Pojavnost i utjecaj vibracija pri strojnoj berbi voća na trup rukovatelja

Brlas, Kristian

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechical Sciences Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:100258

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek - Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Kristian Brlas

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Mehanizacija

Pojavnost i utjecaj vibracija pri strojnoj berbi voća na trup rukovatelja

Završni rad

Osijek, 2018.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Kristian Brlas

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Mehanizacija

Pojavnost i utjecaj vibracija pri strojnoj berbi voća na trup rukovatelja

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. Željko Barač, mag. ing. agr., mentor
2. doc. dr. sc. Ivan Plaščak, član
3. prof. dr. sc. Tomislav Jurić, član

Osijek, 2018.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku Završni rad
Poljoprivredni fakultet u Osijeku
Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda, smjer Mehanizacija
Kristian Brlas

Pojavnost i utjecaj vibracija pri strojnoj berbi voća na trup rukovatelja

Sažetak:

U radu su prikazani rezultati mjerenja vibracija koje djeluju na trup rukovatelja pri radu vučenog tresača. Cilj istraživanja utvrditi hoće li se vibracije koje djeluju na trup rukovatelja promijeniti kod različitih brojeva okretaja priključnog vratila traktora u agrotehničkom zahvatu berbi voća. Mjerenja su obavljena na dva traktora John Deere 6110MC i Hurlimann 910.4 XT, ista su obavljena u voćnjaku u vlasništvu OPG "Barica Sabo" u Vladislavcima. Istraživanje je provedeno u skladu s propisanim normama HRN ISO 2631 – 1 i HRN ISO 2631 – 4. Mjerenja su obavljena s uređajem za mjerenje vibracija MMF VM30 s pripadajućim senzorom za mjerenje vibracija trupa. Mjerenja su obavljena tako da je mjerni instrument postavljen na sjedalicu točno na mjesto gdje rukovatelj sjeda, uz eksploatacijske uvjete rada cijeloga agregata. Pri radu tresača izmjerene su slične vrijednosti vibracija koje su djelovale na trup rukovatelja. Izmjerene vrijednosti vibracija nisu prelazile dopuštene granične vrijednosti te je pretpostavka kako rukovatelj ovih traktora neće biti izložen negativnom utjecaju vibracija koje bih utjecale na njegovo zdravlje. Te je zaključak da rukovatelj nije izložen negativnom utjecaju vibracija na njegovo zdravlje.

Ključne riječi: vibracije, traktor, tresač, trup,

28 stranice, 15 tablica, 13 grafikona i slika, 28 literaturnih navoda

Završni rad je pohranjen: u Knjižnici Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Jurja Strossmayer University of Osijek BSc Thesis
Faculty of Agriculture in Osijek
Undergraduate university study Agriculture, course mechanization
Kristian Brlas

The appearance and impact of vibration at the machine fruit harvesting on the operator's body

Summary:

This paper presents the results of whole body vibrations measurements at work with fruit shaking and cleaning machine. The aim of this research paper was to determine will whole body vibrations impact change with changing number of rotations per minute of power take-off shaft while harvesting fruit. Measurements were carried out with two tractors John Deere 6110MC and Hurlimann 910.4 XT in ownership of OPG "Barica Sabo" in Vladislavci. Research was done in compliance with norms HRN ISO 2631 – 1 i HRN ISO 2631 – 4. Measurements have been made by MMF VM30 device with associated measuring instrument for measuring whole body vibrations. Measurements have been carried out by a method in which measuring instrument is set on operators seat on the exact spot where he sits down, while exploitation coditions were present. It was measured that in both tractors impact and appearance of whole body vibrations were similar. Measured values were not over permissible levels and it is safe to assume that operator was not under negative influence of whole body vibrations on his health. Conclusion is that operator was not under negative influence from whole body vibrations.

Key words: vibrations, tractor, shaker, body

28 pages, 15 tables, 13 figures, 28 references

BSc Thesis is archived in Library of Faculty of Agriculture in Osijek and in digital repository of Faculty of Agriculture in Osijek

Sadržaj

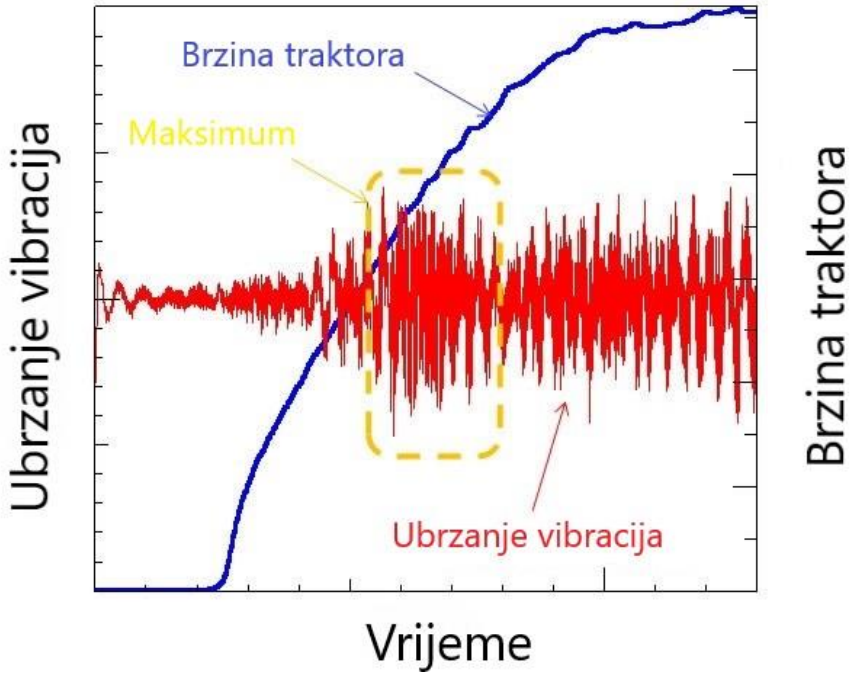
1. UVOD 1
2. MATERIJALI I METODE 5
3. REZULTATI I RASPRAVA 14
4. ZAKLJUČAK 25
5. POPIS LITERATURE 26

1. UVOD

Ergonomija je znanstvena disciplina (znanost o radu) kojoj je zadatak da istražuje ljudski organizam i ponašanje, te pruža podatke o prilagođenošću predmeta s kojima čovjek dolazi u kontakt. Dakle, ergonomija proučava anatomske, fiziološke i druge parametre ljudskog tijela. To nije neovisna znanost nego se koristi podacima svih disciplina koje se bave čovjekom (medicinom, psihologijom, matematikom, optikom, akustikom, itd.). Ergonomija omogućava da se kvalitetno radi, poveća proizvodnja, smanji broj profesionalnih oboljenja i da se poveća efikasnost i sigurnost uporabe predmeta. Ergonomija mora biti najčvršće povezana s konstrukcijom i tehničkim projektiranjem proizvoda (s jedne strane) i dizajniranjem (s druge strane). Dizajn ne može mijenjati čovjeka, ali putem ergonomije saznaje o čimbenicima koji su čovjeku potrebni. Upravo ergonomija omogućava dizajneru da prilagođava ili promijeni predmet u najprikladnijoj kombinaciji za čovjeka. Idealna situacija kaže da bi dizajn nekog uređaja trebao početi od čovjeka, ali najčešće se događa suprotno. Zato je važno uočiti da je dizajn oblikovan za ljude na osnovu podataka o konačnom korisniku. Ergonomija kao znanost daje principe dimenzija za oblikovanje predmeta s koji korisnik dolazi u doticaj. (izvor: Wikipedia: Ergonomija. https://hr.wikipedia.org/wiki/Ergonomija (13.6.2018.))

Pobedin i sur. (2016.) navode da snaga traktora i brzina kretanja kontinuirano rastu, zbog toga dolazi do povećanja dinamičkog opterećenja na ovjes i prijenos traktora koji zbog povećanja opterećenja proizvode više vibracija što je prikazano na (Slika 1.). Vibracije negativno utječu na sustave i dijelove traktora, kao i na okoliš i rukovatelja. Iz toga proizlazi veći umor rukovatelja što uzrokuje veći broj pogrešaka u radu te tako smanjuje proizvodnost. Kod rukovatelja koji su izloženi visokim vibracijama često dolazi do pojave profesionalnih bolesti te se iz tih razloga u modernim traktorima posvećuje puno pažnje na zaštitu rukovatelja od vibracija koje proizvode motor, ovjes, prijenos i radni stroj.

Ren i sur. (2018.) u svom istraživanju navode da ovjes kabine smanjuje razinu vibracija te tako pozitivno utječe na udobnost rukovatelja. Prirodna frekvencija ovjesa kabine je višlja od frekvencije cijelog traktora, ali prigušni element obično ima nisku frekvenciju približnu onoj cijelog traktora te zbog toga prigušni element gubi svoja prigušna svojstva već nakon kratkog vremena. Za to vrijeme rukovatelj i sjedalo traktora su u direktnom kontaktu pa je rukovatelj u najneudobnijem rasponu frekvencija.



Slika 1. prikaz utjecaja brzine traktora na nastanak vibracija

(izvor: Yanmar: Improvement for working space comfort (Prediction of tractor vibration) https://www.yanmar.com/global/technology/technical_review/2016/0127_5.html (13.6.2018.))

Yung i sur. (2018.) navode da je izloženost rukovatelja vibracijama trupa česta u građevini, poljoprivredi, rudarenju i transport. Postoje jaki epidemiološki dokazi koji povezuju vibracije trupa rukovatelja sa dugoročnim negativnim utjecajem na njegovo zdravlje, uključujući bol u leđima. Kratkoročna izlaganja takvim vibracijama mogu biti uzrok nezgoda i padova rukovatelja nakon završetka rada. Akutni simptomi koji se javljaju kod različitih intenziteta vibracija su i dalje ne objašnjeni.

Phromjan i sur. (2018.) navode da se traktor za transport prtljage u tajlandskoj zračnoj luci "Thai Airways International Public Company Limited" susreo sa problemom prebrzog trošenja guma. Puknuće gume za vrijeme transporta prtljage uzrokuje kašnjenje letova. Dugotrajnost i velika nosivost se očekuju od guma traktora za ovu namjenu. Vibracije koje se javljaju na gumama za vrijeme njihove rotacije uzrokovale su ubrzano trošenje ovjesa traktora zbog čega se javljaju još veće vibracije na gumama ali i u kabini traktora.

Cutini i sur. (2016.) navode da su vibracije koje djeluju na trup rukovatelja jedan od uzročnika profesionalnih bolesti rukovatelja traktora. Mjerenje vibracija pokazalo se kao pouzdana metoda

za utvrđivanje pojavnosti i utjecaja vibracija, na osnovu rezultata mjerenja pristupa se daljnjem poboljšanju udobnosti i sigurnosti ukoliko je to potrebno.

Vibracije (kasnolat. vibratio: drhtanje, treperenje) su periodično ili ciklično gibanje mehaničkih sustava (strojevi, građevine i drugo) oko ravnotežnog položaja prouzročeno vanjskom periodičnom silom ili otklonom iz ravnotežnoga položaja. Za razliku od titranja, vibracije se javljaju s relativno malim otklonima od ravnotežnog položaja s obzirom na razmjere mehaničkog sustava. U svakom se titraju potencijalna energija sustava pretvara u kinetičku i obrnuto, uz djelomičan gubitak energije zbog otpora i trenja, koja u obliku topline napušta sustav. (izvor: Wikipedia: Vibracije. https://hr.wikipedia.org/wiki/Vibracije (13.6.2018.))

Deboli i sur. (2017.) navode da rukovatelji traktora rade tijekom cijele godine, dok u nekim dijelovima godine rade i do 12 do 14 h na dan. Posljedica toga je da su rukovatelji traktora izloženi fizikalnom opterećenju to jest vibracijama trupa koje mogu prouzrokovati biomehaničke probleme u leđima rukovatelja. Analiza vibracija koje djeluju na trup rukovatelja u poljoprivrednim radovima je vrlo kompleksna zbog toga što ovisi o mnogim promjenjivim uzročnicima u radu.

Cvetanović i sur. (2013.) zaključuju da su mjerenja razine vibracija na sjedalici različitih modela traktora pokazala da rizik za zdravlje rukovatelja postoji čak i za rukovatelje koji su vibracijama izloženi samo jedan sat na dan, dok je rizik za rukovatelje koji su izloženi više sati zasigurno veći. Simptomi profesionalnih bolesti pokazuju se postepeno, često čak i dvije do sedam godina nakon što je rukovatelj bio pod utjecajem visoke razine vibracija.

Gialamas i sur. (2016.) utvrđuju da vibracije koje se pojavljuju u radu sa traktorom loše utječu na rukovatelja zbog smanjene udobnosti, ograničenog kretanja i mogućeg negativnog utjecaja na zdravlje. Najveće razine vibracije ne smiju prijeći dopuštenu razinu vibracija kako bi se zaštitilo rukovatelja.

Almeida i sur. (2015.) navode da traktori često imaju kvarove koji narušavaju udobnost i sigurnost rukovatelja. Generalno traktori proizvode vibracije niske frekvencije koje se prenose na rukovatelja te na sve ostale dijelove traktora. Navedene vibracije mogu prouzročiti mehaničke probleme unutar traktora te naštetiti zdravlju rukovatelja u vrlo značajnoj mjeri.

Vibracije prenesene na trup rukovatelja mogu prouzročiti umor, nesanicu, probavne smetnje, glavobolju i drhtavicu odmah poslije završetka rada u kojem je radnik bio pod utjecajem

vibracijama. Simptomi su slični onima koje ljudi imaju nakon duge vožnje automobilom ili nakon vožnje brodom. Istraživanja pokazuju da vibracije koje su prenesene na trup rukovatelja mogu povećati broj otkucaja srca, potrebu za kisikom i brzinu disanja, proizvesti promjene u krvi i urinu. (izvor: Canadian centre for Occupational Health and Safety: Vibration – Health Effects. http://www.ccohs.ca/oshanswers/phys_agents/vibration/vibration_effects.html (18.6.2018.)).

Asgarifar i sur. (2017.) navode da mehaničke vibracije imaju različit utjecaj na trup rukovatelja, kao što je smanjena učinkovitost, bol u kostima, ne udobnost, te fiziološke i psihološke probleme. Nedostatak ovjesa kabine u traktorima za rukovatelja znači izloženost širokom rasponu vibracija. Primjena prikladne sjedalice ili dodatka za sjedalicu je jedno od rješenja koje može umanjiti negativne utjecaje vibracija na rukovatelja.

Sandi i sur. (2017) utvrđuju korelaciju između starosti rukovatelja, godina radnog staža u rukovanju traktorom i boli u leđima. Navode da rukovatelji stariji od 31 godine sa radnim stažem na mjestu rukovatelja dužim od 11 godina imaju puno veći rizik od pojave kroničnih bolova u leđima. Tjelesna aktivnost i prehrana mogu se koristiti kako bi se ovaj problem umanjio.

Cilj rada je uređajem za mjerenje vibracija izmjeriti razinu vibracija koja utječu na trup rukovatelja traktora pri radu sa strojnim tresačem voća te pri različitom broju okretaja pogonskog motora. Hipoteza je da će izmjerena razina vibracija biti veća s povećanjem broja okretaja priključnog vratila te da će traktor s većim brojem radnih sati imati veću izmjerenu razinu vibracija.

2. MATERIJALI I METODE

Mjerenja su provedena 2018. godine na dva traktora agregatirana sa vučenim tresačem. Mjerenja su obavljena u voćnjaku, na traktorima John Deere 6110MC (Slika 2.) i Hurlimann 910.4 XT (Slika 3.) koji su bili agregatirani s tresačem ″Weremczuk″ Maja (Slika 5.). U tablici 1. prikazani su tehnički podatci traktora John Deere 6110MC koji je za vrijeme mjerenja imao 714,1 radni sat, dok su u tablici 2. prikazani tehnički podatci traktora Hurlimann 910.4 XT koji je za vrijeme mjerenja imao 9535,2 radnih sati. Traktor John Deere 6110MC ostvaruje snagu od 82 kW i proizveden je 2016. godine, dok Hurlimann 910.4 XT ostvaruje snagu od 76,8 kW i proizveden je 2004. godine. Mjerenje je provedeno za tri različite brzine okretaja priključnog vratila traktora, i to 300, 400 i 500 o/min. Svako mjerenje je ponovljeno šest puta.



Slika 2. Traktor John Deere 6110MC (Vlastiti izvor)



Slika 3. Traktor Hurlimann 910.4 XT (Vlastiti izvor)

Tablica 1. Tehnički podatci traktora John Deere 6110MC

Snaga motora (kW/KS)	82/ 110
Maksimalna snaga motora (kW/KS)	86.5/ 116
Maksimalna snaga na priključnom vratilu KW/KS	64.1/ 86
Maksimalni okretni moment (Nm)	480
Broj cilindara/zapremina (Br/cm^3)	4/ 4500
Brzine naprijed/ nazad	16/12
Ovjes prednje osovine	TLS
Ovjes kabine	Ne
Volumen spremnika goriva (l)	193
Masa traktora (kg)	5007
Pneumatici; prednji/ zadnji	380/85R28 460/85R38
Dužina (cm)	448
Širina (cm)	255
Broj radnih sati (h)	714

Visina s kabinom (cm)	287
Godina proizvodnje	2016.

(izvor: TractorData: John Deere 6110MC. http://www.tractordata.com/farm-tractors/008/9/8/8985-john-deere-6110m-dimensions.html (13.6.2018))

Tablica 2. Tehnički podatci traktora Hurlimann 910.4 XT

Snaga motora (kW/KS)	76.8/ 103
Maksimalna snaga motora (kW/KS)	76.8/ 103
Maksimalna snaga na priključnom vratilu KW/KS	/
Maksimalni okretni moment (Nm)	380
Broj cilindara/zapremina (Br/cm^3)	4/ 4000
Brzine naprijed/ nazad	20/ 20
Ovjes prednje osovine	Ne
Ovjes kabine	Ne
Volumen spremnika goriva (l)	140
Masa traktora (kg)	3980
Pneumatici prednji/ zadnji	13.6R28 16.9R38
Dužina (cm)	411
Širina (cm)	237
Broj radnih sati (h)	9532
Visina s kabinom (cm)	271
Godina proizvodnje	2004

(izvor: TractorData: Hurlimann 910.4 XT. http://www.tractordata.com/farm-tractors/002/8/6/2861-hurlimann-9104-xt-dimensions.html (13.6.2018))

Tresač "Weremczuk" Maja za vrijeme mjerenja bio je agregatiran na traktor John Deere 6110MC te nakon njega na Hurlimann 910.4 XT. Tresač je bio spojen na traktor u dvije točke na krajevima rude. Lijeva i desna traktorska poluga obuhvatile su rudu te osiguravale radnu visinu stroja. Prikazan je (Slika 4.) način agregatiranja tresača za traktor. Tresač se nalazio u vodoravnom položaju u odnosu na tlo. Za pokretanje i rad stroja potrebno je spojiti kardansko vratilo tresača sa priključnim kardanskim vratilom traktora. Taj spoj je osiguran zaštitnom

plastikom kako ne bi došlo do ozljede osoba koje obavljaju berbu. Na traktor se priključuju dva hidraulična crijeva koja služe za zakretanje para kotača na stražnjem dijelu tresača. Tresač je prikazan na (Slika 5.), a njegovi tehnički podatci u tablici 3.



Slika 4. Način agregatiranja stroja (Vlastiti izvor)



Slika 5. Tresač ″Weremczuk″ Maja agregatiran na traktor (Vlastiti izvor)

Tablica 3. Tehnički podatci ″Weremczuk″ Maja

Kapacitet branja (ha/sat)	0.20-0.25
Prosječna vrijednost ubiranja (%)	95
Pogon	PTO
Sakupljanje voća velike/male kutije (lbs)	1100 / 20-40
Hidraulični sistem	Nezavisni hidraulični radni pogon
Vrijeme potrebno za jednu voćku (min)	1-1.5
Minimalna potrebna snaga (KS)	35
Promjer stabla (cm)	8-25
Pomoć pri okretanju	Kontrola zakretanja stražnjih kotača
Širina prihvatne površine (m)	4,5,6
Potreban broj radnika u radu	4

(izvor: Aronia Harvest: Weremczuk Maja shaking and cleaning machine. http://aroniaharvest.com/berry_harvesting.html?module=product_info_page&id=13&cat_id=11 (13.6.2018))

Berba voća obavljena je trešnjom stabala kako bi plodovi otpali sa grana na prihvatnu površinu raširenu ispod voćke. Nakon toga plodovi se transportiraju na beskonačnu traku koja ih odnosi na uređaj za čišćenje. Površinu za prihvat plodova pomiče hidraulični sustav. Nakon čišćenja, plodovi se mogu sakupiti u manje kutije ili u jumbo vreće. (izvor: Aronia Harvest: Weremczuk Maja shaking and cleaning machine. http://aroniaharvest.com/berry_harvesting.html?module=product_info_page&id=13&cat_id=11 (13.6.2018))

Mjerenja su obavljena u skladu s normama HRN ISO 2631 – 1 (1999.) i HRN ISO 2631 – 4 (2010.). Isto je obavljeno dok je rukovatelj u položaju prema normi HRN ISO 2631 – 1 to jest u sjedećem položaju, sjedalica predstavlja dodirnu točku između rukovatelja i traktora. Uređaj za mjerenje vibracija je postavljen točno na mjesto na koje rukovatelj sjeda. Vibracije su mjerene u točno određenim pravcima, gdje su isti usmjereni prema slijedećem (HRN ISO 2631 – 1, 1999.; HRN ISO 2631 – 4, 2010.):

x os – u pravcu gibanja traktora (90º u odnosu na lumbalni stup), naprijed pozitivno to jest natrag negativno

y os – pod pravim kutem u odnosu na smjer gibanja u vodoravnoj ravnini (90º u odnosu na lumbalni stup)

z os – pod pravim kutem u odnosu na smjer gibanja u vertikalnoj ravnini, (u pravcu lumbalnog stupa) gore pozitivno to jest natrag negativno

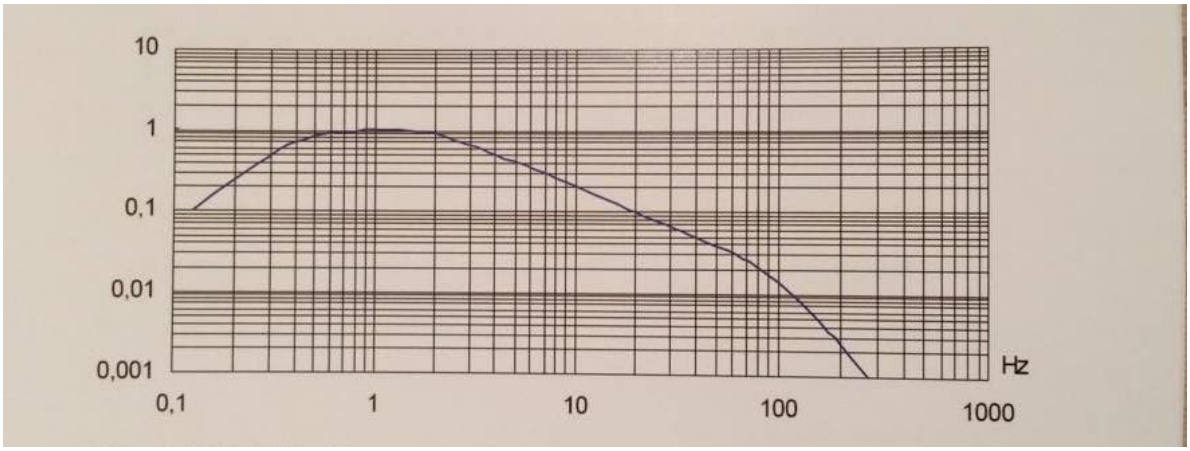


Slika 6. Definiranje ortogonalnih mjernih smjerova na traktor i rukovatelja

(izvor: Cvetanović i sur. 2013.)

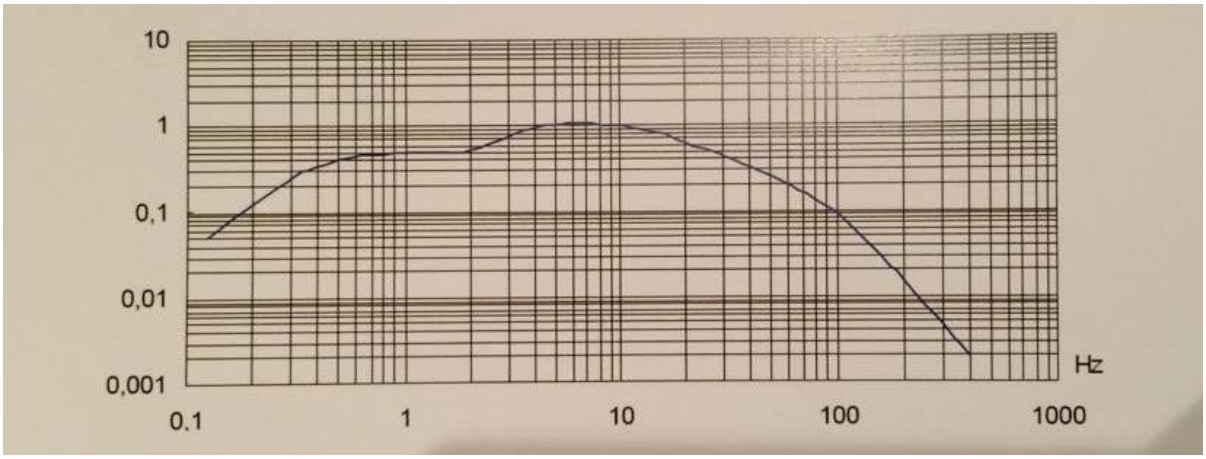
Direktiva (44/2002.) i NN (155/2008.) definiraju granične vrijednosti za dnevnu izloženost vibracijama, te ona iznosi 1,15 m/s^2. W_d i W_k su težinski filtri korišteni u mjerenjima. W_d se koristi za x i y pravac, a W_k na z pravac.

Težinski filter W_d prikazan na (Slika 7.). koristi se za mjerenje horizontalnih vibracija koje trpi trup rukovatelja u smjeru x i y osi (pod pravim kutem na lumbalni stup) u sjedećem, stojećem ili ležećem položaju prema standardu HRN ISO 2631-1 (1999.).



Slika 7. težinski filter W_d (HRN ISO 2631-1, 1999.)

Težinski filter W_k prikazan na (Slika 8.). koristi se za mjerenje vibracije koje utječu na trup rukovatelja u smjeru lumbalnog stupa u sjedećem i stojećem položaj, za mjerenje duž vertikalne osi u ležećem položaju i za mjerenje vibracija koje djeluju na stopala u sjedećem položaju u smjeru x, y i z osi prema standardu HRN ISO 2631-1 (1999.).



Slika 8. Težinski filter W_k (HRN ISO 2631-1, 1999.)

Mjerenja su obavljena s uređajem za mjerenje vibracija MMF VM30 (Slika 9.) s pripadajućim senzorom za mjerenje vibracija trupa prikazan na (Slika 10.). Rukovatelj je sjedio na način kako sjedi i u stvarnoj eksploatacij traktora prikazano na (Slika 11.). Mjerni ospeg uređaja bio je podešen na 120 m/s^2.



Slika 9. Uređaj za mjerenje vibracija MMF VM30

(izvor: Industic: Portable vibrometer VM30. https://www.industic.com/prod/portable-vibrometer-metra-3561 (13.6.2018.))



Slika 10. Položaj mjernog instrumenta (vlastita fotografija)



Slika 11. Položaj rukovatelja traktora za vrijeme mjerenja vibracija koje djeluju na njegov trup (vlastita fotografija)

Za obradu podataka korišten je excel file vm30, a statistička obrada podataka obavljena je s IBM SPSS STATISTICS V23.

3. REZULTATI I RASPRAVA

Izmjerene su vibracije koje utječu na trup rukovatelja u radu sa tresačem ″Weremczuk″ Maja agregatiranim na dva traktora približne snage, ali različite godine proizvodnje. Obrađeni podatci prikazani su s pripadajućim tablicama. Rezultati su izraženi u m/s^2.

Tablica 4. Rezultati mjerenja vibracija koje utječu na trup rukovatelja traktora John Deere 6110MC koji je agregatiran s tresačem ″Weremczuk″ Maja, pri 300 o/min priključnog vratila traktora

John Deere 6110MC				
o/min	Redni broj	x os	y os	z os
300	1	0.03	0.01	0.06
	2	0.03	0.01	0.06
	3	0.02	0.01	0.06
	4	0.03	0.01	0.06
	5	0.02	0.01	0.06
	6	0.03	0.01	0.06
Srednja vrijednost		0.027	0.010	0.060

Iz tablice 4. vidljive su vrijednosti vibracija koje utječu na trup rukovatelja traktora John Deere 6110MC koji je agregatiran s tresačem ″Weremczuk″ Maja, pri 300 o/min priključnog vratila traktora, Utvrđeno je da su najveće vibracije izmjerene u smjeru z osi, iznosile su 0.060 m/s^2. Nadalje, najmanje vibracije izmjerene su u smjeru y osi, izmjerena je vrijednost 0.010 m/s^2.

Tablica 5. Rezultati mjerenja vibracija koje utječu na trup rukovatelja traktora John Deere 6110MC koji je agregatiran s tresačem ″Weremczuk″ Maja, pri 400 o/min priključnog vratila traktora

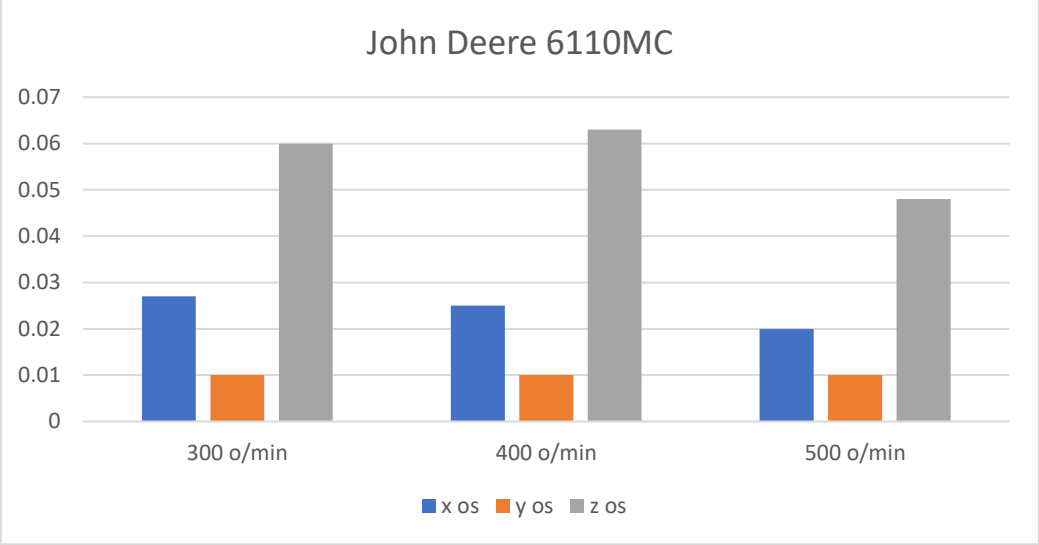
John Deere 6110MC				
o/min	Redni broj	X os	Y os	Z os
400	1	0.03	0.01	0.06
	2	0.03	0.01	0.08
	3	0.02	0.01	0.06
	4	0.03	0.01	0.06
	5	0.02	0.01	0.06
	6	0.02	0.01	0.06
Srednja vrijednost		0.025	0.010	0.063

Utvrđena je razina vibracija koja utječe na trup rukovatelja traktora John Deere 6110MC koji je agregatiran s tresačem ″Weremczuk″ Maja, pri 400 o/min priključnog vratila traktora gdje je najveća izmjerena u smjeru z osi (0.063 m/s^2), dok je najmanja vibracija izmjerena u smjeru osi y (0.010 m/s^2) (Tablica 5.).

Tablica 6. Rezultati mjerenja vibracija koje utječu na trup rukovatelja traktora John Deere 6110MC koji je agregatiran s tresačem ″Weremczuk″ Maja, pri 500 o/min priključnog vratila traktora

John Deere 6110MC				
o/min	Redni broj	X os	Y os	Z os
500	1	0.02	0.01	0.04
	2	0.02	0.01	0.05
	3	0.02	0.01	0.05
	4	0.02	0.01	0.05
	5	0.02	0.01	0.05
	6	0.02	0.01	0.05
Srednja vrijednost		0.020	0.010	0.048

Najveća vrijednost vibracija koja utječe na trup rukovatelja u radu agregata pri 500 o/min priključnog vratila izmjerena je u smjeru z osi (0.048 m/s^2). Nadalje, najmanja vrijednost vibracija izmjerena je u smjeru y osi (0.01 m/s^2) (Tablica 6.).



Grafikon 1. Usporedni prikaz vrijednosti vibracija u smjeru x, y i z osi pri različitom broju okretaja priključnog vratila traktora John Deere 6110MC

Iz grafikona 1. vidljivo je kako su najveće razine vibracija izmjerene u smjeru z osi pri svim okretajima priključnog vratila. Nadalje, najmanje vibracije koje utječu na trup rukovatelja

izmjerene su pri svim okretajima priključnog vratila u smjeru osi y. Izmjerene vibracije su ispod dopuštene granične vrijednosti koju propisuje europska direktiva i pravilnik u narodnim novinama (Direktiva (44/2002.) i NN (155/2008.)).

Kim i sur. (2018.) su proveli istraživanje na polu aktivnom ovješenom sjedalu traktora MSG 95 EAC/741 koje je pričvršćeno na vibracijsku platformu koja stvara vibracije na osnovu ranije izmjerenih vrijednosti u traktoru. Vrijednost najvećih vibracija koje su djelovale na trup rukovatelja je 0.09 m/s^2 u smjeru osi y, dok je najmanja izmjerena vrijednost u smjeru osi x, a iznosila je 0.01 m/s^2. Vrijednosti izmjerenih vibracija su ispod dopuštene granične vrijednosti za dnevnu izloženost vibracijama koju propisuje europska direktiva i pravilnik u narodnim novinama (Direktiva (44/2002.) i NN (155/2008.)).

Barač i sur. (2018.) su proveli istraživanje na traktoru Landini Powerfarm 100, mjerenja su provedena na proizvodnim površinama i prilaznim cestama Poljoprivredne i veterinarske škole Osijek. Agrotehničke površine na kojima su provedena mjerenja su asfaltirana cesta, makadam i travnata površina. Najveća razina vibracija izmjerena je u smjeru osi z te je iznosila 0.7 m/s^2, a najmanja vrijednost vibracija izmjerena je u smjeru osi y te je iznosila 0.1 m/s^2. Izmjerene vibracije su ispod dopuštene granične vrijednosti propisane europskom direktivom i pravilnikom u narodnim novinama (Direktiva (44/2002.) i NN (155/2008.)) koja iznosi 1.15 m/s^2.

Tablica 7. Rezultati mjerenja vibracija koje utječu na trup rukovatelja traktora Hurlimann 910.4 XT koji je agregatiran s tresačem ″Weremczuk″ Maja, pri 300 o/min priključnog vratila traktora

Hurlimann 910.4 XT				
o/min	Redni broj	X os	Y os	Z os
300	1	0.02	0.01	0.24
	2	0.02	0.02	0.31
	3	0.02	0.02	0.24
	4	0.03	0.02	0.29
	5	0.03	0.02	0.26
	6	0.03	0.01	0.28
Srednja vrijednost		0.025	0.017	0.270

Iz tablice 7. vidljiva je vrijednost vibracija koja utječe na trup rukovatelja traktora Hurlimann 910.4 XT koji je agregatiran s tresačem ″Weremczuk″ Maja, pri 300 o/min priključnog vratila traktora gdje je najveća razina vibracija izmjerena u smjeru z osi (0.270 m/s^2). Nadalje, najmanja razina vibracija izmjerena je u smjeru osi y (0.017 m/s^2).

Tablica 8. Rezultati mjerenja vibracija koje utječu na trup rukovatelja traktora Hurlimann 910.4 XT koji je agregatiran s tresačem ″Weremczuk″ Maja, pri 400 o/min priključnog vratila traktora

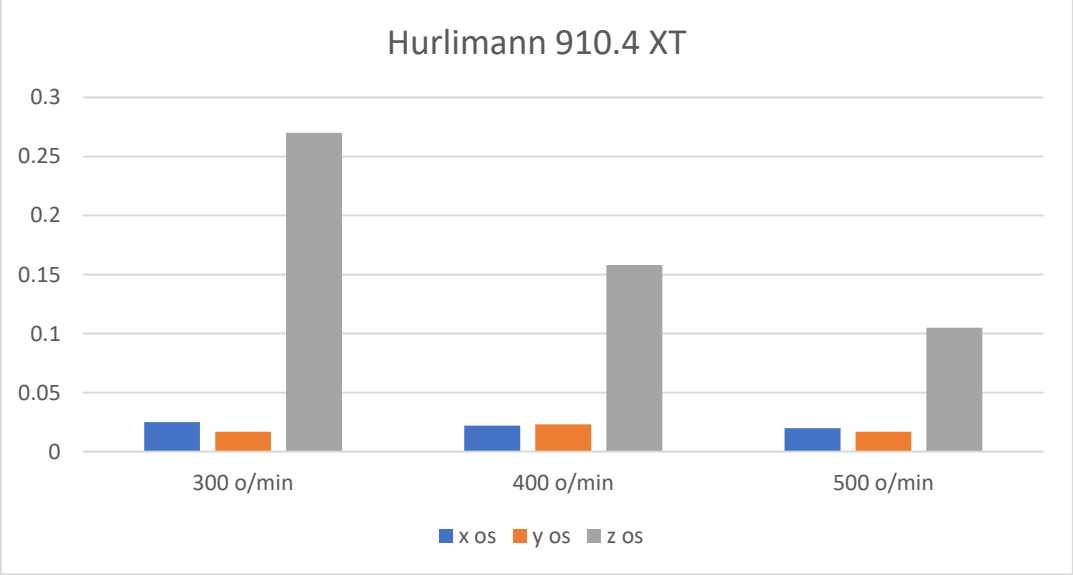
Hurlimann 910.4 XT				
o/min	Redni broj	X os	Y os	Z os
400	1	0.03	0.05	0.17
	2	0.02	0.02	0.15
	3	0.02	0.02	0.14
	4	0.02	0.02	0.14
	5	0.02	0.02	0.17
	6	0.02	0.01	0.18
Srednja vrijednost		0.022	0.023	0.158

Najveća vibracija koja utječe na trup rukovatelja u radu agregata pri 400 o/min priključnog vratila utvrđena je u smjeru z osi (0.18 m/s^2), dok je najmanja vrijednost vibracija izmjerena u smjeru x osi (0.02 m/s^2) (Tablica 8.).

Tablica 9. Rezultati mjerenja vibracija koje utječu na trup rukovatelja traktora Hurlimann 910.4 XT koji je agregatiran s tresačem ″Weremczuk″ Maja, pri 500 o/min priključnog vratila traktora

Hurlimann 910.4 XT				
o/min	Redni broj	X os	Y os	Z os
500	1	0.02	0.01	0.11
	2	0.02	0.03	0.1
	3	0.02	0.01	0.12
	4	0.02	0.01	0.11
	5	0.02	0.03	0.1
	6	0.02	0.01	0.09
Srednja vrijednost		0.020	0.017	0.105

Iz tablice 9. uopćena je najveća vrijednosti vibracija koja utječu na trup rukovatelja traktora Hurlimann 910.4 XT koji je agregatiran s tresačem ″Weremczuk″ Maja pri 500 o/min priključnog vratila traktora u smjeru z osi (0,105 m/s^2). Dok je najmanja razina vibracija izmjerena u smjeru osi y (0.01 m/s^2).



Grafikon 2. Usporedni prikaz vrijednosti vibracija u smjeru x, y i z osi pri različitom broju okretaja priključnog vratila traktora Hurlimann 910.4 XT

Iz grafikona 2. utvrđena je najveća razina vibracija izmjerena u smjeru z osi pri svim okretajima priključnog vratila dok su najmanje vibracije koje utječu na trup rukovatelja izmjerene u smjeru osi y pri 300 i 500 o/min dok je pri 400 o/min najmanja vibracija izmjerena u smjeru osi x. Izmjerene vibracije su ispod dopuštene granične vrijednosti propisane europskom direktivom i pravilnikom u narodnim novinama (Direktiva (44/2002.) i NN (155/2008.)) koja iznosi 1.15 m/s^2.

Kabir i sur. (2017.) navode da su napravili sustav za mjerenje razine traktorskih vibracija koje djeluju na trup rukovatelja i procjenu potencijalnog rizika na zdravlje rukovatelja djelovanjem istih. Isti autori predlažu uvođenje standardne provedbe mjerenja vibracija u testnim stanicama. U istraživanju su proveli mjerenje vibracija koje djeluju na trup rukovatelja u traktoru DK470, na različitim agrotehničkim površinama: asfaltirana cesta, betonirana cesta, travnata površina i zemljani put. Najveće vibracije izmjerene su u smjeru osi x njihova vrijednost je iznosila 0.6 m/s^2, dok su najmanje vibracije izmjerene u smjeru osi z u iznosu od 0.05 m/s^2. Vrijednosti izmjerenih vibracija su ispod dopuštene granične vrijednosti za dnevnu izloženost vibracijama koju propisuju europska direktiva i pravilnik u narodnim novinama (Direktiva (44/2002.) i NN (155/2008.)).

Kim i sur. (2018.) u istraživanju su koristili kamion T240, buldožer i skrejper. Najveće vibracije izmjerene su u radu sa skrejperom, vrijednost tih vibracija iznosila je 0.8 m/s^2 u smjeru osi z, dok je najmanja razina vibracija izmjerena u radu sa buldožerom te je iznosila 0.15 m/s^2 u smjeru osi z. Izmjerene vibracije su ispod dopuštene granične vrijednosti koju propisuje europska direktiva i pravilnik u narodnim novinama (Direktiva (44/2002.) i NN (155/2008.)) kao u ovome istraživanju.

Tablica 10. Deskriptivna statistika srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija u smjeru osi x

	N	Srednja vrijednost	Std. devijacija	Koef. varijacije	Std. pogreška	95% interval pouzdanosti za srednju vrijednost		Min.	Max.
						Niža granica	Višlja granica		
1	12	0.0258	0.00515	19.96124	0.00149	0.0226	0.0291	0.02	0.03
2	12	0.0233	0.00492	21.11588	0.00142	0.0202	0.0265	0.02	0.03
3	12	0.0200	0.00000	0.00000	0.00000	0.0200	0.0200	0.02	0.02
Ukupno	36	0.0231	0.00467	20.21645	0.00078	0.0215	0.0246	0.02	0.03

Iz prikazanih rezultata deskriptivne statistike srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija u smjeru osi x (Tablica 10.), utvrđena je najveća standardna pogreška u radu sa 300 o/min priključnog vratila traktora (0,00149) dok je najmanja pri 500 o/min priključnog vratila traktora (0,00000).

Tablica 11. Analiza varijance (ANOVA) u smjeru osi x

	Suma kvadrata	df	Srednja vrijednost kvadrata	F	Sig.
Između grupa	0.000	2	0.000	6.075	0.006
Unutar grupa	0.001	33	0.000		
Ukupno	0.001	35			

Analiza varijance (Tablica 11.) prikazuje da je utvrđena statistički značajna razlika između srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija koje utječu na trup rukovatelja u smjeru osi x.

Tablica 12. Deskriptivna statistika srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija u smjeru osi y

	N	Srednja vrijednost	Std. devijacija	Koef. varijacije	Std. pogreška	95% interval pouzdanosti za srednju vrijednost		Min.	Max.
						Niža granica	Višlja granica		
1	12	0.0133	0.00492	36.99248	0.00142	0.0102	0.0165	0.01	0.02
2	12	0.0167	0.01155	69.16168	0.00333	0.0093	0.0240	0.01	0.05
3	12	0.0133	0.00778	58.49624	0.00225	0.0084	0.0183	0.01	0.03
Ukupno	36	0.0144	0.00843	58.54167	0.00141	0.0116	0.0173	0.01	0.05

Deskriptivna statistika srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija u smjeru osi y (Tablica 12.) prikazuje da je standardna pogreška najveća pri 400 o/min priključnog vratila traktora (0,00333). Nadalje, najmanja standardna pogreška pri 300 o/min priključnog vratila traktora (0,00142).

Tablica 13. Analiza varijance (ANOVA) u smjeru osi y

	Suma kvadrata	df	Srednja vrijednost kvadrata	F	Sig.
Između grupa	0.000	2	0.000	0.611	0.549
Unutar grupa	0.002	33	0.000		
Ukupno	0.002	35			

Analizom varijance nije utvrđena statistički značajna razlika između srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija koje utječu na trup rukovatelja u smjeru osi y (Tablica 13.).

Tablica 14. Deskriptivna statistika srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija u smjeru osi z

	N	Srednja vrijednost	Std. devijacija	Koef. varijacije	Std. pogreška	95% interval pouzdanosti za srednju vrijednost		Min.	Max.
						Niža granica	Višlja granica		
1	12	0.1650	0.11131	67.46061	0.03213	0.0943	0.2357	0.06	0.31
2	12	0.1108	0.05125	46.25451	0.01479	0.0783	0.1434	0.06	0.18
3	12	0.0767	0.03055	39.83051	0.00882	0.0573	0.0961	0.04	0.12
Ukupno	36	0.1175	0.07983	67.94043	0.01331	0.0905	0.1445	0.04	0.31

Iz prikazanih rezultata deskriptivne statistike srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija u smjeru osi z (Tablica 14.) uopćena je najveća standardna pogreška pri 300 o/min priključnog vratila traktora (0,03213), dok je najmanja standardna pogreška pri 500 o/min priključnog vratila traktora (0,00882).

Tablica 15. Analiza varijance (ANOVA) u smjeru osi z

	Suma kvadrata	df	Srednja vrijednost kvadrata	F	Sig.
Između grupa	0.048	2	0.024	4.478	0.019
Unutar grupa	0.175	33	0.005		
Ukupno	0.223	35			

Utvrđena je statistički značajna razlika između srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija koje utječu na trup rukovatelja u smjeru osi z analizom varijance (Tablica 15.).

4. ZAKLJUČAK

Najveća vrijednost vibracija je izmjerena pri 300 o/min u smjeru x osi kod oba traktora te u smjeru z osi kod Hurlimann-a 910.4 XT te pri 400 o/min kod traktora John Deere 6110MC (0,063 m/s^2) u smjeru z osi i u smjeru osi y kod traktora Hurlimann 910.4 XT (0,023 m/s^2). Nadalje, najmanja izmjerena razina vibracija pri 500 o/min u smjeru x i z osi kod oba traktora dok je u smjeru y osi kod traktora John Deere 6110MC pri svim okretajima izmjerena ista vrijednost za razliku kod traktora Hurlimann 910.4 XT gdje je izmjerena ista vrijednost pri 300 i 500 o/min.

Usporedbom ispitivanih traktora utvrđena je veća razina vibracija koja utječe na rukovatelja pri svim okretajima priključnog vratila u smjeru sve tri osi kod agregatiranja traktora Hurlimann 910.4 XT i tresačem u odnosu na agregatiranje traktora John Deere 6110MC i tresača.

Postavljena hipoteza da će izmjerena razina vibracija biti veća s povećanjem broja okretaja priključnog vratila nije potvrđena u potpunosti dok je drugi dio hipoteze da će traktor s većim brojem radnih sati imati veću izmjerenu razinu vibracija potvrđen u potpunosti.

Utvrđeno je da prilikom mjerenja intenzitet vibracija nije prelazio dozvoljenu granicu propisanu pravilnikom i direktivom te pretpostavka je kako nije bilo štetnih utjecaja na zdravlje rukovatelja i da ih neće ni biti.

5. POPIS LITERATURE

1. Almeida, S.V., Sperotto, F.C.S., Doimo, L.S., Correia, T.P.S., Santos, J.E.G., Silva, P.R.A. (2015.): Analysis of vibration levels in agricultural tractor with and without cabin. African Journal of Agricultural 10(53): str. 4945-4949.
2. Aronia Harvest: Weremczuk Maja shaking and cleaning machine. http://aroniaharvest.com/berry_harvesting.html?module=product_info_page&id=13&cat_id=11 (13.6.2018)
3. Asgarifar, N., Maleki, A., Lashgari, M. (2017.): Effect of the using foam and sponge in seat pan on transmission of vibration to driver body. Journal of Researches in Mechanics of Agricultural Machinery, Vol.6 No.2: str. 1-8.
4. Barač, Ž., Plaščak, I., Jurišić, M., Vidaković, I., Marković, M., Zimmer, D. (2017.): Produced Levels of Mehanical Vibration on Cabin of Agricultural Tractor by Diff erent Agrotechnical Surfaces. Agriculturae Conspectus Scientificus, Vol. 83 No. 1: str. 83-86.
5. Canadian centre for Occupational Health and Safety: Vibration – Health Effects. http://www.ccohs.ca/oshanswers/phys_agents/vibration/vibration_effects.html (18.6.2018.)
6. Cutini, M., Costa, C., Bisaglia, C. (2016.): Development of a simplified method for evaluating agricultural tractor's operator whole body vibration. Journal of Terramechanics, 63: str. 23-32.
7. Cvetanović, B., Zlatković, D. (2013.): Evaluation of whole-body vibration risk in agricultural tractor drivers. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 19 (No 5): str. 1155-1160.
8. Deboli, R., Calvo, A., Preti, C. (2017.): Whole-body vibration: Measurement of horizontal and vertical transmissibility of an agricultural tractor seat. International Journal of Industrial Ergonomics, 58: str. 69-78.
9. Direktiva (44/2002.): Direktiva o minimalnim zdravstvenim i sigurnosnim zahtjevima u odnosu na izloženost radnika rizicima uzrokovanim fizikalnim čimbenicima (vibracije). Europski parlament i vijeće. Home page address: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=CELEX:02002L0044-20081211 (2018-06-24).

10. Gialamas, T., Gravalos, I., Kateris, D., Xyradakis, P., Dimitriadis, C. (2016.): Vibration analysis on driver's seat of agricultural tractors during tillage tests. Spanish Journal of Agricultural Research, 14(4): str. 1-10.
11. HRN ISO 2631-1 (1999.): Mehaničke vibracije i udari – ocjenjivanje izloženosti ljudi vibracijama cijeloga tijela – 1. dio: opći zahtjevi, Zagreb.
12. HRN ISO 2631-4 (2010.): Mehaničke vibracije i udari – procjena izloženosti ljudi vibracijama cijelog tijela – 4. dio: smjernice za procjenu utjecaja vibracija i rotacijskih gibanja na udobnost putnika i posada u transportnim sustavima s fiksnim vođenjem, Zagreb.
13. IBM Corp. Released (2010.): IBM SPSS STATISTICS FOR WINDOWS, Version 19.0. Armonk. New York, USA.
14. Industic: Portable vibrometer VM30. https://www.industic.com/prod/portable-vibrometer-metra-3561 (13.6.2018.)
15. Kabir, S.N., Chung, S.O., Kim, Y.J., Sung, N.S., Hong, S.J. (2017.): Measurement and evaluation of whole body vibration of agricultural tractor operator. International Journal of Agricultural & Biological Engineering. Vol. 10, No. 1.: str. 248-255.
16. Kim, J.H., Dennerlein, J.T., Johnson, P.W. (2018.): The effect of a multi-axis suspension on whole body vibration exposures and physical stress in the neck and low back in agricultural tractor applications. Applied Ergonomics 68: str. 80-89.
17. Kim, J.H., Marin, L.S., Dennerlein, J.T. (2018.): Evaluation of commercially available seat suspensions to reduce whole body vibration exposures in mining heavy equipment vehicle operators. Applied Ergonomics 71: str. 78-86.
18. NN (155/2008.): Pravilnik o zaštiti radnika od rizika zbog izloženosti vibracijama na radu. Home page address: http://www.propisi.hr/print.php?id=8835. (2018-3-15).
19. Phromjan, J., Suvanjumrat, C. (2018.): Vibration effect of two different tires on baggage towing tractors. Journal of Mechanical Science and Technology 32 (4): str. 1539-1548.
20. Pobedin, A.V., Dolotov, A.A., Shekhovtsov, V.V. (2016.): 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: str. 1252-1257.

21. Ren, W., Peng, B., Shen, J., Li, Y., Yu, Y. (2018.): Study on Vibration Characteristics and Human Riding Comfort of a Special Equipment Cab. Journal of Sensors Volume 2018: str. 1-8.
22. Sandi, J., Ramos, C.R.G., Drudi, F.S., Martins, M.B., Lancas, K.P. (2017.): Health risk related to whole-body vibration in agricultural tractor: ballast and displacement speed. Científica, Jaboticabal, v.46, n.2: str. 107-115.
23. TractorData: Hurlimann 910.4 XT. http://www.tractordata.com/farm-tractors/002/8/6/2861-hurlimann-9104-xt-dimensions.html (13.6.2018)
24. TractorData: John Deere 6110MC. http://www.tractordata.com/farm-tractors/008/9/8/8985-john-deere-6110m-dimensions.html (13.6.2018)
25. Wikipedia: Ergonomija. https://hr.wikipedia.org/wiki/Ergonomija (13.6.2018.)
26. Wikipedia: Vibracije. https://hr.wikipedia.org/wiki/Vibracije (13.6.2018.)
27. Yanmar: Improvement for working space comfort (Prediction of tractor vibration) https://www.yanmar.com/global/technology/technical_review/2016/0127_5.html (13.6.2018.)
28. Yung, M., Tennant, L.M., Milosavljevic, S., Trask, C. (2018.): The Multysystem Effects of Simulated Agricultural Whole Body Vibration on Acute Sensorimotor, Physical, and Cognitive Performance. Annals of Work Exposures and Health, wxy043, https://doi.org/10.1093/annweh/wxy043