

PROTOCOLLI DI MISURA DELLE VIBRAZIONI AI FINI DELL'INSERIMENTO DEI DATI NELLA BANCA DATI VIBRAZIONI

**Roberto Deboli⁽¹⁾, Enrico Marchetti⁽²⁾, Pietro Nataletti⁽²⁾, Omar Nicolini⁽³⁾,
Iole Pinto⁽⁴⁾, Patrizia Serranti⁽⁵⁾**

⁽¹⁾: CNR – IMAMOTER, Torino

⁽²⁾: ISPESL – Dipartimento Igiene del Lavoro

⁽³⁾: Az.USL di Modena

⁽⁴⁾: ASL n°7 di Siena

⁽⁵⁾: CNR – SPP, Bologna

PREMESSA

I protocolli presentati a seguito costituiscono gli elaborati di un progetto realizzato per conto di CNR, ISPESL e Coordinamento tecnico delle Regioni, volto ad istituire un portale italiano delle banche dati sulle vibrazioni trasmesse all'uomo e riferito ai luoghi di lavoro.

Gli esperti incaricati di redigere tale progetto, partendo dalle considerazioni che:

- l'unica banca-dati nazionale esistente necessita di essere ampliata ed arricchita di ulteriori dati, di provenienza nazionale ed internazionale per adeguarla al parco attrezzature italiano attuale;
- l'uso indiscriminato della banca dati rischia di svilire il processo di valutazione del rischio ad un mero esercizio matematico privandolo dello scopo oggettivo di identificare i problemi là dove presenti per indirizzare alle soluzioni di bonifica;
- il proliferare di più banche dati oltre che disperdere le risorse disponibili potrebbe determinare disponibilità di dati di qualità non sempre certa e che occorre invece favorire l'arricchimento di una banca dati unica e certa quanto a standard di qualità in fase di rilevazione;

hanno proposto agli Enti committenti l'obiettivo di realizzare a livello nazionale una unica banca dati caratterizzata da elevata certezza sugli standard di qualità dei dati presenti, da qualificate ma semplici modalità di arricchimento di esperienze provenienti dai più diversi soggetti presenti nel mondo della prevenzione e aggiornata con regolarità per mantenerla aderente al mondo del lavoro.

Tra gli strumenti identificati come esigenze preliminari l'avvio di tale banca dati sono state definiti i protocolli di misura, tanto per le vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio quanto per quelle trasmesse al corpo intero, e quelli presentati a seguito rappresentano i modelli in corso di sperimentazione in alcuni importanti progetti a livello nazionale.

Essi vengono qui proposti anche con l'obiettivo di superarne errori o imperfezioni; chiunque rilevasse problemi applicativi è invitato a segnalarli all'indirizzo mail:

o.nicolini@ausl.mo.it

1. PROTOCOLLO DI MISURA DELLE VIBRAZIONI TRASMESSE AL SISTEMA MANO-BRACCIO AI FINI DELL'INSERIMENTO DEI DATI NELLA BANCA DATI VIBRAZIONI

1.1 SCOPO

Questo documento fornisce le linee guida per tutti coloro che intendono fornire i dati di vibrazione relativi alla esposizione del sistema mano-braccio degli operatori alla Banca Dati Vibrazione

1.2 NORME DI RIFERIMENTO

I seguenti standard sono indispensabili per l'applicazione delle presenti linee guida:
UNI EN ISO 5349-1: 2004 - *Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to hand arm vibration – Part 1: General requirements*
UNI EN ISO 5349-2: 2004 - *Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to hand arm vibration – Part 2: Guideline*
ISO 5348: 1998 *Mechanical vibration and shock - Mechanical mounting of accelerometers.*
UNI EN ISO 8041: 2005 *Human response to vibration - Measuring instrumentation*

1.3 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 sistema mano-braccio dell'utilizzatore. La strumentazione deve essere conforme a quanto prescritto dallo Standard ISO 8041 (recepito in Italia come UNI EN ISO 8041:2005).

Ai fini dell'inserimento dei dati di vibrazione nella BDV, per una maggiore qualità del dato misurato, e per una sua maggior completezza sono richieste informazioni sull'andamento in ottave, terzi di ottava od in banda fine dell'evento misurato. 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 da inserire nella BDV si richiede l'analisi spettrale delle misure, in terzi di ottava.

1.4 CALIBRAZIONE

La calibrazione andrà effettuata prima e dopo le prove per l'intera catena di misura, con calibratori conformi alla UNI EN ISO 8041.

È ammesso l'utilizzo di calibratori monofrequenti (tipicamente con frequenza di 159,2 Hz) purché sia verificata la risposta sia del rivelatore lineare sia di quello ponderato per la specifica curva di ponderazione utilizzata.

1.5 MODALITÀ DI MISURA

Le misure devono essere conformi a quanto prescritto dagli Standard ISO 5349-1 e ISO 5349-2 (recepiti in Italia come UNI EN ISO 5349-1: 2004 e UNI EN ISO 5349-2: 2004) con le seguenti specifiche:

- Per il montaggio degli accelerometri è necessario seguire le raccomandazioni ed i consigli delle norme ISO 5348 ed UNI EN ISO 5349-2;
- Filtri meccanici : nel caso di misure su utensili di tipo percussorio o roto-percussorio per eliminare il *fenomeno* "dc shift", che comporta una totale inattendibilità dei risultati di misura, è necessario porre tra l'accelerometro e l'impugnatura un filtro meccanico di cui è necessario conoscere in dettaglio la **funzione di trasferimento** (nota : anche in questo caso l'Ispepl è disponibile a fare le misurazioni).

1.6 DURATA DELLE MISURE

La scelta della durata di acquisizione di ciascuna misura dovrà avvenire conformemente a quanto richiesto dalla norme UNI EN ISO 5349-2.

In particolare il tempo totale di misura, vale a dire il numero di campioni acquisiti moltiplicato per il tempo di durata dell'acquisizione di ciascun campione, deve essere almeno pari ad un minuto.

Se l'evento da rilevare ha una durata inferiore al minuto sarà necessario ripetere la misura per un numero di volte idoneo al raggiungimento della durata minima prevista (un minuto).

Si tenga presente che qualsiasi spostamento dell'utensile vibrante effettuato nel corso di una misura, quale ad esempio la comune variazione di posizione di un pezzo in lavorazione, la sostituzione di accessori, lo spostamento dell'utensile per esigenze di lavorazione, ecc., può generare segnali di disturbo in fase di acquisizione dati. Tali interferenze possono essere eliminate organizzando le misure in condizioni simulate, che pertanto appaiono generalmente preferibili per la valutazione delle vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio.

1.7 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 dello scarto tipo¹, l'entità dell'errore associato ai principali fattori di indeterminazione.

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

Nell'allegato A sono riportate alcune note informative sulle incertezze di misura.

1.8 RISULTATI DELLE MISURE

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

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad \text{Valor medio}$$
$$S_{n-1} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{Scarto tipo}$$
$$C_v = \frac{S_{n-1}}{\bar{x}} \quad \text{Coefficiente di Variazione}$$

1.9 CONTROLLO DI QUALITÀ

I centri che forniscono i dati alla Banca Dati Vibrazioni dovranno partecipare a programmi di intercalibrazione (Round Robin Test), mediante test specifici definiti dai referenti scientifici.

ALLEGATO A Informativa

Considerazioni sulle incertezze e sugli errori di misura

Al fine di ottenere una buona qualità nelle misure è bene tenere in considerazione gli errori che si commettono nelle misurazioni e le variazioni nelle condizioni operative; la somma di questi due parametri può portare ad una elevata dispersione nei risultati.

I seguenti aspetti richiedono la massima attenzione per una opportuna qualità delle misure:

- 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%.

¹ in passato denominato "deviazione standard"

- b) Errori dovuti alle fluttuazioni casuali dei parametri fisici in gioco (temperatura, umidità, stabilità dell'alimentazione dell'attrezzo, omogeneità del materiale lavorato, ecc.). Tali errori possono essere minimizzati aumentando la statistica dei campionamenti. La stima dell'errore casuale di misura è ottenuta mediante il coefficiente di variazione (o *lo scarto tipo*) di un adeguato numero di misure (con il minimo di tre) effettuate nelle **identiche** condizioni sperimentali. Le caratteristiche operative vanno indicate in dettaglio nella scheda descrittiva delle misurazioni.
- c) Variazioni nelle modalità di impiego dell'attrezzo di lavoro da parte di differenti operatori: tale fattore è da prendere in considerazione in quanto l'esposizione riportata nella BDV è valutata per fasi lavorative omogenee e non per singolo lavoratore. Si richiede di ripetere le misurazioni nelle stesse condizioni operative, con almeno due operatori di differenti caratteristiche antropometriche e/o esperienza professionale. Qualora il coefficiente di variazione delle misure effettuate sia maggiore del 20% si richiede di aumentare il numero di misure includendo un terzo operatore.
- d) Variazioni nelle condizioni di manutenzione dell'utensile (es.: sbilanciamento del disco nel caso di smerigliatrici, usura di utensili, ecc.). Le misure vanno effettuate su attrezzature in buone condizioni di manutenzione.

SCHEDA TECNICA ACQUISIZIONE MISURE A VIBRAZIONI TRASMESSE AL SISTEMA MANO-BRACCIO
Modello di resoconto di prova per le vibrazioni sull'impugnatura di macchine utensili portatili

Generalità

| | |
|----------------------------|-------------------------------|
| Prova effettuata da: _____ | Rapporto effettuato da: _____ |
| Data: _____ | tel..... e-mail..... |

Macchina utensile esaminata

| | |
|--------------------------------------|---|
| Tipo: _____ (*) | Fabbricante: _____ (*) |
| Denominazione del modello: _____ (*) | N° di serie: _____ (*) |
| Peso, kg: _____ | Tipo alimentazione (elettrica, pneumatica, motore) (*) |
| Anno di costruzione _____ | Valore di emissione dichiarato dal produttore (m/s^2) |

Utensile inserito

| | |
|-----------------------|--|
| Tipo: _____ (*) | |
| Caratteristiche _____ | |

Condizioni di funzionamento

| | |
|---|----------------------------|
| Frequenza di percussione/rotazione, Hz _____ | |
| Pressione, bar: _____ | |
| Durata di ciascuna prova, s: _____ (*) N.B. La durata totale di ciascuna misura (n. prove x durata 1 prova) deve essere pari almeno ad 1 minuto. | |
| Tipologia di materiale in lavorazione (es. legno, roccia) (*) | |
| Condizioni operative di lavoro (es. perforazione roccia, levigatura legno etc.) (*) | |
| FOTO MACCHINARIO NELLE CONDIZIONI OPERATIVE (*) | Allegare FOTO formato JPEG |

Valori efficaci - Operatore B: Valori $a(x,y,z)$ in metri per secondo quadro (m/s^2 r.m.s.)

| Prova | | | | | | | | Condizioni di misura | |
|---|----------|----------|----------|-------------|-----------------------------|-----------|-----------|----------------------|--|
| | lineare | | | | pesato | | | | |
| | a_{hx} | a_{hy} | a_{hz} | a_{hvsum} | a_{hwx} | a_{hwy} | a_{hwz} | a_{hvsum} | |
| 1. | | | | | | | | | |
| 2. | | | | | | | | | |
| 3. | | | | | | | | | |
| Sulle misure relative gli operatori A+B: | | | | | Media aritmetica: | | | | |
| | | | | | Scarto tipo: | | | | |
| | | | | | Coefficiente di variazione: | | | | |

Valori efficaci - Operatore C [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 | |
|---|----------|----------|----------|-------------|---------------------------------------|-----------|-----------|----------------------|--|
| | lineare | | | | pesato | | | | |
| | a_{hx} | a_{hy} | a_{hz} | a_{hvsum} | a_{hwx} | a_{hwy} | a_{hwz} | a_{hvsum} | |
| 1. | | | | | | | | | |
| 2. | | | | | | | | | |
| 3. | | | | | | | | | |
| Media aritmetica pesata dei 2/3 operatori | | | | | Scarto tipo sull'insieme delle misure | | | | |

(*) = campi obbligatori

2. PROTOCOLLO DI MISURA DELLE VIBRAZIONI TRASMESSE AL CORPO INTERO AI FINI DELL'INSERIMENTO DEI DATI NELLA BANCA DATI VIBRAZIONI

2.1 SCOPO

Questo documento fornisce le linee guida per coloro che intendono fornire i dati di vibrazione relativi alla esposizione del corpo intero degli operatori alla Banca Dati Vibrazione

2.2 NORME DI RIFERIMENTO

I seguenti standard sono indispensabili per l'applicazione della presente linea guida:
ISO 2631-1: 1997- *Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: General requirements*
EN 30326-1:1994 *Mechanical vibration -- Laboratory method for evaluating vehicle seat vibration - Part 1: Basic requirements*
ISO 5348: 1998 *Mechanical vibration and shock - Mechanical mounting of accelerometers.*
UNI EN ISO 8041: 2005 *Human response to vibration - Measuring instrumentation*

2.3 STRUMENTAZIONE DI MISURA

Le vibrazioni sono misurate tramite strumentazione in grado di fornire il valore efficace dell'accelerazione della superficie che viene a contatto con il corpo dell'utilizzatore. I requisiti metrologici della strumentazione e la definizione matematica dei filtri di ponderazione in frequenza, devono essere conformi a quanto prescritto dallo Standard ISO 8041 (recepito in Italia come UNI EN ISO 8041: 2005).

Ai fini dell'inserimento dei dati di vibrazione nella BDV, per una maggiore qualità del dato misurato e per una sua maggior completezza sono richieste informazioni sul contenuto in frequenza del segnale, espresso in terzi di ottava oppure con FFT. Pertanto la strumentazione deve essere costituita, oltre che dagli accelerometri, da:

- 1) analizzatore di spettro per i tre canali X,Y e Z più un ulteriore canale secondo quanto di seguito specificato.
- 2) L'analisi in frequenza può essere effettuata in tempo reale o su segnale registrato.

L'uso di mezzi quali registratori a nastro o su carta non è ammesso.

È ammesso l'utilizzo di registrazione di tipo DAT o tecnologia analogica con postelaborazione computerizzata del segnale.

Si dà per implicito che nelle misurazioni non siano avvenuti overload né underrange. Nel caso avvengano, occorre ripetere la misurazione con strumentazione o regolazione della strumentazione diverse.

Nota: Nella BDV dovranno essere inseriti dati attualmente non richiesti dalla legislazione ma previsti dalla normativa. Tali dati potranno essere adottati in

futuro dalla legislazione e comunque, già allo stato attuale, sono di grande importanza nella valutazione dell'esposizione alle vibrazioni.

È ammesso l'utilizzo di elaborazione del segnale a calcolatore a partire da dati acquisiti sul campo, purché ne sia dichiarato l'uso e l'elaborazione sia conforme alla citata UNI EN ISO 8041 per quanto applicabile. Dovrà essere anche specificato il nome del software utilizzato, mentre non sarà necessaria l'indicazione del tipo di computer e del sistema operativo.

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 pari almeno a 10 campioni al secondo. Il tracciato di tali segnali, con formato di immagine, dovrà essere allegato al rapporto di misura. Dal tracciato l'utilizzatore dei dati potrà identificare la tipologia della prova effettuata.

Si deve inoltre fornire una fotografia del setup di prova (p.es. una foto del veicolo sulla pista) ed una fotografia degli strumenti di misura posizionati (punto e modalità di fissaggio degli accelerometri).

2.4 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).

Per tutti i casi per i quali non è previsto l'utilizzo del seat pad (p.es. lavoratori in posizione eretta) ci si riferisce alla ISO 5348 per quanto riguarda il montaggio degli accelerometri.

I cavi degli accelerometri non devono essere forzati, specialmente nelle immediate vicinanze del trasduttore, e non devono essere lasciati liberi di oscillare, per evitare artefatti nel segnale rilevato (rumore triboelettrico). E' pertanto necessario fissare i cavi in prossimità del trasduttore mediante nastro adesivo.

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 componenti spurie non dovuti alla vibrazione trasmessa dal mezzo, ma a movimenti dell'operatore sul sedile. Essa è generalmente verificata attraverso la 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 l'accelerazione sul piano rigido su cui vengono appoggiati i piedi durante le normali condizioni di lavoro;

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 al fine di verificare le componenti spurie. Nel caso di interfaccia quali tappetini di gomma l'accelerometro andrà fissato tramite incollaggio. L'utilizzo di viti non è contemplato.

2.5 DURATA E NUMERO DELLE MISURE

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 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**.

La durata di ciascun campionamento dovrebbe essere almeno di 3 – 4 minuti. Devono essere eseguiti almeno 3 campionamenti per ogni condizione operativa.

2.6 OPERATORI

Lo stile di guida e l'esperienza lavorativa dell'operatore hanno una grande influenza sul risultato di vibrazioni. Pertanto occorre fare eseguire le prove ad almeno due operatori.

2.7 CALIBRAZIONE

La calibrazione andrà effettuata prima e dopo le prove per l'intera catena di misura, con calibratori conformi alla UNI EN ISO 8041.

È ammesso l'utilizzo di calibratori monofrequenti (tipicamente con frequenza di 1000 rad/s, 159,2 Hz) purché sia verificata la risposta sia del rivelatore lineare sia di quello ponderato per la specifica curva di ponderazione utilizzata.

Seat-pad: Nel caso di calibratori con caratteristiche tali da permettere la calibrazione dell'intero sistema (accelerometro montato nel seat-pad) si procederà alla calibrazione diretta. Nel caso contrario la calibrazione dovrà essere effettuata per l'accelerometro smontato dal seat-pad, con verifica attraverso metodo back-to-back o analogo del corretto riposizionamento dell'accelerometro all'intero del seat-pad dopo la calibrazione.

2.8 VALUTAZIONE DELL'INCERTEZZA

Un'elevata dispersione delle misure si verifica generalmente anche nel caso in cui i parametri del processo e la metodica dell'operatore siano molto controllati. È quindi necessario tenere in conto l'incertezza sui valori espressi nel BDV.

Vanno sempre valutati i fattori di incertezza; 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 dello scarto² tipo, l'entità dell'incertezza associata ai principali fattori di indeterminazione.

L'incertezza viene espressa attraverso il valore di dispersione delle misurazioni, indicato con lo scarto tipo e con il coefficiente di variazione.

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

Nell'allegato A sono riportate alcune note informative sulle incertezze di misura.

2.9 RISULTATI DELLE MISURE

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

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad \text{Valor medio}$$
$$S_{n-1} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{Scarto tipo}$$
$$C_v = \frac{S_{n-1}}{\bar{x}} \quad \text{Coefficiente di Variazione}$$

2.10 CONTROLLO DI QUALITÀ

I centri che forniscono i dati dovranno partecipare a programmi di intercalibrazione (Round Robin Test), mediante test specifici definiti dai referenti scientifici della Banca Dati Vibrazioni.

ALLEGATO A Informativa

Considerazioni sulle incertezze e sugli errori di misura

Al fine di ottenere una buona qualità nelle misure è bene tenere in considerazione gli errori che si commettono nelle misurazioni e le variazioni nelle condizioni operative; la somma di questi due parametri può portare ad una elevata dispersione nei risultati.

I seguenti aspetti richiedono la massima attenzione per una opportuna qualità delle misure:

1. 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%.
2. Errori dovuti alle fluttuazioni casuali dei parametri fisici in gioco (temperatura, umidità, stabilità dell'alimentazione della macchina,

² in passato denominato "deviazione standard"

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 lo scarto tipo di almeno cinque misure effettuate nelle identiche condizioni sperimentali.

3. 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.
4. 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. 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, sottoposti a regolare manutenzione e correttamente regolati per il peso del conducente.

Considerazioni sui valori delle misurazioni da riportare

I valori di MTVV (Maximum Transient Vibration Value) e VDV (Vibration Dose Value), pur utili, sono sofisticati da calcolare. E' però possibile fornire tali dati se la strumentazione in uso li fornisce in modo automatico.

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: _____ | tel./mail _____ |

Mezzo esaminato (caratteristiche tecniche)

| | |
|--------------------|----------------------------------|
| Tipo: _____ | Fabbricante: _____ |
| Modello: _____ | Anno di costruzione: _____ |
| Peso, kg: _____ | N. di serie/targa: _____ |
| Potenza, kW: _____ | Zavorra (se presente), kg: _____ |

Mezzo esaminato (caratteristiche funzionali)

| | |
|--|--|
| <p><u>Stato di manutenzione del veicolo:</u> <input type="checkbox"/> buono <input type="checkbox"/> mediocre <input type="checkbox"/> scarso</p> <p><u>Assale ammortizzato:</u> <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO</p> <p><u>Tipo sospensione della cabina</u> (se presente):</p> | <p><u>Pneumatici</u> Tipo: <input type="checkbox"/> piene <input type="checkbox"/> pneumatiche Marca: _____ Modello: Ant..... Post..... Pressione di gonfiaggio (se pneumatiche) (bar): Ant..... Post..... Cingoli: <input type="checkbox"/> in metallo <input type="checkbox"/> in gomma</p> |
|--|--|

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

| | |
|-----------------|--------------------|
| Tipo: _____ | Fabbricante: _____ |
| Peso, kg: _____ | |

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

| | |
|---|---|
| Ciclo di lavoro: _____ | |
| Materiale che si sta maneggiando (sabbia, inerte, terra, ecc...): | |
| <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 |
| <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>Stile di guida:</u> <input type="checkbox"/> prudente | <input type="checkbox"/> disinvolto |
| <u>Velocità di avanzamento:</u> <input type="checkbox"/> lenta | <input type="checkbox"/> moderata <input type="checkbox"/> veloce |
| (se possibile riportare il valore in km/h) | |

Sedile

| | |
|--|--|
| <u>Tipo di sedile:</u> <input type="checkbox"/> di serie <input type="checkbox"/> modificato | <u>Caratteristiche della sospensione:</u> <input type="checkbox"/> pneumatica <input type="checkbox"/> meccanica |
| Se di serie, riportare (se possibile) i dati identificativi di: | Tipo sospensione: |
| <input type="checkbox"/> classe <input type="checkbox"/> categoria | (asse z) <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SI; (asse x) <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SI; (asse y) <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SI |
| presenti sulla etichetta posta sul sedile | |
| <u>Regolazioni presenti sul sedile:</u> <input type="checkbox"/> peso <input type="checkbox"/> altezza | <u>Braccioli sedile:</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: _____ |

Specifiche aggiuntive: Indicare eventuali altri dettagli relativi alle misurazioni, se applicabili.

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. | | | | | | | | | | | |

N.B.: i valori relativi ad a_x e a_y devono già essere moltiplicati per 1,4

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. | | | | | | | | | | | |

N.B.: i valori relativi ad a_x e a_y devono già essere moltiplicati per 1,4

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. | | | | | | | | | | | |

N.B.: i valori relativi ad a_x e a_y devono già essere moltiplicati per 1,4

| | | | |
|---|--|---------------------------------------|--|
| Media aritmetica pesata dei 2/3 operatori | | Scarto tipo sull'insieme delle misure | |
|---|--|---------------------------------------|--|

(*) = campi obbligatori