



UNIVERSITATEA "DUNĂREA DE JOS" DIN GALAȚI
FACULTATEA DE INGINERIE ȘI AGRONOMIE DIN BRĂILA

SCȘS 21

Sesiunea de Comunicări Științifice Studențești
"Edmond Nicolau" ediția XXVIII 26-27 Aprilie 2021



UN STUDIU PRIVIND EXPUNEREA LA VIBRAȚIILE ÎNTREGULUI CORP A MOTOCICLIȘTILOR

Autor: Carmen Elena Cristina OCHIROȘI, Anul IV I.S.B.E

Îndrumător științific: Prof. dr. habil. Mihaela PICU²

Facultatea de Inginerie și Agronomie din Brăila, Universitatea „Dunărea de Jos din Galați”

carmenelena1272@gmail.com, ²mihaelapicu@yahoo.com

Rezumat: În ziua de azi, când traficul a devenit extrem de aglomerat, motocicleta este un mijloc de deplasare mult mai lejer. Această lucrare face o analiză a vibrațiilor transmise întregului corp asupra motocicliștilor. Acest fapt este cuantificat prin studierea notei de confort a subiecților. În lucrare sunt prezentate măsurătorile parametrilor vibrațiilor transmise oamenilor și evaluarea acestor parametri având în vedere ISO 2631 (1997) și Directiva 2002/44/CE, între care există diferențe semnificative. În vederea realizării acestui obiectiv, au fost făcute studii asupra unui număr de 4 motocicliști, bărbați cu vârstele cuprinse între 19-28 ani, cu Body Mass Index cuprins între 19-24, fără probleme de sănătate. Subiecții au rulat pe asfalt, respectiv pe macadam, cu viteze de 40km/h și 60km/h, pe 2 tipuri de motociclete, același brand, de vechimi diferite. Accelerațiile au fost măsurate la nivelul piciorului, șezutului și mâinii cu vibrometrul Maestro 01dB și prelucrate cu Whole body vibration calculator. Au fost calculate pentru fiecare dintre ei: accelerația r.m.s. ponderată (a_w), Doza de Vibrație (VDV), Timpul de atingere a valorii de acțiune (T_{EAV}) și Timpul de atingere a valorii limită de expunere (T_{ELV}).

Cuvinte cheie: vibrații transmise întregului corp, vibrații transmise sistemului mână braț, motocicliști, accelerația r.m.s. ponderată, Doza de Vibrație, T_{EAV} , T_{ELV}

1. INTRODUCERE

Există o serie de ocupații (polițiști, paramedici, persoane care livrează mărfuri) care se deplasează pe motociclete, pentru a ajunge mai rapid la destinație, în condițiile în care traficul a devenit din ce în ce mai aglomerat. Acești oameni călătoresc, uneori, mai mult de 8h/zi, iar vibrațiile transmise de motociclete corpului uman pot deveni extrem de periculoase pentru sănătate.

Foarte mulți cercetători au analizat vibrațiile transmise întregului corp (WBV) de o serie de echipamente (mașini, camioane, tractoare, vapoare, etc) [1], [2], [5], [8], [9], [10], [12], [13], [14], [15], [17]. Studiile vibrațiilor transmise întregului corp de motociclete sunt mai puține și au fost realizate în special în Asia, unde acest mijloc de transport este consacrat [4], [6], [11], [16], [18].

”Rezultatele arată că motocicletele mai noi permit cu 36,3% mai mult timp de călătorie decât motocicletele mai vechi înainte de atingerea valorii timpului de acțiune a expunerii (EAV). Motocicletele cu dimensiuni mai mari ale motorului (125 cmc) permit cu 22,5% mai mult timp de călătorie decât motocicletele cu dimensiuni reduse ale motorului. Este posibil să călătoriți cu 44% mai mult timp folosind drumuri rapide decât drumuri lente.” (Moreno, 2011)

La nivel internațional există ISO 2631 [7] care stabilește procedura pentru evaluarea expunerii umane la WBV. Scopul principal al a ISO 2631 este de a defini metodele de cuantificare a vibrațiilor întregului corp în raport cu:

Tabel 1. Indicațiile aproximative ale reacțiilor probabile la diferite mărimi ale valorilor totale ale vibrațiilor

Mărimea valorii totale a vibrațiilor (m/s^2)	Răspuns
< 0.315	Nu este inconfortabil
$0.315 \div 0.63$	Un pic incomod
$0.5 \div 1.0$	Destul de incomod
$0.8 \div 1.6$	Incomod
$1.25 \div 2.5$	Foarte incomod
> 2.0	Extrem de incomod

Pentru vibrațiile întregului corp:

- valoarea limită de expunere zilnică standardizată la o perioadă de referință de opt ore este de $1,15m/s^2$ (sau $VDV 21m/s^{1,75}$),
- valoarea acțiunii de expunere zilnică standardizată la o perioadă de referință de opt ore este de $0,5m/s^2$ (sau $VDV 9,1m/s^{1,75}$).

2. MATERIALE ȘI METODE

Standardul menționat mai sus afirmă că semnalul de accelerație ar trebui măsurat cu accelerometre pe trei axe în intervalul de frecvență de la 0,5 Hz la 80 Hz. Semnalul este apoi supus unor filtre de ponderare pentru a ține seama de influența mai mare sau mai mică a diferitelor frecvențe în corpul uman.

Accelerația globală ponderată se calculează apoi cu ec. 1.

$$a_w = \sqrt{\sum_i (W_i a_i)^2} \quad (1)$$

unde a_w este accelerația ponderată în funcție de frecvență, W_i este factorul de ponderare (Tabel 2) pentru banda treimii de octavă și a_i este accelerația r.m.s. pentru banda treimii de octavă.

Tabel 2. Factorul de ponderare și factorul de multiplicare definiți de ISO 2631-1 pentru evaluarea disconfortului persoanelor așezate, într-un mediu vibrant (Figura 1)

Poziția	Direcția	Factorul de ponderare	Factorul de multiplicare
Spătar	Înainte și înapoi	W_c	0,80
	Lateral	W_d	0,50
	Vertical	W_d	0,40
Scaun	Înainte și înapoi	W_d	1,00
	Lateral	W_d	1,00
	Vertical	W_k	1,00
Podea	Înainte și înapoi	W_k	0,25
	Lateral	W_k	0,25
	Vertical	W_k	0,40

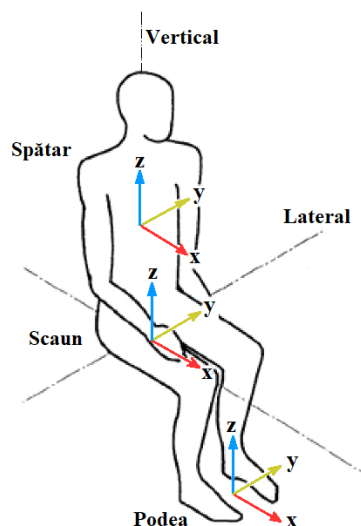


Figura 1. Definirea sistemelor coordonate pentru poziția așezată [7]

Deoarece vibrațiile transversale (în ceea ce privește un sistem de coordonate fixat pentru corp pentru persoanele așezate) creează mai mult disconfort decât vibrațiile de-a lungul axei z fixate pe corp (axa care merge de la șold la cap), componentele transversale ale RMS sunt mărite cu 40%, în timp ce componenta Oz este lăsată neamplificată. Factorii de ponderare direcțională sunt: $k_x=1,4$, $k_y=1,4$ și $k_z=1$, accelerația RMS ponderată va fi:

$$a_w = \sqrt{(1,4a_x)^2 + (1,4a_y)^2 + a_z^2} \quad (2)$$

În vederea studierii efectul vibrațiilor motocicletelor asupra persoanelor, au fost făcute experimente în mediu real (rulat pe asfalt și pe macadam), cu viteze de 40km/h și 60km/h, pe 2 tipuri de motociclete, același brand, de vechimi diferite. Subiecții au fost 4 motocicliști, bărbați cu vârstele cuprinse între 19-28 ani, cu Body Mass Index $\in$ (19-24), fără probleme de sănătate.

Accelerațiile au fost măsurate la nivelul piciorului, șezutului și mâinii cu vibrometrul Maestro 01dB și prelucrate cu Whole body vibration calculator. Au fost calculate pentru fiecare dintre ei: accelerația r.m.s. ponderată (a_w), Doza de Vibrație (VDV) (ec. 3), Timpul de atingere a valorii de acțiune (T_{EAV}) (ec. 4) și Timpul de atingere a valorii limită de expunere (T_{ELV}) (ec. 5).

$$VDV = \left[\frac{1}{T} \int_0^T [a_w(t)]^4 dt \right]^{1/4} \quad (m/s^{1,75}) \quad (3)$$

$$T_{EAV_{A(8)}} = 8 \left(\frac{0,5}{A} \right)^2 \quad (h) \quad (4)$$

$$T_{ELV_{A(8)}} = 8 \left(\frac{1,15}{A} \right)^2 \quad (h) \quad (5)$$



Figura 2. Accelerometrul montat la picior

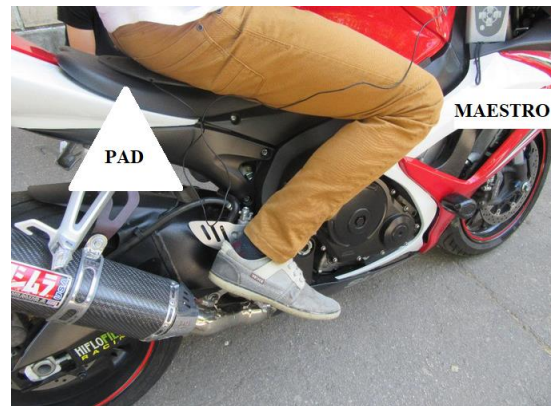


Figura 3. Accelerometrul montat sub șezut

Aparatura pentru măsurări este alcătuită din: accelerometre triaxiale tip 356A16, accelerometru triaxial tip PAD, unitatea de achiziție maestro, NetdB, software de prelucrare date dBFA Suite (Figuri 2 și 3).

3. REZULTATE ȘI DISCUȚII

În această lucrare au fost analizate vibrațiile transmise întregului corp de 4 motociclete (Tabel 3) cu 8 tipuri de combinații (Tabel 4):

Tabel 3. Notății folosite

Vechimea motocicletei	Nouă ≤ 3 ani	(N)
	Veche > 3 ani	(V)
Mărimea motorului	Mare 125 cc	(M)
	Mică 100 cc	(m)
Tipul drumului	Asfalt	(A)
	Piatră cubică	(P)

Tabel 4. Combinațiile experimentelor

Exp.	Vechime	Motor	Drum	Prescurtare
1	N	M	A	NMA
2		m	A	NmA
3		M	P	NMP
4		m	P	NmP
5	V	M	A	VMA
6		m	A	VmA
7		M	P	VMP
8		m	P	VmP

În continuare se vor prezenta mărimile principale care caracterizează WBV, conform *Whole body vibration calculator*. Accelerația RMS ponderată este obținută prin medierea a 10 deplasări succesive. Durata fiecărei deplasări a fost de 1h.

Rezultatele mediate a primelor 4 experimente (conform Tabelului 4) sunt prezentate în Tabelul 5, respectiv următoarele rezultate (experimentele 5-8) sunt prezentate în Tabelul 6.

Tabelul 5. Rezultatele mediate a primelor 4 experimente (conform Tabelului 3)

	Magnitudinea vibrațiilor m/s ² r.m.s.	Durata expunerii		VDV parțial m/s ^{1.75}	Expunere parțială m/s ² A(8)
		ore	minute		
NMA	3.22	1		34.9	1.14
NmA	3.06	1		33.2	1.08
NMP	3.87	1		42.0	1.37
NmP	3.69	1		40.0	1.30

Durata atingerii EAV (optiunea A(8)) 0.5 m/s ² A(8)		Durata atingerii ELV (optiunea A(8)) 1.15 m/s ² A(8)		Total VDV m/s ^{1.75} 53.78016	Total expunere m/s ² A(8) 2.45776
ore	minute	ore	minute		
0	12	1	1		
0	13	1	8		
0	8	0	42		
0	9	0	47		

Tabelul 6. Rezultatele mediate a ultimelor 4 experimente (conform Tabelului 3)

	Magnitudinea vibrațiilor m/s ² r.m.s.	Durata expunerii		VDV parțial m/s ^{1.75}	Expunere parțială m/s ² A(8)
		ore	minute		
VMA	4.56	1	0	49.5	1.61
VmA	4.43	1	0	48.0	1.57
VMP	4.78	1	0	51.8	1.69
VmP	4.68	1	0	50.8	1.65

Durata atingerii EAV (optiunea A(8)) 0.5 m/s ² A(8)		Durata atingerii ELV (optiunea A(8)) 1.15 m/s ² A(8)		Total VDV m/s ^{1.75} 70.82364	Total expunere m/s ² A(8) 3.26284
ore	minute	ore	minute		
0	6	0	31		
0	6	0	32		
0	5	0	28		
0	5	0	29		

Dintre toate mărimile caracteristice transiterii vibrațiilor corpului omenesc, cea mai importantă este doza de vibrație, deoarece ea reflectă întreaga cantitate de vibrații transmisă subiectului în 8h (luându-se în calcul și perioadele în care persoana nu se află într-un câmp vibrant).

În Figura 4 sunt prezentate valorile obținute în cazul dozelor parțiale de vibrații – pentru perioada în care s-au făcut determinările (1h), în paralel cu valorile acțiunii și limită, prevăzute de Directiva 2002/44/CE; de aici se vede că valorile obținute în cazul VDV parțial pentru motocicletele noi sunt, în medie, de 4 ori mai mari decât valoarea acțiunii și de 1,8 ori mai mari decât valoarea limită. În cazul motocicletelor vechi, valorile obținute pentru VDV parțial sunt, în medie, de 5,5 ori mai mari decât valoarea acțiunii și de 2,4 ori mai mari decât valoarea limită.

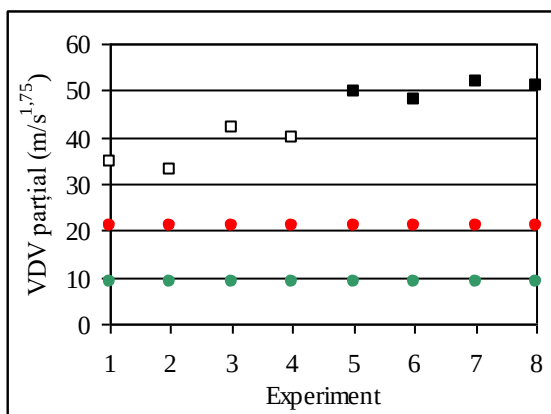


Figura 4. Valoarea parțială a dozei de vibrații
 (●) - valoarea acțiunii de expunere zilnică ($9,1\text{m/s}^{1,75}$);
 (●) - valoarea limită de expunere zilnică ($21\text{m/s}^{1,75}$);
 (□) - VDV parțial pentru motocicletele noi;
 (■) - VDV parțial pentru motocicletele vechi.

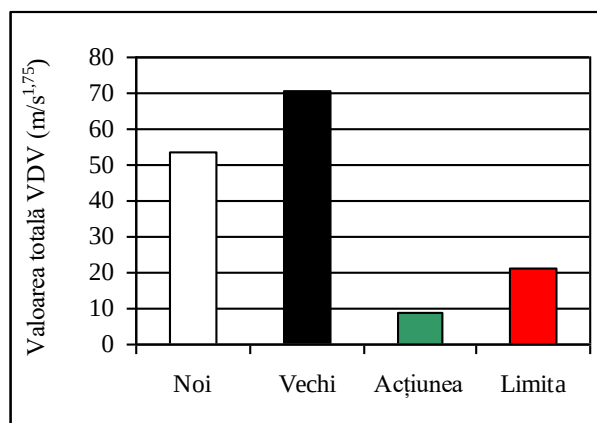


Figura 5. Valoarea totală a dozei de vibrații
 (□) - VDV total pentru motocicletele noi;
 (■) - VDV total pentru motocicletele vechi.

În condițiile în care ne raportăm la valoarea totală a dozei de vibrație, rezultatele sunt similare cu cele obținute la valoarea parțială; aceste calcule arată cu cât se depășesc valorile prevăzute în Directiva 2002/44/CE și cât este de periculos pentru sănătate mersul cu motocicletă.

Dacă facem referire la Timpul de atingere a valorii de acțiune (T_{EAV}), respectiv la Timpul de atingere a valorii limită de expunere (T_{ELV}), din Figurile 6 și 7 se vede clar diferența dintre motocicletele noi (unde timpii sunt mai mari) și vechi, respectiv dintre rularea pe asfalt (unde timpii sunt mai mari) și cea pe macadam.

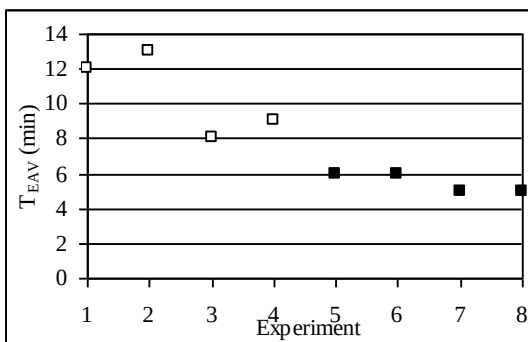


Figura 6. Valorile obținute pentru Timpul de atingere a valorii de acțiune (T_{EAV})
 (□) - T_{EAV} pentru motocicletele noi;
 (■) - T_{EAV} pentru motocicletele vechi.

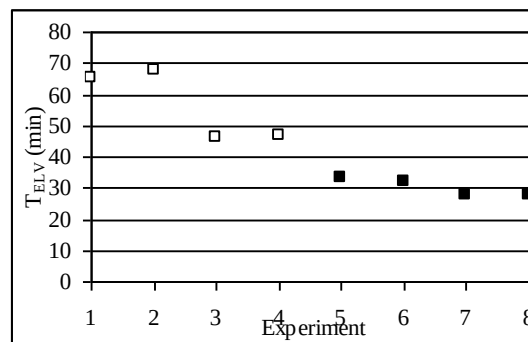


Figura 7. Valorile obținute pentru Timpul de atingere a valorii de limită (T_{ELV})
 (□) - T_{ELV} pentru motocicletele noi;
 (■) - T_{ELV} pentru motocicletele vechi.

4. CONCLUZII

Până acum s-a făcut referire doar la Directiva 2002/44/CE; un alt document de mare importanță îl constituie ISO 2631, care însă nu indică valori limită de expunere, ci doar face referire la disconfortul subiectului aflat în câmp vibrant (Tabel 1). Având în vedere valorile obținute pentru mărimea vibrației r.m.s din Tabelul 5 (unde media este $3,46\text{m/s}^2$) și Tabelul 6 (unde media este $4,6\text{m/s}^2$) se vede clar că sunt mai mari decât 2 (pentru care răspunsul subiecților este "Extrem de incomod").

S-a constatat că starea motocicletei, precum și starea drumului afectează grav timpul de acțiune și timpul limită de expunere pentru WBV.

Interesant este faptul că motocicliștii nu consideră aceasta ca fiind un disconfort, ba din contră, o plăcere. Totuși, dacă ar fi obligați să muncească 8h/zi, timp de 280 zile/an, nu ar mai fi la fel de plăcut.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Chena, H. C., Chena, W. C., „*Whole-body vibration exposure experienced by motorcycle riders – An evaluation according to ISO 2631-1 and ISO 2631-5 standards*”, International Journal of Industrial Ergonomics, Vol. 39, Issue 5, 708-718, 2009
- [2] Cossalter, V., ș.a., „*Frequency-domain method for evaluating the ride comfort of a motorcycle, Vehicle System Dynamics*”, International Journal of Vehicle Mechanics and Mobility, Vol. 44, 2006
- [3] *Directiva 2002/44/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 25 iunie 2002 privind cerințele minime de sănătate și siguranță privind expunerea lucrătorilor la riscurile generate de agenții fizici (vibrații)*
- [4] Figlus, T., ș.a., „*Methods of Measuring and Processing Signals during Tests of the Exposure of a Motorcycle Driver to Vibration and Noise*”, International Journal of Environmental Research and Public Health, Int. J. Environ. Res. Public Health, Vol. 16 (17), 3145, 2019
- [5] Hazell, T. J. , Jakobi, J. M. , ș.a., „*The effects of whole-body vibration on upper- and lower-body EMG during static and dynamic contractions*”, Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism, 13 November 2007, Home Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism, Vol. 32, Number 6, December 2007
- [6] Hsieh-Ching Chen ș.a., „*Whole-body vibration exposure experienced by motorcycle riders – An evaluation according to ISO 2631-1 and ISO 2631-5 standards*”, International Journal of Industrial Ergonomics, Vol. 39, 708–718, 2009
- [7] ISO–2631–1, International Standards Organizations, *Mechanical vibration and shock*, Evaluation of human exposure to whole body vibration, 1997
- [8] Kiiski, J., Heinonen, A., ș.a., „*Transmission of Vertical Whole Body Vibration to the Human Body*”, Journal of Bone and Mineral Research (JBMR), Vol. 23, Number 8, 1318-1325, 2008
- [9] Liang, C.C., Chiang, C.F., „*A study on biodynamic models of seated human subjects exposed to vertical vibration*”, International Journal of Industrial Ergonomics, Vol. 36, Issue 10, 869-890, 2006
- [10] Mansfield, N. J., Griffin, M. J., „*Non-linearities in apparent mass and transmissibility during exposure to whole-body vertical vibration*”, Journal of Biomechanics, Volume 33, Issue 8, 933-941, 2000
- [11] Mohamad, D., ș.a., „*Assessment of Hand-Arm Vibration Exposure among Motorcyclist in Malaysia*”, Applied Mechanics and Materials, Vol. 663, 395-399, 2014
- [12] Picu, M., Năstac, S., „*A Study Concerning The Driver Comfort Improvement As Regards The Transmitted Vibrations By The Vehicle Running On Roads In Romania*”, Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, Volume 6 (2), 313-320, 2011
- [13] Picu, M., „*Răspunsul corpului uman sub acțiunea vibrațiilor*”, Ed. Academica, ISBN 978-973-8937-84-0, 2014
- [14] Picu, M., Picu, L., „*Particular aspects regarding the effects of whole body vibration exposure*”, International Conference on Engineering Vibration, Sofia, Bulgaria, 4-7 September 2017
- [15] Picu, M., „*An Analysis of Vibration Transmission to Handlers Trucks*”, Analele Universității "Dunărea de Jos" din Galați. Fascicula XIV, Inginerie mecanică, Annals of "Dunarea de Jos" University of Galati. Fascicle XIV, Mechanical Engineering, 20, 11-16, 2013
- [16] Roseiroab, L.M., ș.a., „*Hand-arm and whole-body vibrations induced in cross motorcycle and bicycle drivers*”, International Journal of Industrial Ergonomics, Vol. 56, 150-160, 2016
- [17] Ritzmann, R., ș.a., „*The influence of vibration type, frequency, body position and additional load on the neuromuscular activity during whole body vibration*”, European Journal of Applied Physiology volume 113, 1–11, 2013
- [18] Shivakumara BS, Sridhar V, „*Study of vibration and its effect on health of the motorcycle rider, Online Journal of Health and Allied Sciences Peer Reviewed*”, Open Access, Free Online Journal Published Quarterly: Mangalore, South India, Vol. 9, Issue 2, 2010