devono essere sottoposti a taratura presso centro S.I.T. o EA con cadenza almeno biennale.

- a. Errori sistematici dovuti al sistema di acquisizione (fissaggio accelerometri, interferenze elettriche, calibrazione, peso e posizionamento accelerometri). Tali errori di misura possono essere minimizzati mediante la scelta di un'appropriata tecnica di misura. In tal caso l'errore di misura associato a tale componente è < 4%.
- b. Errori dovuti alle fluttuazioni casuali dei parametri fisici in gioco (temperatura, umidità, stabilità dell'alimentazione della macchina, omogeneità del terreno attraversato, ecc.). Tali errori possono essere minimizzati aumentando la statistica dei campionamenti. La stima dell'errore casuale di misura è ottenuta mediante la deviazione standard di almeno tre misure effettuate nelle identiche condizioni sperimentali.
- c. Variazioni nelle modalità di guida da parte di differenti operatori e delle differenti caratteristiche antropometriche che incidono sui livelli di vibrazioni rilevati a livello del sedile: tale fattore è da prendere in considerazione ai fini dell'inserimento dei dati nella BDV in quanto l'esposizione è valutata per **fasi lavorative omogenee** e non per singolo lavoratore. In tal caso bisogna ripetere le misurazioni nelle stesse condizioni operative, con almeno due operatori di differenti caratteristiche antropometriche e/o esperienza professionale.
- d. Variazioni nelle condizioni di manutenzione e regolazione del macchinario (es. condizioni ammortizzatori, regolazione del sedile etc.): le misure andranno effettuate su macchinari con sedili integri, e sottoposti a regolare manutenzione e correttamente regolati per il peso del conducente.
- e. Variazioni nelle caratteristiche del tipo di terreno su cui il mezzo è utilizzato (asfalto, terreno vario, presenza buche o sassi etc.): Tali caratteristiche vanno specificate nella scheda di raccolta dati.

#### 5. Risultati delle misure

I risultati verranno espressi come valor medio, deviazione standard e coefficiente di variazione delle misure ripetute, calcolati in accordo con le seguenti espressioni:

$$C_v = \frac{S_{n-1}}{\bar{x}} \quad \text{Coefficiente di Variazione}$$

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

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad \text{Valor medio}$$

#### 6. Controllo di qualità

Il laboratorio dovrà partecipare a programmi di intercalibrazione (Round Robin Test), mediante test specifici definiti dai referenti scientifici.

## SCHEDA TECNICA ACQUISIZIONE MISURE A VIBRAZIONI TRASMESSE AL CORPO INTERO

Modello di resoconto di prova per le vibrazioni trasmesse al corpo intero

### Generalità (\*)

Prova effettuata da: _____	Rapporto redatto da: _____
Data: _____	Dichiaro di essere autorizzato alla pubblicazione dei dati proposti a seguito <input type="checkbox"/>
Comparto _____	

### Mezzo esaminato (caratteristiche tecniche)

Tipo: _____ (*)	Fabbricante: _____ (*)
Modello: _____ (*)	N. di serie/targa: _____
Zavorra (se presente), kg: _____	

### Mezzo esaminato (caratteristiche funzionali)

<u>Stato di manutenzione del veicolo (*)</u> : buono                      mediocre                      scarso  Cabina mezzo (*) presente                      assente  <u>Assale ammortizzato</u> :                      SI                      NO <u>Tipo sospensione della cabina (se presente)</u> : _____	<u>Pneumatici</u> Tipo (*):                      piene                      pneumatiche Marca: _____ Modello:                      Ant. _____ Post _____ Pressione di gonfiaggio (se pneumatiche) (bar): Ant                                      Post _____  Cingoli (*):                      in metallo                      in gomma                      assenti
--	--

### Eventuale tipo di accessorio (esempio aratro, atomizzatore, benna, rimorchio, ecc)

Tipo: _____ (*)	Descrizione: _____ (*)
Peso, kg: _____	Fabbricante: _____

### Condizioni di uso Allegare foto macchinario nelle condizioni d'uso e trasmettere copia in formato digitale

Ciclo di lavoro: _____ (*)	Descrizione: _____
Materiale che si sta maneggiando (sabbia, inerte, terra, nulla, altro) (*):	
<u>Tipo terreno/strada(*)</u> : <input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> lastricato <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> terra battuta <input type="checkbox"/> terreno lavorato <input type="checkbox"/> binari <input type="checkbox"/> asfalto+lastricato <input type="checkbox"/> asfalto+terra battuta	
<u>Condizioni terreno/strada: (*)</u> <input type="checkbox"/> buone condizioni <input type="checkbox"/> presenza buche <input type="checkbox"/> presenza ostacoli, (rotaie, attraversamenti ecc..)	
<input type="checkbox"/> dissestato <input type="checkbox"/> molto sassoso <input type="checkbox"/> poco sassoso	
<u>Velocità di avanzamento</u> : <input type="checkbox"/> lenta <input type="checkbox"/> moderata <input type="checkbox"/> veloce	

### Sedile

<u>Tipo di sedile</u> : <input type="checkbox"/> di serie <input type="checkbox"/> optional	<u>Marca</u> : _____
<u>Classificazione sedile</u> : <input type="checkbox"/> IT 1 <input type="checkbox"/> IT 2 <input type="checkbox"/> IT 3 <input type="checkbox"/> IT 4	<u>Modello</u> : _____
<u>Caratteristiche della sospensione</u> : <input type="checkbox"/> pneumatica <input type="checkbox"/> meccanica <input type="checkbox"/> nessuna	
<u>Regolazioni presenti sul sedile</u> : <input type="checkbox"/> peso <input type="checkbox"/> altezza <input type="checkbox"/> peso/altezza <input type="checkbox"/> nessuna	
<u>Braccioli</u> : <input type="checkbox"/> Presenti <input type="checkbox"/> Assenti	

### Attrezzatura per la misurazione Allegare foto fissaggio accelerometri su sedile e pianale (\*)

Accelerometro - fabbricante, tipo, peso: _____
Preamplificatore (eventuale) - fabbricante, tipo: _____
Analizzatore - fabbricante, tipo: _____
Registratore (eventuale) - fabbricante, tipo: _____
Estremi della taratura degli strumenti rilasciati del centro SIT: _____

### Fissaggio del trasduttore e del filtro meccanico (\*)

ALLEGARE FOTO MONTAGGIO
-------------------------

Note:
-------

**Risultati:** I risultati possono essere espressi come valori in banda di ottava o come valori ponderati.

**Valori efficaci ponderati e lineari - Operatore A (peso kg \_\_\_\_\_ altezza cm \_\_\_\_\_):** Valori  $a(x,y,z)$  in  $m/s^2$  r.m.s.

Prova										Condizioni di misura e durata misura
	Sedile lineare				Pavimento	Sedile pesato (*)				Pavimento
	$a_x$	$a_y$	$a_z$	$a_{vmax}(**)$	$a_z$	$a_{wx}$	$a_{wy}$	$a_{wz}$	$a_{vwmax}(***)$	$a_{wz}$
1.										
2.										
3.										

**Valori efficaci ponderati - Operatore B (peso kg \_\_\_\_\_ altezza cm \_\_\_\_\_):** Valori  $a(x,y,z)$  in  $m/s^2$  r.m.s.

Prova										Condizioni di misura e durata misura
	Sedile lineare				Pavimento	Sedile pesato (*)				Pavimento
	$a_x$	$a_y$	$a_z$	$a_{vmax}(**)$	$a_z$	$a_{wx}$	$a_{wy}$	$a_{wz}$	$a_{vwmax}(***)$	$a_{wz}$
1.										
2.										
3.										

*Sulle misure relative gli operatori A+B*

Media aritmetica:		
Scarto tipo:		
Coefficiente di variazione:		

**Valori efficaci ponderati - Operatore C (peso kg \_\_\_\_\_ altezza cm \_\_\_\_\_)**

[da riportare se il coeff. di variazione totale è > del 20%]: Valori  $a(x,y,z)$  in  $m/s^2$  r.m.s.

Prova										Condizioni di misura e durata misura
	Sedile lineare				Pavimento	Sedile pesato (*)				Pavimento
	$a_x$	$a_y$	$a_z$	$a_{vmax}(**)$	$a_z$	$a_{wx}$	$a_{wy}$	$a_{wz}$	$a_{vwmax}(***)$	$a_{wz}$
1.										
2.										
3.										

(\*) = campi obbligatori

(\*\*) =  $a_{vmax} = (1.4 \times a_x; 1.4 \times a_y; a_z)$

(\*\*\*) =  $a_{vwmax} = (1.4 \times a_{wx}; 1.4 \times a_{wy}; a_{wz})$

**Nota:** i valori relativi ad  $a, a_{wx}, a_{wy}, a_y$  NON devono essere moltiplicati per 1,4

Firma: \_\_\_\_\_