

IL RISCHIO DA VIBRAZIONI TRASMESSE AL CORPO INTERO NEL SETTORE DEGLI AUTOTRASPORTI

*A. Baldaconi**, *P. De Santis**

* INAIL - Direzione Regionale Lazio - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

RIASSUNTO

La direttiva 2002/44/CE del Parlamento europeo sulle prescrizioni minime in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi per la salute e la sicurezza che derivano, o possono derivare, dall'esposizione a vibrazioni meccaniche, dovrà essere recepita a breve della normativa nazionale con un Decreto ad hoc o, in alternativa, inserita nel cosiddetto Testo Unico sulla Sicurezza.

Entrambi i progetti di recepimento, in ottemperanza della direttiva europea, riportano comunque l'obbligo di valutazione della esposizione dei lavoratori che potrà essere eseguita mediante la misura diretta, più onerosa, o tramite il riferimento ad appropriate informazioni sulla probabile entità delle vibrazioni per le attrezzature in uso. Quest'ultima operazione va ovviamente distinta dalla misurazione, che richiede l'impiego di attrezzature specifiche e di una metodologia appropriata.

Il presente lavoro prende origine da numerose misure condotte in campo su autocarri di varie marche e modelli, di differente epoca di immatricolazione e stato di manutenzione, operanti in ambienti e su percorsi diversificati. Esso vuole fornire, tramite schede di facile consultazione, delle linee guida di valutazione del rischio utili a discriminare situazioni ad alto rischio (superamento del valore limite) o per definire se è superata o meno la soglia (valore di azione) oltre il quale si debbono intraprendere iniziative di tutela e di prevenzione per i lavoratori esposti. Le schede sono principalmente dirette a quei datori di lavoro di aziende di trasporto medio piccole per i quali la valutazione tramite misure dirette può risultare onerosa e comunque sovrabbondante.

SUMMARY

The Council of Ministers and the European Parliament adopted a joint text for a Physical Agents (Vibration) Directive regarding the exposure of workers to the risks arising from vibration on 21 May 2002. The Member States must bring into force the requirements of the Directive no later than 6th July 2005. The Directive includes the definitions of whole-body vibration and establishes the daily exposure limit values and action values for mechanical vibration, but it doesn't establishes any fatigue limit or comfort

level. Available data indicate that the average level of whole-body vibration experienced by drivers of heavy transport vehicles exceeds health, fatigue and comfort



limits of the International Standard and most exposures are within the caution zone (for health) according to the EC Directive. According to the Directive, the level of exposure to mechanical vibrations may be assessed by means of observation of specific working practices and reference to relevant information on the probable magnitude of the vibration corresponding to the equipment or the types of equipment used in the particular conditions of use. Unfortunately there are limited published data on vibration exposure to drivers under Italian conditions. This document reports the findings of a research project involving 10 different model of heavy transport vehicles under operating conditions. Experimental data demonstrate that truck vibration level is related to road roughness, to the age and level of maintenance of truck, to the presence of a well regulated suspension seat.

1. INTRODUZIONE

Lo studio degli effetti delle vibrazioni sulla fatica alla guida è complesso e sono limitate le ricerche disponibili. Comunque ad una attenta revisione della letteratura di settore, si trovano alcuni studi in cui viene teorizzata una possibile associazione fra fatica e vibrazioni a bassa frequenza trasmesse tipicamente nel campo degli autotrasporti. Ricerche condotte in laboratorio e sul campo supportano l'esistenza di una relazione tra vibrazioni a bassa frequenza (3 Hz) ed aumento della fatica e della sonnolenza. Gli effetti acuti delle vibrazioni a bassa frequenza (< 20Hz) includono disagio e mal d'auto o dei trasporti (motion sickness). Questo tipo di vibrazione può provocare un abbassamento della percezione visiva e può influire negativamente sull'abilità del conducente nel controllo del veicolo. Ciò può avere effetti importanti per i conducenti di autocarri e veicoli pesanti che di solito sperimentano vibrazioni a tali frequenze durante la guida. Vibrazioni intermittenti o casuali (random) possono invece contribuire a tenere alto il livello di attenzione nella guida. Inoltre è stato dimostrato che l'esposizione a vibrazioni può provocare cambi nel metabolismo del corpo e nella chimica che potrebbe condurre ad effetti di fatica.

Per quanto riguarda gli effetti cronici delle vibrazioni al corpo intero (WBV) le patologie più frequentemente riportate in letteratura sono quel complesso di alterazioni e disturbi che vanno sotto il termine inglese di "low back pain". Anche gli effetti sul sistema gastrointestinale, pur se meno studiati sono stati ritenuti significativi. Gli effetti sulla salute delle vibrazioni al corpo intero sono stati indagati estensivamente ma non è ancora chiara una relazione dose/effetto. I risultati degli studi epidemiologici attualmente disponibili indicano una maggior incidenza di lombalgie e lombosciatalgie, alterazioni degenerative della colonna vertebrale (spondiloartrosi, spondilosi, osteocondrosi intervertebrale), discopatie e ernie discali lombari e/o lombosacrali nei conducenti di veicoli industriali e di mezzi di trasporto rispetto a gruppi di controllo non esposti a vibrazioni meccaniche. In alcuni studi è stato anche segnalato che l'esposizione a vibrazioni trasmesse al corpo intero può causare alterazioni del distretto cervico-brachiale, dell'apparato gastroenterico, del sistema venoso periferico, dell'apparato riproduttivo femminile, ed infine del sistema cocleo-vestibolare. Indagini di tipo trasversale e longitudinale hanno fornito una sufficiente evidenza epidemiologica per una relazione causale tra esposizione professionale a vibrazioni trasmesse a tutto il corpo e patologia del rachide lombare, mentre l'associazione tra vibrazioni e lesioni ad altri organi o apparati non è stata ancora adeguatamente documentata.

Ricerche sperimentali hanno dimostrato che l'esposizione acuta a vibrazioni meccaniche può indurre un aumento dell'attività gastro-intestinale. Alcuni studi epidemiologici hanno riportato un'aumentata prevalenza di disturbi gastro-intestinali, gastrite e ulcera peptica in conducenti di veicoli. L'associazione tra l'esposizione a vibrazioni meccaniche e disturbi dispeptici è

risultata, tuttavia, debole. Inoltre, alcuni di questi studi non presentavano un adeguato controllo di possibili, importanti, fattori di confondimento (ad es. fumo di tabacco, assunzione di bevande alcoliche, abitudini alimentari, turni lavorativi, stress). Nella letteratura scientifica viene inoltre suggerita un'associazione tra esposizione a vibrazioni e rischio di insorgenza di emorroidi e varici venose degli arti inferiori. Nell'ambito di tale possibile associazione, l'esposizione a vibrazioni potrebbe agire come fattore concorrente in combinazione con la prolungata postura assisa tipica dei conducenti di automezzi e veicoli. Una elevata pressione intra-addominale sembra anche avere un ruolo nel meccanismo patogenetico di tali affezioni. Si tratta comunque di un'evidenza piuttosto debole.

2. DIRETTIVA 2002/44/CE

La Direttiva 2002/44/CE del 25 giugno 2002 "sulle prescrizioni minime di sicurezza e salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (vibrazioni)" dovrà essere recepita dagli Stati membri entro il 6 luglio 2005. La direttiva prescrive specifiche metodiche di individuazione e valutazione dei rischi associati all'esposizione a vibrazioni del sistema mano-braccio (HAV) e del corpo intero (WBV) e specifiche misure di tutela, che dovranno essere integrate nell'ambito del rapporto di valutazione dei rischi prescritto dal D.lgvo 626/94. Per quanto attiene alle vibrazioni trasmesse al corpo intero WBV, l'ambito di applicazione definito dalla direttiva è individuato dalle seguente definizione data all'articolo 2: "le vibrazioni meccaniche che, se trasmesse al corpo intero, comportano rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori, in particolare lombalgie e traumi del rachide" (art. 2 comma b). Sono quindi escluse dal campo di applicazione della normativa esposizioni a vibrazioni al corpo intero di tipologia ed entità tali da non essere in grado di indurre effetti a carico della colonna vertebrale, ma di causare effetti di altra natura, quali ad esempio disagio della persona esposta o mal di trasporti. Questi ultimi effetti sono presi in esame nell'ambito dello standard ISO 2631 (appendici C, D) e generalmente possono inquadrarsi nell'ambito della valutazione dei requisiti ergonomici del luogo di lavoro, prescritti dal D.lgvo 626/94.

La Direttiva adotta come parametro descrittivo l'accelerazione ponderata media integrata su 8 ore "espressa come l'accelerazione continua equivalente su 8 ore (A(8)), calcolata come il più alto dei valori quadratici medi o il più alto dei valori della dose di vibrazioni (VDV) delle accelerazioni ponderate in frequenza, determinati sui tre assi ortogonali ($1,4 a_{wx}$, $1,4 a_{wy}$, a_{wz} , per un lavoratore seduto o in piedi), conformemente ai capitoli 5, 6 e 7, all'allegato A e all'allegato B della norma ISO 2631-1 (1997)."

In sintesi, A(8) è definita dalla relazione seguente:

$$A(8) = a_w \sqrt{\frac{T_e}{T_0}}$$

A_w è il più alto dei valori quadratici medi (valore efficace, weighted r.m.s.) a_{wi} lungo l'asse i -esimo moltiplicato per il proprio fattore k_i ;

T_e è la durata dell'esposizione giornaliera complessiva;

T_0 è il tempo di riferimento di 8 ore, che verrà espresso nella stessa unità di misura di T_e .

La Direttiva, quindi conferma che per quanto concerne la valutazione degli effetti sulla salute è da considerarsi unicamente l'esposizione lungo la componente assiale dominante, moltiplicata per l'appropriato fattore correttivo k_i .

Inoltre la Direttiva dà la possibilità di utilizzare anche un diverso parametro cioè la dose delle

accelerazioni di vibrazioni alla quarta potenza ponderate in frequenza VDV: (fourth power Vibration Dose Value)

$$VDV(T) = \left[\int_0^T [a_w(t)]^4 dt \right]^{\frac{1}{4}} = \left[\sum_{i=1}^N VDV_i^4 \right]^{\frac{1}{4}} \left(\frac{m}{s^{1.75}} \right)$$

In rapporto al rischio, la direttiva individua un livello d'azione di 0,5 m/s², oppure, a seconda della scelta dello Stato membro, a un valore della dose di vibrazioni di 9,1 m/s^{1.75}, il limite oltre il quale si debbono intraprendere iniziative di tutela per i lavoratori esposti. Il livello limite giornaliero, intendendo come tale il livello di esposizione che non può essere superato è fissato in 1,15 m/s², oppure in un valore della dose di vibrazioni di 21 m/s^{1.75}. L'esposizione ad accelerazioni superiori al livello limite è vietata e deve essere prevenuta. Nel caso di vibrazioni fortemente transitorie (ad esempio di breve durata causate da shock) in base a quanto stabilito dalla ISO 2631-1 il valore r.m.s. generalmente sottostima gli effetti della vibrazione e vanno pure considerati i due rapporti:

$$\text{Fattore di Cresta} \quad FC = \frac{Peak_{MAX}}{a_w(t_{MAX})} = 9 \quad \frac{VDV}{a_w T^{1/4}} = 1.75$$

Se i due rapporti sopra riportati valgono rispettivamente più di 9 e più di 1,75, la misura del valore efficace (rms) secondo la metodologia sopra descritta risulta sottostimante la reale esposizione del lavoratore in quanto non tiene in debito conto delle componenti impulsive. In questi casi lo standard ISO 2631-1:1997 raccomanda il calcolo della dose della quarta potenza (VDV fourth power Vibration Dose Value). Lo standard ISO comunque raccomanda di riportare le risultanze di ambedue i metodi di valutazione. Il valore VDV rappresenta una dose cumulativa sull'intera giornata lavorativa ed è più sensibile (perché incrementale) rispetto agli eventi transienti. Si ricorda che la guida di automezzi e mezzi di opera su fondi di vario genere è fortemente caratterizzata da fenomeni vibratorii transienti, di breve durata (shocks, jumps) causati dall'irregolarità del fondo, buche, dossi ecc. La casistica sembrerebbe dimostrare che gli urti ed i sobbalzi trasmessi dal veicolo all'operatore sono più a rischio, per la salute dello stesso, che una vibrazione stazionaria.

L'articolo 4 della Direttiva prescrive l'obbligo, da parte dei datori di lavoro di valutare il rischio da esposizione a vibrazioni dei lavoratori durante il lavoro. La valutazione dei rischi è previsto che venga effettuata sia senza misurazioni, sulla base di appropriate informazioni reperibili in letteratura, incluse le informazioni fornite dal costruttore, sia con misurazioni, in accordo con le metodiche di misura trattate nel seguito. La valutazione, con o senza misure, dovrà essere programmata ed effettuata ad intervalli regolari da parte di personale competente. Il rapporto di valutazione dovrà precisare in dettaglio le misure di tutela adottate, prescritte all'articolo 5 della stessa normativa.

3. LE MISURE DI VIBRAZIONI NEGLI AUTOTRASPORTI

Nel campo dei trasporti su strada, la valutazione del rischio è complessa poiché l'esposizione degli addetti risulta fortemente influenzata da molteplici fattori quali il modello, la vetustà e

la manutenzione dei mezzi, lo stato del manto stradale, la presenza o no di sedili ergonomici, ecc. In letteratura non esistono dati esaurienti per caratterizzare l'esposizione degli addetti al trasporto su strada in Italia. Si è condotta una campagna di misure per valutare l'esposizione degli addetti di alcune imprese impegnate nel servizio di autotrasporto in ambito nazionale.

La campagna di misure è stata preceduta da un'indagine conoscitiva volta a caratterizzare le strutture organizzative e produttive delle unità. L'orario di lavoro è sostanzialmente diverso tra:

- il personale che effettua il servizio di spola regionale o provinciale caratterizzato da un orario di tipo giornaliero con un numero di ore di guida di circa 8 ore;
- i conducenti che effettuano il servizio di linea a lungo raggio che hanno un orario variabile e limitato dal codice della strada che fa riferimento al Regolamento Cee 3820/85: in generale l'orario di lavoro giornaliero è di 9 ore intramezzato da una pausa di 45 minuti. Il conducente deve avere un riposo giornaliero minimo di 8 ore. Per due giorni alla settimana, è possibile un turno di guida di 10 ore, seppur interrotto da una pausa. E' frequente il lavoro su sei giorni a settimana.

Le misure sono state eseguite con lo schema illustrato in Figura 2 utilizzando un accelerometro triassiale, del tipo ICP posto in un adattatore a cuscino fissato sopra la seduta del sedile con del nastro adesivo e posizionato secondo il sistema di riferimento stabilito dallo standard ISO 2631-1.

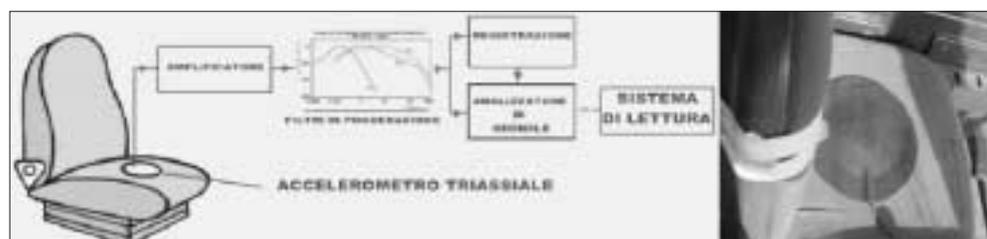


Figura 2: Catena di misura utilizzata.

Sono stati individuati alcuni percorsi tipici rappresentativi delle condizioni di lavoro: essi hanno preso in considerazione sia percorsi su strade extraurbane che assi autostradali. I tempi di misura sono stati scelti per essere rappresentativi dei relativi fenomeni vibratorii in esame e del livello di vibrazioni assorbito dal lavoratore durante il tempo di esposizione. I risultati delle misure eseguite, unitamente ai parametri caratteristici delle stesse, sono riportati nella Tabella 1: in essa sono riportati i valori di a_w , picco massimo (Max peak), VDV misurati nonché i valori di fattore di cresta, rapporto $VDV/(a_w T^{0,25})$ calcolati. Poiché i tempi di esposizione sono in genere variabili in funzione del tipo di autotrasporto effettuato e del tipo di organizzazione aziendale, al fine di agevolare il compito della valutazione del rischio, si sono calcolati i valori di esposizione in forma di tabella sinottica in modo da visualizzare con facilità ed immediatezza i tempi di esposizione che danno il superamento dei limiti di azione in termini di valore efficace rms $a_w(t)$ o di dose $VDV(t)$. Per una esatta interpretazione dei risultati, così da poter discriminare le opportune azioni preventive da attuare, occorre tener conto delle seguenti considerazioni:

- valori di cresta superiori a 9 e del rapporto $VDV/(a_w T^{0,25})$ maggiori di 1,75, indicano che il fenomeno vibratorio è caratterizzato da significativi eventi impulsivi così che il valore rms,

$a_w(t)$ sottostima i possibili danni all'organismo umano ed è raccomandabile utilizzare il valore VDV;

- per valori di cresta inferiori a 9, del rapporto $VDV/(a_w T^{0,25})$ inferiori a 1,75 e per tempi di esposizione inferiori alle 8 ore, il valore VDV sovrastima significativamente il fenomeno per cui è raccomandabile l'uso dell' $a_w(t)$;
- per valori di cresta superiori a 9 ma del rapporto $VDV/(a_w T^{0,25})$ inferiori a 1,75, per tempi di esposizione sotto le 8 ore è raccomandabile l'uso dell' $a(t)$ mentre per tempi di esposizione intorno alle 8 ore o superiori, è raccomandabile utilizzare il valore VDV.

Tabella 1: Misure di vibrazioni al corpo intero (WBV) su mezzi di autotrasporto.

MARCA	MOD.	ANNO IMMATR.	STATO MANUT.	SERVIZIO	Km (1)	TIPO DI PERC.	min. (2)	Vel. media Km/h	A_{wz} m/s ²	Max peak	VDV m/s ^{1,75}	FC	VDV / ($a_w T^{0,25}$)
IVECO	440E 42	2000	BUONA	NAZIONALE	37	extraurbano /autostradale	42	53,22	0,42	5,10	4,95	12,2	1,67
IVECO FIAT	190 42	1990	SUFFICIENTE	SPOLA REGIONALE	26	extraurbano	33	48,04	0,47	4,00	4,68	8,5	1,49
MERCEDES BENZ	1936 S 1936 S	1986 1986	SCARSA	SPOLA REGIONALE	21	extraurbano	28	45,08	0,53	4,50	4,91	8,6	1,46
IVECO MAGIRUS	A440ST	2003	BUONA	NAZIONALE	14	extraurbano/ urbano	18	47,24	0,35	5,00	3,35	14,3	1,67
IVECO FIAT	190 38T	1988	SCARSA	SPOLA REGIONALE	13	extraurbano/ urbano	17	46,20	0,55	6,90	5,18	12,6	1,67
IVECO	440 E 43 CURSOR	2002	BUONA	NAZIONALE	28	extraurbano / autostradale	28	59,72	0,53	5,80	5,70	11,0	1,68
IVECO	440 E 42 EUROTEK	2000	BUONA	NAZIONALE	28	extraurbano / autostradale	27	61,54	0,48	4,70	4,64	9,8	1,52
IVECO	440 E 43 CURSOR	2000	BUONA	NAZIONALE	14	extraurbano/ urbano	18	46,45	0,39	3,80	3,61	9,9	1,63
IVECO	EUROTECK VI ECO 440 E 42	1998	BUONA	NAZIONALE	13	extraurbano/ urbano	17	46,38	0,43	4,30	3,67	10,1	1,53
IVECO	EUROSTAR 440 E42	1999	BUONA	NAZIONALE	14	extraurbano/ urbano	20	42,68	0,36	3,50	3,30	9,8	1,57



Tabella 2					Esposizione nel turno lavorativo										Note
MARCA	MOD.	ANNO IMMATR.	TIPO DI PERIC.	FC	VDV / a, T ^{1/4}	h	3	4	5	6	7	8	9	10	
IVECO	440E 42	2000	extraurbano autostradale	12,2	1,67	VDV	7,13	7,06	8,10	8,48	8,83	9,11	9,38	9,63	Sedile ammortizzato
						A _{w,c}	0,26	0,30	0,33	0,36	0,39	0,42	0,44	0,47	
IVECO FIAT	190 42	1990	extraurbano	8,5	1,49	VDV	7,17	7,70	8,14	8,52	8,86	9,16	9,43	9,68	Sedile ammortizzato
						A _{w,c}	0,29	0,33	0,37	0,41	0,44	0,47	0,50	0,53	
MERCEDESHENZ	1936 S	1986	extraurbano	8,6	1,46	VDV	7,82	8,40	8,88	9,30	9,68	9,99	10,29	10,56	Sedile sdalata non ammortizzata
						A _{w,c}	0,32	0,37	0,42	0,45	0,49	0,53	0,56	0,59	
IVECO MAGIRUS	A440ST	2003	Extraurbano urbano	14,3	1,67	VDV	5,98	6,43	6,79	7,11	7,39	7,64	7,87	8,08	Nuove caratteristiche con sedile ammortizzato
						A _{w,c}	0,21	0,25	0,28	0,30	0,33	0,35	0,37	0,39	
IVECO FIAT	190 38T	1988	Extraurbano urbano	12,6	1,67	VDV	9,35	10,85	10,60	11,12	11,56	11,95	12,31	12,64	Sedile ammortizzato di vecchia generazione
						A _{w,c}	0,34	0,39	0,43	0,48	0,51	0,55	0,58	0,61	
IVECO	440 E 43 CURSOR	2002	extraurbano autostradale	11,8	1,68	VDV	9,07	8,78	10,30	10,78	11,21	11,59	11,93	12,23	Sedile ammortizzato non rigido
						A _{w,c}	0,32	0,37	0,42	0,46	0,49	0,53	0,56	0,59	
IVECO	440 E 42 EUROTEK	2000	extraurbano autostradale	9,8	1,32	VDV	7,44	8,00	8,46	8,85	9,20	9,51	9,80	10,08	Sedile ammortizzato
						A _{w,c}	0,29	0,34	0,38	0,41	0,43	0,46	0,51	0,54	
IVECO	440 E 43 CURSOR	2000	Extraurbano urbano	9,9	1,63	VDV	6,41	6,89	7,29	7,63	7,93	8,20	8,44	8,67	Sedile ammortizzato
						A _{w,c}	0,24	0,27	0,30	0,33	0,36	0,39	0,41	0,43	
IVECO	EUROTEK VI ECD 440 E 42	1998	Extraurbano urbano	10,3	1,33	VDV	6,64	7,14	7,54	7,90	8,21	8,49	8,74	8,97	Sedile ammortizzato
						A _{w,c}	0,26	0,30	0,34	0,37	0,40	0,43	0,45	0,48	
IVECO	EUROSTAR 440 E 42	1990	extraurbano autostradale	9,8	1,37	VDV	5,75	6,18	6,53	6,83	7,10	7,34	7,56	7,73	Sedile ammortizzato
						A _{w,c}	0,22	0,25	0,28	0,31	0,33	0,36	0,38	0,40	

Le osservazioni eseguite durante i test di misura e l'esame dei risultati suggeriscono le seguenti conclusioni e raccomandazioni:

- i valori di vibrazione più elevati riscontrati sui mezzi di più recente immatricolazione sono da addebitarsi ad una non corretta regolazione dei sedili ammortizzati che risentono del peso del conducente. Per tale motivo si raccomanda ai datori di lavoro di fornire una adeguata informazione e formazione ai lavoratori per utilizzare correttamente e in modo efficiente tale utile dispositivo.
- occorre prevedere la sorveglianza sanitaria dei conducenti a meno che non si dispongano di mezzi dell'ultimissima generazione e non si superino le 8 ore di guida giornaliera per 5 giorni settimanali su fondi stradali mediamente in buone condizioni;
- occorre prevedere orari di lavoro appropriati, con adeguati periodi di riposo.

BIBLIOGRAFIA

LINEE GUIDA ISPESL sull'esposizione professionale a rumore e vibrazioni, 2002, www.ispesl.it.

Direttiva 2002/44/CE Del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25/06/2002 (sedicesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE), GU CE 6.7.2002.

Bruel, Kjaer: Human Body Vibration: Technical Review, Denmark, 1982.

International Labour Office: Protection of workers against noise and vibration in the working environment. ILO Code of Practice, ILO, Geneva, 1977.

ISO 2631-1:1997: Mechanical Vibration and Shock - Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration, Part 1, General Requirements, ISO, Switzerland, 1997.

M.J. Griffin: Handbook of Human Vibration, Academic Press Ltd, London, 1990.

B. Pathak, D. Charron: Vibration Exposure in the Workplace, Canadian Centre for Occupational Health and Safety, Canada, 1989.