

## Utjecaj vibracija na trup rukovatelja pri agrotehničkim operacijama

### Sažetak

U radu su prikazana mjerenja obavljena tijekom dvije agrotehničke sezone. Mjerene su razine vibracija koje utječu na trup rukovatelja prilikom korištenja dva različita poljoprivredna stroja (malčer i raspršivač). Korišteni su traktor Landini Powerfarm DT 100. Mjerenje je ponovljeno tri puta u trajanju 30 minuta. Istraživanje je obavljeno na poljoprivrednoj površini Poljoprivredne i veterinarske škole Osijek. Mjerenja su obavljena sukladno normama HRN ISO 2631-1 i HRN ISO 2631-4. Pri radu malčera izmjerena je veća razina vibracija u smjeru osi x i y, dok je pri radu raspršivača veća u smjeru z osi. Razine vibracija izmjerene iduće godine (traktor u eksploataciji sa dodatnih 1000 radnih sati) prilikom korištenja malčera razine vibracija povećane su u smjeru osi y, dok su u smjeru osi x i z smanjene. U drugoj godini rada s raspršivačem izmjerene vibracije u smjeru x i z osi ostale su podjednake, dok se razina vibracija u smjeru osi y smanjila.

**Ključne riječi:** vibracije, traktor, raspršivač, malčer, agrotehničke operacije

### Uvod

Ergonomija je znanost koja se bavi proučavanjem radnog mjesta za ljude koji se nalaze na svojim radnim mjestima pretežito u sjedećem položaju. Prilagođavanjem posla radniku može dovesti do smanjenja stresa i eliminirati mnoge potencijalne ergonomske poremećaje (Griffin, 1990.). Isti autori navode kako vibracije predstavljaju oscilatorno kretanje čvrstih tijela ili čestica tijela u području infrazvučnih i djelomično zvučnih frekvencija. Čovjekovo izlaganje vibracijama možemo podijeliti u tri grupe: one koje izazivaju umor i narušavaju djelotvornost rada, one koje narušavaju zdravlje samoga radnika na pojedinom radnom mjestu i one koje narušavaju udobnost na pojedinom radnom mjestu. Prema Brkić i sur. (2005.) mehaničke se vibracije javljaju kao posljedica gibanja traktora, rada motora, rada elemenata transmisije, rada priključnog stroja (poglavito vučnog otpora). Također navode da se vibracije prenose preko poda traktorske kabine, upravljača, ručica, komandi za upravljanje, te i samog sjedala na kojem rukovatelj traktora sjedi.

Prema Cvetanović i sur. (2014). smanjenje vibracija u organizacijskom smislu nam ukazuju kako bi prva izloženost vibracijama trebala biti što kraća i da je potrebno raditi što češću zamjenu rukovatelja. Ipak i ova metoda može se pokazati kao potpuno neefikasna iz razloga što kod malih poljoprivrednika mogućnost promjene rukovatelja nije moguća. Isto tako održavati predavanja da bi se poljoprivrednici informirali o štetnim djelovanjima vibracija u radu traktora, o dopuštenim i prekomjernim utjecajima vibracija traktora i uvjeti u kojima radnici imaju pravo na zdravstveni nadzor.

Fahy i Thompson (2015.) navode kako se vibracije prenesene na trup rukovatelja javljaju kada se tijelo oslanja na površinu koja vibrira (npr. radnik sjedi na stolici koja vibrira, stoji na vibrirajućem podu ili leži na vibrirajućoj površini). Vibracije se mjere na granici između tijela i površine na kojoj se to tijelo pridržava (npr. na sjedalu ispod kojih se nalazi motor i za stojeću osobu ispod nogu gdje stoji).

<sup>1</sup> Željko Barač, mag. ing. agr., doc. dr. sc. Ivan Plaščak, prof. dr. sc. Mladen Jurišić, prof. dr. sc. Goran Heffer, Ivan Vidaković, mag. ing. mech., doc. dr. sc. Monika Marković, Domagoj Zimmer, mag. ing. agr., Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Vladimira Preloga 1, 31000 Osijek, e-mail: zbarac@pfos.hr

Bogadi-Šare (1993.); Taboršak, (1994.) ukazuje da će se osobama koje su izložene općim vibracijama pojaviti bolest koštano-zglobnog sustava. Isti autori navode da se prvi simptomi oštećenja zdravlja javljaju tek poslije 5 godina konstantnog izlaganja visokim djelovanjem vibracija. Zeng (2016.) navodi da konstantno izlaganje vibracija predstavlja veliki rizik po zdravlje poljoprivrednika. Modificiranje samog dizajna traktora trebalo bi se uzeti u obzir kako bi se smanjila količina vibracija tijekom radnih operacija u poljoprivredi.

Pobedin i sur. (2016.) navode da se u kabini mogu instalirati prigušivači vibracija kako bi se smanjila količina vibracija koja utječe na trup rukovatelja. Primarni uzrok povećanja vibracija koje utječu na rukovatelja je rezonancija tijekom rada stroja. Isto tako ukazuju kako je najprikladnije rješenje elastomerni prigušivač vibracija, također i korištenje aksijalnih prigušivača koji smanjuju ukupnu količinu vibracija i do 33% (Shinde i Jadhav, 2016).

Tanković i sur. (2015.) navode kako Europska unija smatra da je rizik oštećenja zdravlja zanemariv tijekom osmosatnog izlaganja vibracijama ubrzanja do  $1 \text{ m/s}^2$ , a ako je ubrzanje do  $2,5 \text{ m/s}^2$  potrebno je radnike upoznati sa opasnostima od djelovanja vibracija; ako je ubrzanje  $2,5 - 5 \text{ m/s}^2$  predložen je zdravstveni nadzor zbog otkrivanja ranih znakova djelovanja vibracija, dok kod vrijednosti ubrzanja iznad  $5 \text{ m/s}^2$  mogu se očekivati jasna oštećenja zdravstvenog stanja. Isti autori navode kako radnici smiju biti izloženi djelovanju vibracija ubrzanja  $20 \text{ m/s}^2$  i više samo tijekom nekoliko minuta i uz sve raspoložive zaštitne mjere.

Cilj istraživanja je utvrditi razinu vibracija koje izravno utječu na trup rukovatelja u odnosu na povećanje broja radnih sati traktora, a pri različitim agrotehničkim operacijama. Hipoteza je da će se s povećanjem radnih sati traktora povećati i razina vibracija koja utječe na trup rukovatelja poljoprivrednog traktora.

## Materijali i metode

Obavljeno je istraživanje tijekom dvije godine na traktoru proizvođača *Landini* tipa *Powerfarm DT100*. Traktor je za vrijeme prvog mjerenja 2015. godine imao cca. 5800 radnih sati, dok je za vrijeme drugog mjerenja 2016. godine imao 1000 radnih sati više. Isti je obavljao slične agrotehničke operacije.

Istraživanje je eksploatacijskog karaktera, a mjerenja su obavljana prilikom izvođenja dvije različite agrotehničke operacije (malčer i raspršivač). Mjere se razine proizvedenih vibracija koje utječu na trup rukovatelja. Obje agrotehničke operacije obavljene su u nasadu jabuke. Prva agrotehnička operacija izvedena je s nošenim voćarskim raspršivačem (apliciranje) (Slika 1), dok je druga agrotehnička operacija podrazumijevala košnju trave i usitnjavanje orezanih grana u međuredovima spomenutog nasada jabuke s malčerom (Slika 2). Mjerenja su izvedena na proizvodnim poljoprivrednim površinama *Poljoprivredne i veterinarske škole Osijek*. Svako mjerenje je trajalo po 30 minuta, te je ponovljeno po 3 puta, a na osnovu izmjerenih vrijednosti izračunata je srednja vrijednost koja je upotrebljavana dalje u radu. Za vrijeme istraživanja u obje godine temperatura je bila u rasponu  $30 - 36^\circ\text{C}$ , dok je relativna vlaga bila u rasponu  $60 - 68\%$ , brzina vjetra je bila zanemariva.

Mjerenja su obavljana u skladu s normama *HRN ISO 2631-1* i *HRN ISO 2631-4*. Metoda mjerenja prema *HRN ISO 2631-1* nalaže da se mjerenje vibracija odvija na sjedištu traktora, odnosno razina vibracija se mjeri dok se rukovatelj nalazi u sjedećem položaju. Senzor je postavljen na sjedalu na točno određenom poziciji na koju rukovatelj sjeda. Mjerenja su obavljena uređajem marke *MMF*, model *VM30-H*. Mjerni opseg je postavljen na  $120 \text{ m/s}^2$ . Koriste se težinski filteri  $W_d$  (za vibracije u smjeru x i y osi) i  $W_k$  (za vibracije u smjeru z osi).



**Slika 1.** Traktor agregatiran s malčerom  
**Picture 1.** Tractor aggregated with flail mower



**Slika 2.** Traktor agregatiran s raspršivačem  
**Picture 2.** Tractor aggregated with a axial fan spayer

Uređaj za mjerenje je bio postavljen na sjedište tako da su osi orijentirane na slijedeći način (HRN ISO 2631-4):

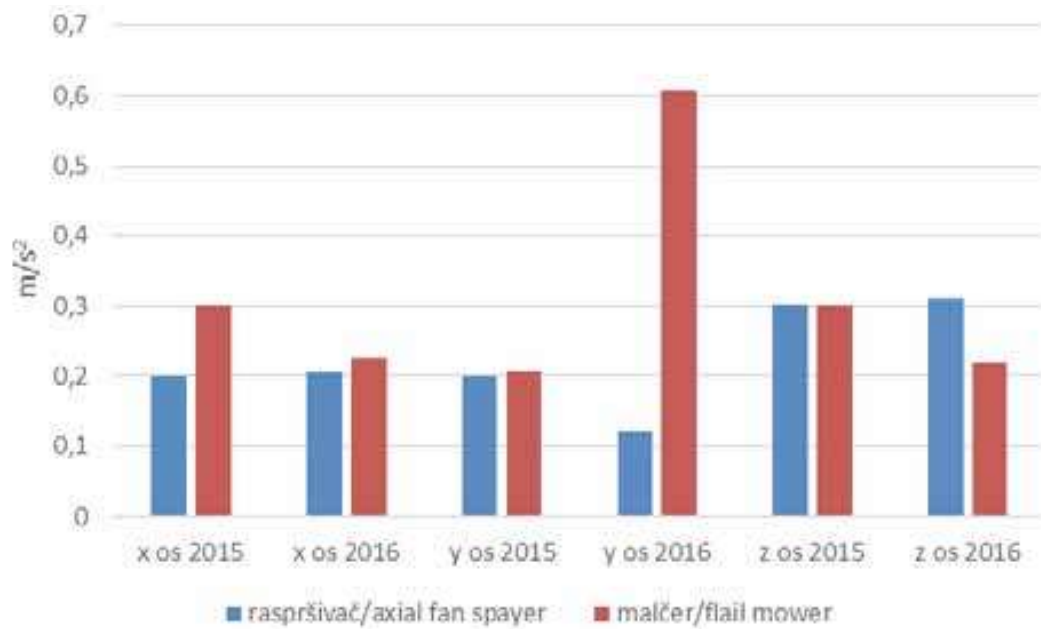
x os : uzdužno, u smjeru gibanja – naprijed (pozitivno) / natrag (negativno)

y os : bočno, pod pravim kutom u odnosu na smjer vožnje

z os : vertikalno, prema gore (pozitivno) / prema dolje, okomito na pod (negativno).

### Rezultati i rasprava

Obavljenim istraživanjem vidljivo je kako svaka os (x, y i z) drugačije osciliraju. Nadalje, od dobivenih vrijednosti izračunata je srednja vrijednost i uspoređena za agrotehničke operacije.



**Grafikon 1.** Usporedni prikaz srednjih izmjerenih vrijednosti  
**Figure 1.** Comparison of mean measured values

Uspoređujući iznose srednjih vrijednosti vibracija 2015. i 2016. godine utvrđeno je kako su rezultati mjerenja vibracija kod mačiranja povećani po x osi za  $0,026 \text{ m/s}^2$  i po y osi za  $0,4 \text{ m/s}^2$ , dok su se po z osi smanjili za  $0,083 \text{ m/s}^2$ . Prilikom mjerenja rada s raspršivačem srednje vrijednosti vibracija povećavaju se po x osi za  $0,006 \text{ m/s}^2$  i po z osi za  $0,007 \text{ m/s}^2$ , dok se smanjuju po y osi za  $0,08 \text{ m/s}^2$  (Grafikon 1).

Almeida i sur. (2015.) u svom su istraživanju mjerili količine vibracija koje utječu na rukovatelja u dva različita traktora. Prvi je bio starije izvedbe 1997. bez kabine, a drugi je bio novije izvedbe 2014. sa kabinom i došli do zaključka kako razina vibracija ne prelazi dopuštenu granicu kojoj rukovatelj smije biti izložen. Isto tako navode kako je količina vibracija manja kod traktora sa kabinom nego kod traktora bez kabine te nije prelazila dopuštenu granicu kao i u ovome istraživanju.

Cheng i sur. (2015.) radili su istraživanje gdje su proučavali kako razina vibracija utječe na trup rukovatelja te koliku će količinu vibracija hidraulični sustav apsorbirati. Koristi se traktor s istom veličinom pneumatika i mjerenja su obavljena na istim površinama. Dolaze do zaključka kako prilikom rada s traktorom na kojem je agregatirano nošeno oruđe količina vibracija se povećala, ali ostala je u dopuštenim granicama kao i u ovome istraživanju. Isto tako navedeno je kako se opterećenje prednjih pneumatika povećalo i rezultiralo lošijim upravljenjem traktora.

Langer i sur. (2015.) navode kako se količina vibracija povećava ili smanjuje s obzirom na radnu površinu. Vožnja uzbrdo i nizbrdo sa pogonom na sva četiri pneumatika pokazala se kao najveće povećanje količine stvorenih vibracija s usporednom na vožnju pri ravnom tlu. Barač, i sur. (2016.) navode u istraživanju gdje su mjerili vibracije koje utječu na trup rukovatelja kako su sve vrijednosti izmjerenih vibracija niže od dopuštenih  $1,15 \text{ m/s}^2$  kao i u ovome istraživanju.

Direktiva o vibracijama (2002/44/EC) propisuje upozoravajuću vrijednosti izloženosti, iznad koje su poslodavci dužni kontrolirati rizike koji su proizašli iz vibracija koje se pre-



nose na cijelo tijelo njihovih radnika, kao i graničnu vrijednost, koja u profesionalnim uvjetima ne smije biti premašena. Dnevna granična vrijednost izloženosti iznosi  $1,15 \text{ m/s}^2$ .

**Tablica 1.** Deskriptivna statistika srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija u smjeru x, y i z osi na malčeru

**Table 1.** Descriptive statistics of the mean values of the measured vibrations in direction x, y and z axis on flail mower

	N	$\bar{x}$ m/s <sup>2</sup>	stdev	C.V. %	Std. Error	95% Interval pouzdanosti za srednju vrijednost		Min	Max
						Niža granica	Viša granica		
x os									
1	3	0,300	0,0100	3,33	0,0577	0,27516	0,32484	0,29	0,31
2	3	0,226	0,0550	24,29	0,0317	0,08985	0,36348	0,19	0,29
Ukupno	6	0,263	0,0535	20,33	0,0218	0,20715	0,31952	0,19	0,31
y os									
1	3	0,206	0,0208	10	0,0120	0,15496	0,25838	0,19	0,23
2	3	0,606	0,0305	5,03	0,0176	0,53078	0,68256	0,58	0,64
Ukupno	6	0,406	0,2203	54,18	0,0899	0,17544	0,63789	0,19	0,64
z os									
1	3	0,300	0,0200	6,67	0,0115	0,25032	0,34968	0,28	0,32
2	3	0,216	0,0472	21,81	0,0272	0,09927	0,33406	0,18	0,27
Ukupno	6	0,258	0,0560	21,68	0,0228	0,19956	0,31711	0,18	0,32

Iz tablice 1 vidljivo je kako je standardna pogreška viša 2016. godine u smjeru osi y i z u odnosu na 2015. godinu, dok je 2015. godine standardna pogreška viša smjeru osi x za razliku od 2016. godine.

**Tablica 2.** Analiza varijance (ANOVA) za x, y i z os na malčeru

**Table 2.** Variance analysis (ANOVA) for x, y and z axis on flail mower

	Suma kvadrata	df	Srednja vr. kvadrata	F	Sig.
x os					
Između grupa	0,008	1	0,008	5,149	0,086
Unutar grupa	0,006	4	0,002		
Ukupno	0,014	5			
y os					
Između grupa	0,240	1	0,240	351,220	0,000
Unutar grupa	0,003	4	0,001		
Ukupno	0,243	5			
z os					
Između grupa	0,010	1	0,010	7,911	0,048
Unutar grupa	0,005	4	0,001		
Ukupno	0,016	5			

Analizom varijance utvrđena je statistički značajna razlika u iznosu srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija među promatranim agrotehničkim operacijama u smjeru osi y i z dok u smjeru osi x nije utvrđena statistički značajna razlika (Tablica 2).

**Tablica 3.** Deskriptivna statistika srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija u smjeru x, y i z osi na raspršivaču

**Table 3.** Descriptive statistics of the mean values of the measured vibrations in direction x, y and z axis on axial fan spayer

	N	$\bar{x}$ m/s <sup>2</sup>	stdev	C.V. %	Std. Error	95% Interval pouzdanosti za srednju vrijednost		Min	Max
						Niža granica	Viša granica		
x os									
1	3	0,200	0,0200	10	0,0115	0,15032	0,24968	0,18	0,22
2	3	0,206	0,0208	10,07	0,0120	0,15496	0,25838	0,19	0,23
Ukupno	6	0,203	0,0186	8,93	0,0076	0,18379	0,22287	0,18	0,23
y os									
1	3	0,200	0,0100	5	0,0057	0,17516	0,22484	0,19	0,21
2	3	0,120	0,0435	36,32	0,0251	0,01172	0,22828	0,09	0,17
Ukupno	6	0,160	0,0521	32,59	0,0212	0,10527	0,21473	0,09	0,21
z os									
1	3	0,303	0,0152	5,04	0,0881	0,26539	0,34128	0,29	0,32
2	3	0,310	0,0264	8,53	0,0152	0,24428	0,37572	0,29	0,34
Ukupno	6	0,306	0,0196	6,41	0,0080	0,28603	0,32730	0,29	0,34

U tablici 3 vidljivo je kako je standardna pogreška u smjeru sve tri osi (x, y i z) viša u drugoj godini istraživanja 2016. u odnosu na prvu godinu istraživanja 2015.

**Tablica 4.** Analiza varijance (ANOVA) za x, y i z os na raspršivaču

**Table 4.** Variance analysis (ANOVA) for x, y and z axis on axial fan spayer

	Suma kvadrata	df	Srednja vr. kvadrata	F	Sig.
x os					
Između grupa	0,000	1	0,000	0,160	0,710
Unutar grupa	0,002	4	0,000		
Ukupno	0,002	5			
y os					
Između grupa	0,010	1	0,010	9,600	0,036
Unutar grupa	0,004	4	0,001		
Ukupno	0,014	5			
z os					
Između grupa	0,000	1	0,000	0,143	0,725
Unutar grupa	0,002	4	0,000		
Ukupno	0,002	5			

Analizom varijance nije utvrđena statistički značajna razlika u iznosu srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija među promatranim agrotehničkim operacijama u smjeru osi x i z, dok je u smjeru osi y utvrđena statistički značajna razlika (Tablica 4).

## Zaključak

Vidljivo je, a što prikazuju i statističke tablice srednjih vrijednosti vibracija, veće su vibracije, kod mjerenja pri radu malčera po y osi i pri radu raspršivača po x i z osi, proizvodio ih je stariji traktor (2016. godine), a što je u skladu s postavljenom hipotezom. Nadalje, deskriptivna statistika ukazuje kako su izmjerene srednje vrijednosti vibracija pri radu malčera veće po x i z osi te pri radu raspršivača po y osi, a proizvodio ih je mlađi traktor (2015. godine), što nije u skladu s postavljenom hipotezom.

Prilikom prvog mjerenja u 2015. godini razlike po osima u izmjerenoj razini srednjih vrijednosti vibracija koje utječu na trup rukovatelja tijekom obje operacija nisu bile velike, od 0.05 do 0.11 m/s<sup>2</sup>. Najveća promjena prikazana je po y osi gdje se vrijednost povećala i do četiri puta prilikom rada s malčermom. Za povećanje razine vibracija po z osi prilikom rada s raspršivačem možemo pretpostaviti da je razlog što je raspršivač nošeni stroj. Prilikom rada u spremniku se također nalazi i određena količina zaštitnog sredstva, a i sam traktor tijekom pokreta može naići na otpore na tlu. Svi ti parametri mogu dovesti do povećane količine vibracija.

Bitno je napomeniti kako niti jedna izmjerena vrijednost vibracija koje utječu na trup rukovatelja nisu prelazile dopuštenu graničnu vrijednost od 1,15 m/s<sup>2</sup>.

## Literatura

- Almeida, S. V., Sperotto-Spneski, C. F., Dolmo, S. L., Correla, S. P. T., Santos, G. E. J., Silva-Arbex, R. P. (2015). Analysis of vibration levels in agricultural tractor with and without cabin. *African journal of agricultural research*, 10 (53): 4945-4949.
- Barač, Ž., Plaščak, I., Jurić, T., Jurišić, M., Heffer, G., Nikolić, A. (2016). Proizvedena razina traktorskih vibracija pri različitim agrotehničkim podlogama koje utječu na trup rukovatelja. U: *Zbornik radova*, Rašić, S., Mijić, P. (ur.), 9, 82-85.
- Bogadi-Šare, A. (1993). Djelovanje općih vibracija: nedovoljno poznat zdravstveni problem. *Arh hig rada Toksikol*, 44 (3): 269-279.
- Brkić, D., Vujčić, M., Šumanovac, L., Lukač, P., Kiš, D., Jurić, T., Knežević, D. (2005). Eksploatacija poljoprivrednih strojeva. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek, Hrvatska.
- Cheng, J., Chi, R., Mao, E. (2015). Influence of hanging farm implement on vibration of tractor with electro-hydraulic hitch system. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 31 (7): 24-32.
- Cvetanović, B., Cvetković, M., Cvetković, D. (2014). Procjena rizika po zdravlje vozača, od vibracija nastalih pri eksploataciji traktora. *Naučni časopis Poljoprivredna tehnika*, 3, 21-29.
- Fahy, F., Thompson, D. (2015). *Fundamentals of Sound and Vibration*, Second Edition. Institute of Sound and Vibration Research, University of Southampton, United Kingdom.
- Griffin, M. J. (1990). *Handbook of human vibration*. Institute of Sound and Vibration Research, University of Southampton, United Kingdom.
- Langer, H. T., Ebbesen, M. K., Kordestani, A. (2015). Experimental analysis of occupational whole-body vibration exposure of agricultural tractor with large square baler. *International journal of industrial ergonomics*, 47: 79-83.
- Pobedin, A.V., Dolotov, A. A., Shekhovtsov, V. V. (2015). Decrease of the vibration load level on the tractor operator working place by means of using of vibrations dynamic dampers in the cabin suspension. *Procedia Engineering*, 150: 1252-1257.
- Shinde, A., Jadhav S. G. (2016). Vibration measurement and vibration reduction of steering wheel of an agricultural tractor. *International journal of science and research*, 5 (7): 44-48.
- Taboršak, D. (1994). Ergonomija i medicina rada. *Arh hig rada Toksikol*, 45 (4): 309-314.
- Tanković, A., Suljić-Beganović, F., Talajić, M., Lutvica, S., Lutvica, E., Goletić, A. (2015). Utjecaj vibracija na ljudski organizam. *Bilten Ljekarske komore*, 20: 33-40.
- Zeng, X. (2016). Modeling predictors of whole body vibration exposure among Saskatchewan farmers: A key step in low back disorder prevention. University of Saskatchewan, Saskatoon.
- \*\*\*(1999): Mehaničke vibracije i udari – ocjenjivanje izloženosti ljudi vibracijama cijeloga tijela – 1. dio: opći zahtjevi, HRN ISO 2631-1, Zagreb.
- \*\*\*(2010): Mehaničke vibracije i udari – procjena izloženosti ljudi vibracijama cijelog tijela – 4. dio: omjernice za procjenu utjecaja vibracija i rotacijskih gibanja na udobnost putnika i posada u transportnim sustavima s fiksnim vođenjem, HRN ISO 2631-4, Zagreb.
- \*\*\*(2002): Council Directive on the minimum health safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration), *J Eur Commun*, EEC 89/391.

Original scientific paper

## The impact of vibration on operator whole body at agrotechnical operations

### Abstract

The paper presents measurements performed during two agrotechnical seasons. Quantities of vibrations which affect the whole body of the operator while using two different agricultural machines (mulcher and atomizer) were measured. During the measurements the Landini Powerfarm 100 tractor was used. Experiment was repeated three times and each taking 30 minutes. Agricultural field where study was performed is owned by the Agricultural High school in Osijek. The device used to measure the vibrations is the MMF VM30. Measurements were carried out in accordance with the HRN ISO 2631-1 and HRN ISO 2631-4 standards. The conducted research shows that, depending on the axes we observe, vibrations affect the whole body of the operator differently. When using the mulcher, the amount of vibrations by the x and y axes is greater. On the other hand, when using the atomizer the amount of vibrations by the z axis is greater. If we compare the amount of vibrations from following agrotechnical season (when the same tractor had more than 1000 more working hours), can be concluded that the mean amount of vibrations when using the mulcher is increased by the y axis and reduced by the x and z axes. When using the atomizer the amount of vibrations by x and z axes remains similar and the amount of vibrations by y axis is reduced.

**Key words:** vibrations, tractor, axial fan spayer, flail mower, agrocultural operations



## Široka ponuda mehanizacije za vinograde i voćnjake

Traktori, atomizeri, malčeri, međuredne freze i lopatari, električne škare i vezačice, šišači, roto-malčeri.

 **KOKOTAGRO**

[www.kokot-agro.hr](http://www.kokot-agro.hr)