UTJECAJ BRZINE KRETANJA STROJNOG AGREGATA NA EMISIJE VIBRACIJA KOJE UTJEČU NA TRUP SADITELJA

Havrda, Hrvoje

Master's thesis / Diplomski rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of agriculture / Sveučilište Josip Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:068184

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

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

Hrvoje Havrda,

Diplomski studij Mehanizacija

UTJECAJ BRZINE KRETANJA STROJNOG AGREGATA NA EMISIJE VIBRACIJA KOJE UTJEČU NA TRUP SADITELJA

Diplomski rad

Osijek, 2017.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Hrvoje Havrda,

Diplomski studij Mehanizacija

UTJECAJ BRZINE KRETANJA STROJNOG AGREGATA NA EMISIJE VIBRACIJA KOJE UTJEČU NA TRUP SADITELJA

Diplomski rad

Osijek, 2017.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Hrvoje Havrda

Diplomski studij Mehanizacija

UTJECAJ BRZINE KRETANJA STROJNOG AGREGATA NA EMISIJE VIBRACIJA KOJE UTJEČU NA TRUP SADITELJA

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu završnog rada:

1. prof. dr. sc. Tomislav Jurić, predsjednik
2. doc. dr. sc. Ivan Plaščak., mentor
3. prof. dr. sc. Mladen Jurišić, član

Osijek, 2017

Sadržaj

1.UVOD.....1

2. PREGLED LITERATURE.....2

2.1.Vrste vibracija.....2

2.2. Frekvencija vibracija.....2

2.3. Izvor ekspozicije.....2

2.4. Vibracije na traktoru.....5

3. MATERIJAL I METODE.....10

4.REZULTATI I RASPRAVA.....17

4.1.Usporedni statistički prikaz izmjerenih vibracija 2016 i 2017. godine.....24

5.ZAKLJUČAK.....31

6.POPIS LITERATURE.....32

7.SAŽETAK.....34

8. SUMMARY.....35

9. POPIS TABLICA.....36

10. POPIS SLIKA.....37

11. POPIS GRAFIKONA.....38

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA.....39

BASIC DOCUMENTATION CARD.....40

1.UVOD

Poljoprivredni traktori imaju široku primjenu kako na cesti tako i izvan nje, odnosno na poljoprivrednim površinama i makadamima. Prilikom izvođenja različitih operacija u polju i van njega rukovatelj traktora izložen je visokim razinama vibracija cijelog tijela. Vibracije općenito predstavljaju oscilatorno gibanje tijela, a u ovisnosti od oblika putanje po kojoj se odvija gibanje pravocrtne i kutne oscilacije.

Vibracije koje djeluju na ljudsko tijelo definiraju se kao utjecaj okoliša na ljudsko tijelo. Tijekom svakodnevnog života izloženi smo različitim izvorima vibracija, na primjer u autobusu, vlaku, automobilu. Mnogi ljudi izloženi su i drugim vrstama vibracija tijekom radnog dana, na primjer, vibracije koje proizvode ručni alati, strojevi i teška vozila(Aranđelović i Jovanović, 2009). U ovom radu obrađen je utjecaj vibracije putem sjedala na radnike ručnog rada i to specifično na sadilici Termoplin za sadnju presadnica, u ovom slučaju duhana.

2. PREGLED LITERATURE

2.1.Vrste vibracija

Prema Aranđelović i Jovanović (2009.) vibracije možemo podijeliti na periodične i neperiodične te na opće i lokalne. Opće vibracije javljaju se kada se čovjek nalazi u vibrirajućoj sredini. Njihovo djelovanje ima utjecaj na cijelo ljudsko tijelo, a pravci djelovanja ovih vibracija određeni su prema trima anatomskim osima čovjeka koje se sijeku u predjelu srca (X, Y i Z). Za razliku od općih koje djeluju na kompletno ljudsko tijelo, lokalne vibracije djeluju samo na pojedine dijelove ljudskog tijela, a pravac djelovanja ovih vibracija određuje se trima osima. Periodične vibracije su vibracije kod kojih se oscilatorno gibanje tijela nakon određenog vremenskog intervala ponavlja na identičan način. Najkraći vremenski interval u kome se vibracijsko gibanje ponovi je perioda, a broj perioda u jedinici vremena predstavlja frekvenciju periodične oscilacije. Periodične vibracije mogu biti jednostavne, gdje se oscilatorno gibanje odvija samo jednom učestalošću, i složene, koje se sastoje od više jednostavnih vibracija.

2.2. Frekvencija vibracija

Frekvencija je fizikalna veličina kojom izražavamo broj oscilacija u jedinici vremena. Jedinica za frekvenciju je herc (Hz). Vibracije mogu biti visokofrekventne, srednje frekventne i niskofrekventne (vibracije ispod 16 Hz). Prema Aranđelović i Jovanović (2009.) ljudsko tijelo percipira i apsorbira vibracije od 1 do 1 000 Hz.

Isti autori navode za bolje razumijevanje frekvencija vibracija potrebno je razumjeti pojam pomaka, brzine i ubrzanja vibracija. Pomaka predstavlja udaljenost tijela od njegovog ravnotežnog položaja, izražava se u metrima i stalno se mijenja. Brzina vibracija je udaljenost koju vibrirajuće tijelo prijeđe u jedinici vremena, a izražava se u m/s. Ubrzanje vibracija je promjena brzina vibracija u jedinici vremena, a jedinica mu je m/s^2.

2.3. Izvor ekspozicije

Prema URL 1 vibracije na radnom mjestu pojavljuju se u velikom broju industrijskih djelatnosti, transportu, sportu, radu u šumi, poljoprivredi, građevinarstvu i slično zbog uporabe raznih vibrirajućih alta i uređaja (slika 1).



Slika 1. Vibracije tijekom izvođenja radova u građevinarstvu (URL 7)

Prema Aranđelović i Jovanović (2009.) oštećenja izazvana vibracijama najizraženija su na samom mjestu djelovanja. Najosjetljiviji dijelovi tijela na vibracije su periferni dijelovi ekstremiteta te trup. Svako tkivo provodi vibracije te se tako vibracije mogu prenijeti preko ruku do kralježnice i trupa i obrnuto. Najefikasniji prigušivači vibracija u ljudskom tijelu su zglobne i zračne šupljine. Visokofrekventne vibracije najviše utječu na krvožilni i živčani sustav, a niskofrekventne na mišićno-tetivni i koštani sustav, posebno prilikom duže kontinuirane izloženosti.

Singh (2014.) u radu ističe kako su ozljede kuka, vrata, stražnjice i kralježnice kod rukovatelja traktora posljedica izloženosti vibracijama koje se prenose na cijelo tijelo i nepovoljnim položajem tijekom izvođenja operacija. Općenito kao posljedica izloženosti vibracijama kod čovjeka se mogu pojaviti razni vaskularni, neurološki, mišićni, koštano-zglobni poremećaji, kao i poremećaji osjetila sluha, vida i ravnoteže, sekretorni poremećaji i slično.

Oboljenja od prevelike razine vibracija prema (URL 3) mogu se podijeliti u četiri faze:

Prva faza:

- reverzibilna, malo simptoma
- bolovi na dijelovima prstiju (kod vibracije dlan – ruka)
- sniženje praga osjetljivosti na vibracije

Druga faza:

- nedostatak osjećaja bola u koži (kod vibracije dlan – ruka)
- jaki bolovi u mišićima, kostima i zglobovima
- povećanje zahvaćene površine tijela
- liječenje još moguće

Treća faza:

- bjelina kože šake pri najmanjoj hladnoći
- bolovi u kostima
- prestanak osjećaja boli i dodira na koži prstiju
- utjecaj na srce i krvne žile, živčani sustav

Četvrta faza:

- atrofija kože
- nekontrolirane kontrakcije mišića
- vrtoglavice
- srčane smetnje
- neurološke smetnje (naročito tokom noći)
- moguća pojava gangrene

Prema URL 3 Raynaudov sindrom (slika 2.) jest stanje koje uzrokuje da neka područja tijela poput prstiju na rukama ili nogama, vrh nosa ili uši, postanu hladni ili da otupe na osjet. Manje arterije koje opskrbljuju kožu krvlju postaju uske te samim time ograničavaju cirkulaciju krvi u pogođenim područjima. Jedna je od učestalijih dijagnoza uzrokovana prekomjernoj izloženosti ljudskog tijela na vibracije.



Slika 2. Raynaudov sindrom (URL8.)

2.4. Vibracije na traktoru

Scarllet i sur. (2005.) mjerenjem vibracija koje utječu na trup rukovatelja na četiri različite vrste traktora utvrdili su da uslijed povećanja brzine vožnje dolazi i do povećanja vibracija, dok su Deboli i sur. (2008.) mjerili razinu vibracija također na četiri različite vrste traktora s četiri različite vrste pneumatika na asfaltu, makadamu i kombinaciji asfalta i makadama tako da su se dva kotača nalazila na asfaltu, a druga dva na makadamu. Istraživanje je pokazalo da će bez obzira na tip pneumatika najmanja razina vibracija biti na asfaltnoj podlozi.

Brkić i sur. (2005.) utvrdili su da se vibracije na traktoru stvaraju kao posljedica gibanja traktora, rada motora, rada elemenata transmisije te rada priključnog stroja . Osim štetnog djelovanja na elemente pojedinih sustava traktora te vibracije prenose se i na čovjeka te utječu na njegovo zdravlje, trenutnu koncentraciju i slično. Zbog negativnih utjecaja vibracija na trup rukovatelja potrebno je omogućiti što bolje ergonomske uvjete prilikom rada i što bolje ga zaštititi.

Crolla i Dale (2007.) mjerili su povećanje vibracija tokom vuče prikolice opterećene teretom i neopterećene prikolice. Rezultati mjerenja pokazali su da prilikom vuče prikolice opterećene teretom dolazi do povećanja razine vibracije po svim osima (x, y i z).

Cvetanović i Zlatković (2013.) u radu iznose kako je prosječna starost vozila viša od 15 godina što negativno utječe na sigurnost i zdravlje rukovatelja (stara sjedala su ergonomski lošija), ističu i važnost redovnog održavanja traktora u svrhu očuvanja zdravlja rukovatelja.

Ahmadi (2013.) u istraživanju razine vibracija koje utječu na trup rukovatelja tijekom oranja okretnim plugom ističe nisku razinu frekvencije vibracija (0-3 Hz) koje se javljaju u radu što znači da u tom slučaju nema opasnosti po zdravlje rukovatelja.

Gomozi (2002.) navodi da je „ergonomija“ sustavna primjena znanja o psihološkim, fizičkim i socijalnim svojstvima ljudskih bića pri oblikovanju svega što djeluje na osobne radne uvjete: opreme i strojeva, radne okoline i radnog mjesta, radnih zadataka, izobrazbe i organizacije rada, a s ciljem poboljšanja učinkovitosti, udobnosti, sigurnosti i dobrog osjećanja pri radu. „Ergonomija“ se bavi prilagodbom radnih mjesta, postupaka i okoliša psihofizičkim sposobnostima čovjeka. Razumijevanjem i primjenom ergonomije čovjek može raditi udobnije i učinkovitije i povoljno utjecati na zdravlje, zadovoljstvo pri radu i osobni razvoj.

Znanstvena disciplina kojoj je zadatak istraživanje ljudskog organizma i ponašanja, te pruža podatke o prilagođenošću predmeta s kojima čovjek dolazi u kontakt naziva se „ergonomija“. 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.) (URL4) Riječ „ergonomija“ dolazi od dvije grčke riječi „ergon“ što znači rad, i „nomos“ što znači zakon. (URL5)

Prema Brkić i sur. (2005.) jedan od vrlo značajnih čimbenika koji negativno utječu na rukovatelja tijekom njegova rada jesu mehaničke vibracije. Mehaničke vibracije javljaju se kao posljedica gibanja traktora, rada motora, rada elemenata transmisije, rada priključnog stroja (poglavito vučnog otpora). Radna brzina traktora također značajno utječe na nastanak mehaničkih vibracija. Promatrajući konstrukciju poljoprivrednog traktora, čvrsta veza osovina za traktor poglavito je nepovoljna obzirom na prenošenje mehaničkih vibracija na radno mjesto rukovatelja. Mehaničke se vibracije na samog rukovatelja prenose preko sjedala, poda traktorske kabine, upravljača, ručica i komandi za upravljanje. Negativno djelovanje

mehaničkih vibracija na rukovatelja očituje se u smanjenju njegove koncentracije, djeluju na središnji živčani sustav rukovatelja te mogu izazvati profesionalna oboljenja (kralješnica, želudac).

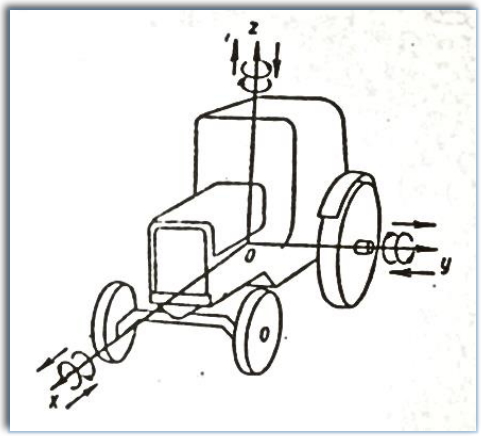
Gomez-Gil i sur. (2014.) navode kako su moderni traktori često opremljeni raznim komponentama kako bi smanjili vibracije koje se prenose na rukovatelja. Npr. moderni pneumatici niskoga tlaka, kako se smanjuje tlak u pneumaticima, smanjuje se i razina vibracija, zatim zračni sustav ovjesa sjedala i kabine, te suspenzija prednje osovine, koja je od svih mjera najučinkovitija u smanjenjenju vibracija prenesenih na rukovatelja, čak do 30 %.

Anđelović i Jovanović (2009.) tvrde kako su oštećenja izazvana djelovanjem vibracija najizraženija na samom mjestu djelovanja. Dijelovi tijela koju su najosjetljiviji na djelovanje vibracije jesu periferni dijelovi ekstremiteta i trup. Vibracije se prenose kroz tkivo te se tako vibracije preko ruku i ostalih ekstremiteta mogu prenijeti na kralježnicu i obrnuto. Najefikasniji prigušivači vibracija u ljudskom tijelu su zračne i zglobne šupljine. Visokofrekventne vibracije najviše djeluju na krvožilni i živčani sustav, dok nisko frekventne vibracije djeluju na mišićni i koštani sustav.

Isti autori navode kako su proveli istraživanje s ciljem utvrđivanja povezanosti visine kabine i sjedala traktora u odnosu na razinu prenesenih vibracija na trup rukovatelja. Utvrdili su kako se razina prenesenih vibracija na trup rukovatelja linearno povećava s povećanjem visine sjedala, te kako se smanjenjem visine sjedala traktora u odnosu na tlo znatno mogu smanjiti prenesene vibracije, čak do 20 %.

Vieira de Almeida i sur. (2015.) obavljali su istraživanje o razini vibracija koja se javlja kod traktora sa i bez kabine, te su izmjerene vibracije u sustavu ruka - šaka manje kod traktora s kabinom. Također na traktoru s kabinom je došlo do manjeg prenošenja vibracija na trup rukovatelja putem sjedala, te su zaključili kako je kabina vrlo bitan elemnt pri smanjenju vibracija koje se prenose na rukovatelja, jer preuzima jedan dio vibracija.

Mehaničke vibracije djeluju u smjeru tri koordinatne osi (x, y, z) – translacijske i rotacijske vibracije (slika 3.).



Slika 3. Rotacijske i translacijske vibracije traktora u koordinatnim osima (Brkić i sur., 2005.)

Nadalje, mehaničke vibracije imaju negativno djelovanje na pojedine elemente sustava, te uzrokuju njihovo intenzivnije trošenje i skraćuju im vijek trajanja. Opasnost vibracija koje se prenose sa stroja na trup rukovatelja jest u poticanju vibracija unutarnjih organa rukovatelja. Kada dođe do podudaranja frekvencija unutarnjih organa rukovatelja i stroja dolazi do pojave rezonancije što ima za posljedicu narušavanje njihovog normalnog funkcioniranja.

Kada promatrano ocjenu opasnosti izlaganja vibracijama u obzir uzimamo slijedeće paramatre; frekvencija, razine ili intenzitet vibracija te vrijeme izloženosti vibracijama.

Prema Servadio i sur. (2007.) tranzicija prema povećanjima brzine obavljanja agrotehničkih operacija u poljoprivredi dovodi do novih problema vezanih uz dinamičko ponašanje strojeva i izloženosti rukovatelja vibracijama trupa tijela, iz razloga što se samim povećanjem brzine obavljanja operacija povećava se i razina mehaničkih vibracija koje djeluju na rukovatelja.

Goglia i sur. (2012.) ukazuju kako posljedice pretjeranoj izloženosti vibracijama ne samo da nisu male, već su po svojoj učestalosti u sveukupnim profesionalnim bolestima zabrinjavajuće. Iz statističkih godišnjaka vidljivo je kako su u Engleskoj 2,2 milijuna radnika imali zdravstvenih problema kao posljedica radnih uvjeta, od čega se tri četvrtine odnosilo na muskulo-skeletne poremećaje koji nastaju kao posljedica izloženosti vibracijama (Health and safety statistics in UK. 11/2007). Prema istom izvoru 14 % problematičnih radnih uvjeta

povezuje se s vibrirajućim alatima, što odgovara oštećenjima izazvanim vibracijama koja su u Republici Hrvatskoj zastupljena s 13 % u sveukupnim profesionalnim bolestima.

Cvetanović i sur. (2014.) navode kako su djelovanja vibracija na čovjeka brojna, ali se, često, zbog udruženosti vibracija sa drugim profesionalnim opasnostima i štetnostima, ne može, potpuno jasno, uspostaviti uzročno-posljedična veza između djelovanja vibracija i oštečenja zdravlja. Ipak brojna istraživanja, pokazuju da kraća, ali konstantna izloženost viskom vrijednostima vibracija, može izazvati bol u stomaku i grudima, nedostatak zraka, mučninu i vrtoglavicu, dogotrajna i konstanta izloženost može dovesti do poremećaja psihomotoričkog, fiziološkog i psihološkog sustava rukovatelja.

S obzirom na visoku štetnost vibracija koje se prenose sa strojeva na rukovatelja, one se nastoje ograničiti. Tako je u nastojanju da se mjere zaštite na radu prilagode europskim standardima donesen je nacionalni "Pravilnik o zaštiti radnika od rizika zbog izloženosti vibracijama na radu" (NN55/2008.) Za područje poljoprivrede i šumarstva primjena spomenutog Pravilnika obvezujuća je od 01.01.2012. godine.

Prema istom Pravilniku granična vrijednost dnevne izloženosti, normirana na referentno razdoblje od osam sati, je 1,15 m/s², upozoravajuća vrijednost dnevne izloženosti, normirana na referentno razdoblje od osam sati, je 0,5 m/s². Kada vrijednosti vibracija prijeđu graničnu poslodavac je dužan postaviti i uvesti program tehničkih i organizacijskih mjera, koje moraju svesti izloženost rukovatelja vibracijama na minimum. (URL3)

Cilj ovog istraživanja je utvrditi razinu vibracija koje izravno utječu na trup saditelja pri strojnoj sadnji duhana, a pri različitim brzinama gibanja traktora te pojedinom radnom mjestu na priključnom stroju (sadilici). Hipoteza je da će se pri povećanju brzine gibanja traktora povećati i razina vibracija koja utječe na trup saditelja.

3. MATERIJAL I METODE

Istraživanje je obavljeno s ciljem mjerenja utjecaja brzine kretanja strojnog agregata na emisije vibracija koje utječu na trup saditelja. Sadilica koja je korištena pri ispitivanju je TERMOPLIN „SKR“ poluautomatska rotacijska sadilica. Vibracije su mjerene na traktoru JOHN DEERE 2140, traktor je u vrijeme mjerenja imao 6000 radnih sati.

Osnovne tehničke karakteristike traktora JOHN DEERE 2140 (URL4):

- Max. snaga motora (kW)/(KS) 61,1/82
- Max. zakretni moment (Nm) 82,3
- Broj cilindara/zapremina (kom)/(cm^3) 4/3900
- Kapacitet podizanja (kg) 3560
- Zapremina spremnika (l) 84,8

Dimenzije traktora JOHN DEERE 2140 (URL5):

- Pneumatici 13.6-24 prednji
  16.9-34 zadnji
- Dužina (cm) 393
- Međuosovinski razmak kotača (cm) 229
- E-klirens (cm) 51
- Radius okretanja (m) 4.2
- Masa (kg) 3946

Osnovne tehničke karakteristike sadilice TERMOPLIN „SKR“

- Broj elemenata 4
- Širina (cm) 370
- Dužina (cm) 180
- Visina (cm) 110
- Težina (kg) 630
- Minimalna vučna snaga (KS) 40-54
- Učinak 5000-6000 sadnica/h po segmentu.



Slika 4. Traktor JOHN DEERE (prvo mjerenje 2016.godine) 2140

(vlastita fotografija)

Istraživanje je eksploatacijskog tipa, odnosno mjerenja su obavljena pri izvođenju agrotehničke operacije (slika 4.). Mjerenja proizvedenih vibracija koje utječu na trup rukovatelja po x, y i z osi ispitivana su pri izvođenju agrotehničke operacije sadnje duhana. Prvo mjerenje obavljeno je prvi brzini rada od 1,65 km/h, drugo pri 1,85 km/h, te treće pri brzini od 2,05 km/h. Ispitivanje je obavljeno na privatnoj poljoprivrednoj površini u Ramanovcima. Mjerenje je obavljano tako da su pri svakoj pojedinoj brzini obavljana operacije (1,65/1,85/2,05 km/h) mjerene vibracije za svako pojedino sjedalo, trajanje jednog mjerenja iznosilo je 3 minute, svako mjerenje ponovljeno je 3 puta. Prema izmjerenim vrijednostima tijekom 3 ponavljanja izračunata je srednja vrijednost, koja je dalje upotrebljavana u radu. Sva tri mjerenja obavljena su istoga dana, 5. srpnja 2016. godine, temperatura toga dana iznosila je 30°C, a relativna vlaga 63 %. Zatim su druga tri mjerenja identična već navedenim obavljena 10.lipnja.2017. u sadnji duhana kako bismo dobili što točnije podatke u dva različita mjerenja na različito pripremljenim površinama. Temperatura je iznosila 24 °C, a relativna vlaga 59 %.



Slika 5. Utjecaj vibracija na trup rukovatelja sadilicom duhana

(vlastita fotografija)

Sva mjerenja obavljena su u skladu s normama HRN ISO 2631-1 i HRN ISO 2631-4 koje su primjenjive na ljude normalnog zdravlja izložene pravocrtnim vibracijama po njihovoj x, y i z osi. Najbolja metoda u HRN ISO 2631-1 je mjerenje na sjedištu(slika 5.), tj. mjerenja dok je rukovatelj u sjedećem položaju. Sjedište u ovom slučaju predstavlja izravnu dodirnu točku između strukture vozila i rukovatelja. Mjerni uređaj bio je postavljen na dio sjedišta na koji rukovatelj izravno sjeda.



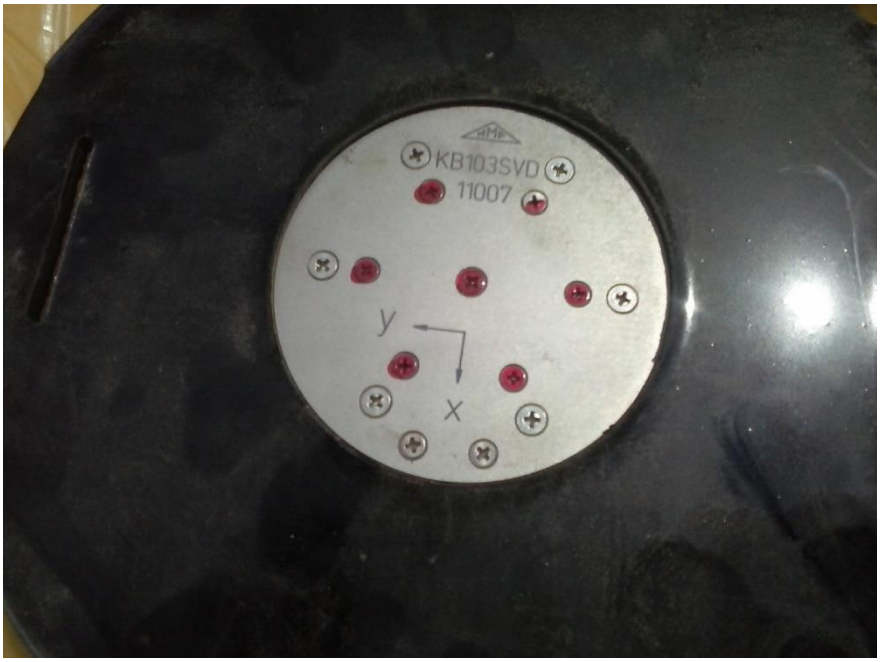
Slika 6. Uređaj za mjerenje razine vibracija

(vlastita fotografija)

Uređaj za mjerenje bio je postavljen na sjedište (slika 6.) tako da su osi orijentirane na slijedeći način (HRN ISO 2631-1):

- x os: uzdužno, duž pravca 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).

Na slici 7. prikazana je mjerna sonda sa pravilnom orijentacijom x, y, i z osi po kojima se mjeri. Vibracije su izmjerene prema koordinatnom sustavu za određeni dio tijela. Uređaj je mjerio vibracije koje su direktno preko sjedala prenošene na trup rukovatelja vozila.



Slika 7. Prikaz pravaca osi koje se mjere

(vlastita fotografija)

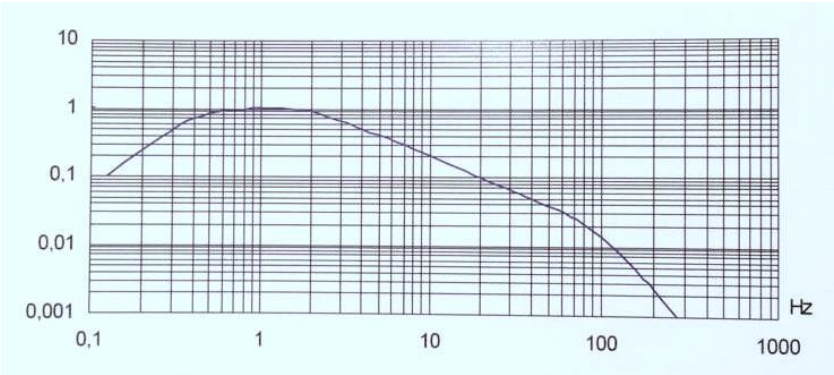
Prema europskoj direktivi 2002/44/EC određene su granične vrijednosti za dnevnu izloženost vibracijama, a ona za vibracije na trup rukovatelja iznosi 1,15 m/s^2. Wd i Wk su težinski filteri koji su korišteni u mjerenjima. Wd se koristi za x i y os u sjedećem položaju, dok se Wk odnosi na z os. Pravci djelovanja vibracija po različitim osima prikazani su na slici 8.



Slika 8. Pravci djelovanja vibracija

(HRN ISO 2631-1)

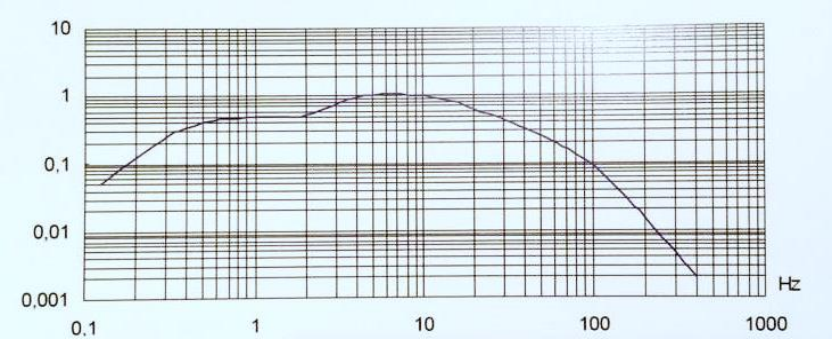
Težinski filter W_d se koristi za mjerenje horizontalnih vibracija koje trpi trup rukovatelja u smjeru x/y osi (pod pravim kutom na kičmeni stup) u sjedećem, stojećem ili ležećem položaju prema standardu HRN ISO 2631-1. (slika 9.)



Slika 9. Težinski filter W_d

(HRN ISO 2631-1.)

Težinski filter W_k se koristi za mjerenje vibracije koje utječu na trup rukovatelja u smjeru kičmenog 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 duž x, y i z osi prema standardu HRN ISO 2631-1. (Slika 10.)



Slika 10. Težinski filter W_k

(HRN ISO 2631-1.)

R.M.S. metoda mjerenja u pokretu uzima u obzir povremene impulsne i prolazne vibracije koristeći kratku integracijsku vremensku konstantu. Veličina vibracija definirana je kao maksimalna prolazna vrijednost vibracije – MTVV (izračunava se prema (2)), koja je maksimalna za $a_w(t_0)$, a izračunava se prema (1):

$$a_W(t_0) = \left\{ \frac{1}{\tau} \int_{t_0 - \tau}^{t_0} [a_W(t)]^2 \, dt \right\}^{\frac{1}{2}} \quad ...(1),$$

gdje je:

$a_w(t)$ – trenutna frekvencija mjerenog ubrzanja (m/s^2),

τ – vrijeme integracija za tekuće usrednjavanje,

t – vrijeme (s),

t_0 – vrijeme promatranja (s).

$$MTVV = \max [a_w(t_0)] \quad ...(2),$$

gdje je:

MTVV - maksimalna prolazna vrijednost vibracije (m/s^2).

Mjerenje je obavljeno s uređajem za mjerenje vibracija proizvođača MMF tipa VM30-H (slika 11. i slika 12.)

Uređaj VM30-H služi za mjerenje vibracija koje trpi ljudsko tijelo, mehaničke vibracije. Uređaj se koristi i za mnoga druga polja mjerenja vibracija kao što su vibracije na motorima,

vibracije građevina ili za kontrolu kvalitete. Procjena razine izloženosti vibracijama se temelji na izračunavanju dnevne izloženosti. Dnevna izloženost vibracija opisana je kao ekvivalentno neprekidno ubrzanje tijekom osmosatnog radnog vremena. Za određivanje dnevne izloženosti nije neophodno mjerenje tijekom svih osam sati rada. Dovoljno je napraviti kratkotrajna mjerenja za vrijeme agrotehničkih operacija. Rezultat se normalizira na osam sati. (Uputstvo za upotrebu)



Slika 11. Uređaj za mjerenje vibracija MMF VM30-H

(URL6)



Slika 12. Podloga uređaja za mjerenja vibracija

(vlastita fotografija)

4.REZULTATI I RASPRAVA

Nakon obavljenog istraživanja izmjerene vrijednosti po x, y, i z osi su pri svakoj brzini izvođenja agrotehničke operacije različite, tj osciliraju. Izmjerene, te srednje izračunate vrijednosti i usporedbe istih za različite brzine obavljanja agrotehničke operacije prikazane su pomoću pripadajućih tablica i dijagrama.

Tablica 1. Izmjerene vrijednosti vibracija pri brzini od 1,65 km/h 2016. godine

Brzina (km/h)	**Sjedalo**	**Ponavljanje**	**x**	**y**	**z**
1,65	**1.**	1.	0,2 m/s^2	0,2 m/s^2	0,2 m/s^2
		2.	0,1 m/s^2	0,2 m/s^2	0,2 m/s^2
		3.	0,1 m/s^2	0,2 m/s^2	0,2 m/s^2
	2.	1.	0,1 m/s^2	0.2 m/s^2	0.2 m/s^2
		2.	0,1 m/s^2	0,2 m/s^2	0,2 m/s^2
		3.	0,1 m/s^2	0,2 m/s^2	0,2 m/s^2
	3.	1.	0,1 m/s^2	0,2 m/s^2	0,2 m/s^2
		2.	0,1 m/s^2	0,1 m/s^2	0,2 m/s^2
		3.	0,1 m/s^2	0,2 m/s^2	0,2 m/s^2
	4.	1.	0,1 m/s^2	0,1 m/s^2	0,2 m/s^2
		2.	0,1 m/s^2	0,1 m/s^2	0,1 m/s^2
		3.	0,1 m/s^2	0,1 m/s^2	0,1 m/s^2
Srednja vrijednost			0,108 m/s^2	0,166 m/s^2	0,183 m/s^2

U tablici 1. prikazane su vrijednosti izmjerene provedenim mjerenjem vibracija koje utječu na trup rukovatelja tijekom rada na sadilici duhana pri brzini od 1,65 km/h. Obavljeno je mjerenje po x, y, z osi na temelju kojih je određena srednja vrijednost. Najviše izmjerene vrijednosti su sljedeće:

- Za os x – 0,2 m/s^2
- Za os y – 0,2 m/s^2
- Za os z – 0,2 m/s^2

U tablici 2. prikazane su vrijednosti izmjerene provedenim mjerenjem vibracija koje utječu na trup rukovatelja tijekom rada na sadilici duhana pri brzini od 1,85 km/h. Nakon

izvedenih mjerenja u tri ponavljanja te prikazanih vrijednosti izračunate su i srednje vrijednosti, a najveće vrijednosti za osi iznose:

- Za x os – 0,1 m/s^2
- Za y os –0,2 m/s^2
- Za z os – 0,2 m/s^2

Tablica 2. Izmjerene vrijednosti vibracija pri brzini od 1,85 km/h.

Brzina (km/h)	**Sjedalo**	**Ponavljanje**	**x**	**y**	**z**
1,85	**1.**	1.	0,1 m/s^2	0,1 m/s^2	0,1 m/s^2
		2.	0,1 m/s^2	0,2 m/s^2	0,1 m/s^2
		3.	0,1 m/s^2	0,1 m/s^2	0,1 m/s^2
	2.	1.	0,1 m/s^2	0,1 m/s^2	0,2 m/s^2
		2.	0,1 m/s^2	0,1 m/s^2	0,1 m/s^2
		3.	0,1 m/s^2	0,1 m/s^2	0,2 m/s^2
	3.	1.	0,1 m/s^2	0,1 m/s^2	0,1 m/s^2
		2.	0,1 m/s^2	0,1 m/s^2	0,1 m/s^2
		3.	0,1 m/s^2	0,1 m/s^2	0,2 m/s^2
	4.	1.	0,1 m/s^2	0,1 m/s^2	0,2 m/s^2
		2.	0,1 m/s^2	0,1 m/s^2	0,2 m/s^2
		3.	0,1 m/s^2	0,1 m/s^2	0,2 m/s^2
Srednja vrijednost			0,100 m/s^2	0,108 m/s^2	0,150 m/s^2

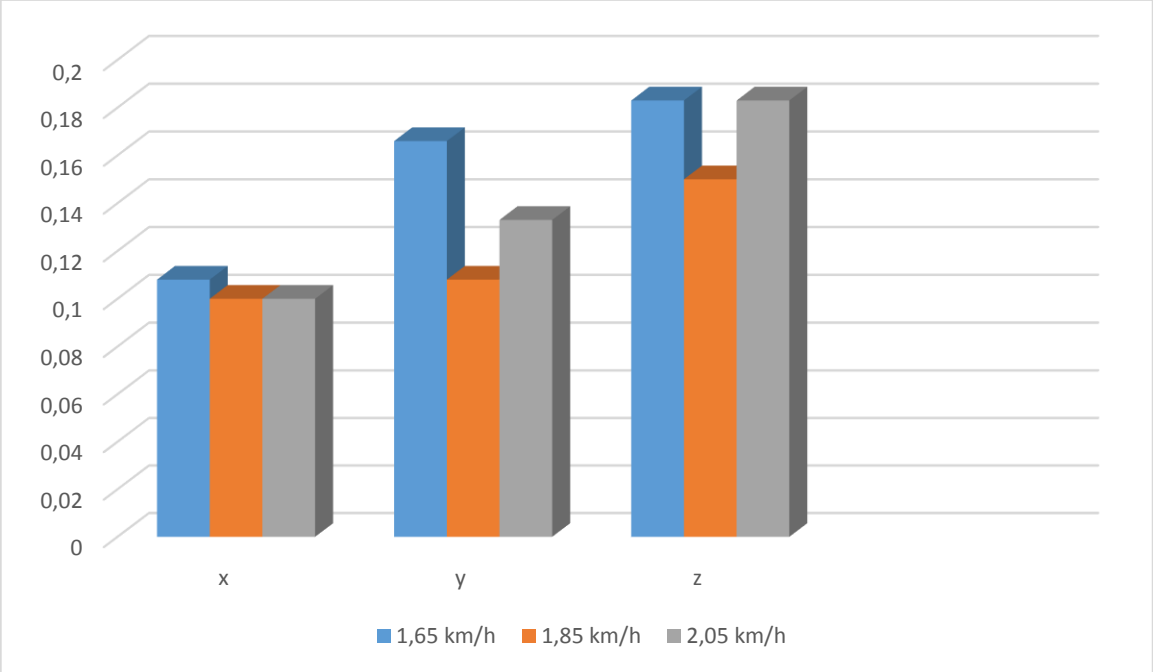
U tablici 3. prikazane su vrijednosti izmjerene provedenim mjerenjem vibracija koje utječu na trup rukovatelja tijekom rada na sadilici duhana pri brzini od 2,05 km/h. Nakon izvedenih mjerenja u tri ponavljanja te prikazanih vrijednosti izračunate su i srednje vrijednosti, a najveće vrijednosti za osi iznose:

- Za x os – 0,1 m/s^2
- Za y os – 0,2 m/s^2
- Za z os – 0,2 m/s^2

Srednje izračunate vrijednosti vibracija koje utječu na trup rukovatelja prilikom obavljanja operacije strojne sadnje duhana pri različitim brzinama obavljanja prikazane su grafikonom 1. Iz grafikona je uočljivo kako su najviše razine vibracija po x, y i z osi pri brzinama od 1,65 i 2,05 km/h, a najmanja pri brzini od 1,85 km/h.

Tablica 3. Izmjerene vrijednosti vibracija pri brzini od 2,05 km/h.

Brzina (km/h)	Sjedalo	Ponavljanje	x	y	z
2,05	1.	1.	0,1 m/s^2	0,1 m/s^2	0,2 m/s^2
		2.	0,1 m/s^2	0,1 m/s^2	0,2 m/s^2
		3.	0,1 m/s^2	0,1 m/s^2	0,2 m/s^2
	2.	1.	0,1 m/s^2	0,2 m/s^2	0,2 m/s^2
		2.	0,1 m/s^2	0,1 m/s^2	0,2 m/s^2
		3.	0,1 m/s^2	0,1 m/s^2	0,2 m/s^2
	3.	1.	0,1 m/s^2	0,1 m/s^2	0,2 m/s^2
		2.	0,1 m/s^2	0,2 m/s^2	0,1 m/s^2
		3.	0,1 m/s^2	0,2 m/s^2	0,2 m/s^2
	4.	1.	0,1 m/s^2	0,1 m/s^2	0,1 m/s^2
		2.	0,1 m/s^2	0,1 m/s^2	0,2 m/s^2
		3.	0,1 m/s^2	0,2 m/s^2	0,2 m/s^2
Srednja vrijednost			0,100 m/s^2	0,133 m/s^2	0,183 m/s^2



Grafikon 1. Srednje izračunate vrijednosti za svaku brzinu obavljanja

Nakon obavljenog drugog istraživanja 2017. godine izmjerene vrijednosti po x, y, i z osi su pri svakoj brzini izvođenja agrotehničke operacije različite, tj osciliraju. Izmjerene, te srednje izračunate vrijednosti i usporedbe istih za različite brzine obavljanja agrotehničke operacije prikazane su pomoću pripadajućih tablica i dijagrama kako slijedi u nastavku.

Tablica 4. Izmjerene vrijednosti vibracija pri brzini od 1,65 km/h.

Brzina (km/h)	Sjedalo	Ponavljanje	x	y	z
1,65	1.	1.	0,10 m/s^2	0,10 m/s^2	0,10 m/s^2
		2.	0,10 m/s^2	0,09 m/s^2	0,09 m/s^2
		3.	0,10 m/s^2	0,09 m/s^2	0,09 m/s^2
	2.	1.	0.12 m/s^2	0.12 m/s^2	0.15 m/s^2
		2.	0,12 m/s^2	0,11 m/s^2	0,13 m/s^2
		3.	0,12 m/s^2	0,13 m/s^2	0,15 m/s^2
	3.	1.	0,12 m/s^2	0,12 m/s^2	0,12 m/s^2
		2.	0,12 m/s^2	0,10 m/s^2	0,10 m/s^2
		3.	0,10 m/s^2	0,11 m/s^2	0,10 m/s^2
	4.	1.	0,10 m/s^2	0,1 m/s^2	0,06 m/s^2
		2.	0,12 m/s^2	0,11 m/s^2	0,08 m/s^2
		3.	0,10 m/s^2	0,09 m/s^2	0,06 m/s^2
Srednja vrijednost			0,109 m/s^2	0,105 m/s^2	0,102 m/s^2

U tablici 4. prikazane su vrijednosti izmjerene provedenim mjerenjem vibracija koje utječu na trup rukovatelja tijekom rada na sadilici duhana pri brzini od 1,65 km/h. Obavljeno je mjerenje po x, y, z osi na temelju kojih je određena srednja vrijednost. Najviše izmjerene vrijednosti su sljedeće:

- Za os x – 0,12 m/s^2
- Za os y – 0,13 m/s^2
- Za os z – 0,152 m/s^2

U tablici 5. prikazane su vrijednosti izmjerene provedenim mjerenjem vibracija koje utječu na trup rukovatelja tijekom rada na sadilici duhana pri brzini od 1,85 km/h. Nakon izvedenih mjerenja u tri ponavljanja te prikazanih vrijednosti izračunate su i srednje vrijednosti, a najveće vrijednosti za osi iznose:

- Za x os – 0,13 m/s^2
- Za y os –0,16 m/s^2
- Za z os – 0,13 m/s^2

U tablici 6. prikazane su vrijednosti izmjerene provedenim mjerenjem vibracija koje utječu na trup rukovatelja tijekom rada na sadilici duhana pri brzini od 2,05 km/h. Nakon

izvedenih mjerenja u tri ponavljanja te prikazanih vrijednosti izračunate su i srednje vrijednosti, a najveće vrijednosti za osi iznose:

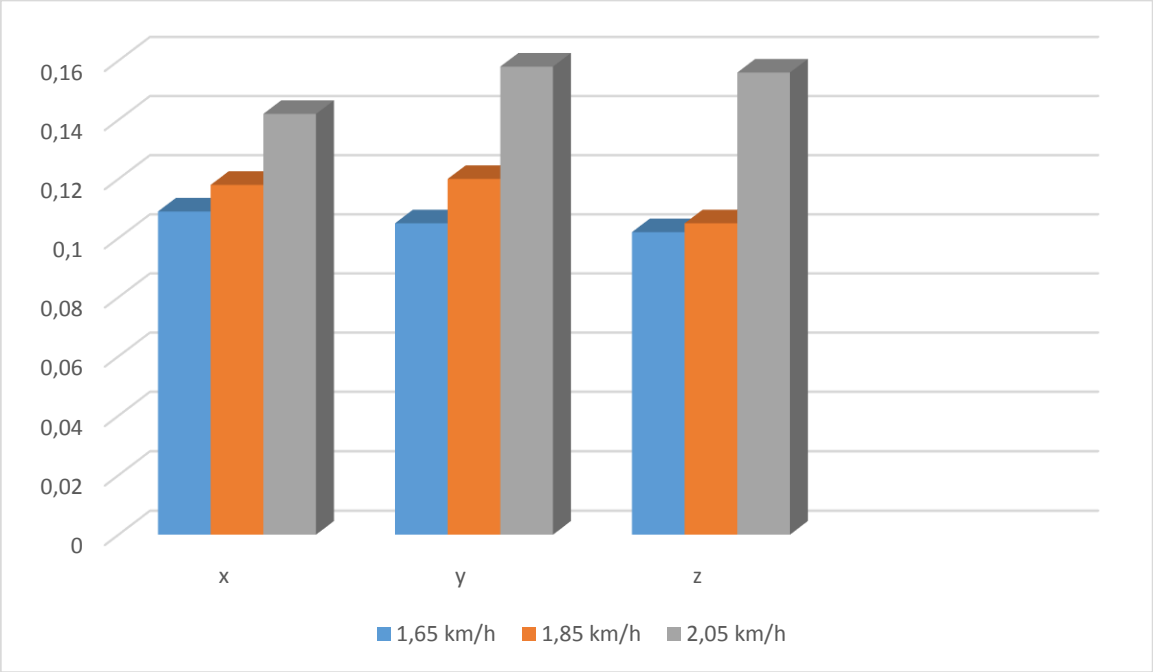
- Za x os – 0,17 m/s^2
- Za y os – 0,21 m/s^2
- Za z os – 0,19 m/s^2

Tablica 5. Izmjerene vrijednosti vibracija pri brzini od 1,85 km/h.

Brzina (km/h)	**Sjedalo**	**Ponavljanje**	**x**	**y**	**z**
1,85	**1.**	1.	0,12 m/s^2	0,12 m/s^2	0,12 m/s^2
		2.	0,12 m/s^2	0,16 m/s^2	0,11 m/s^2
		3.	0,12 m/s^2	0,11 m/s^2	0,13 m/s^2
	2.	1.	0,13 m/s^2	0,11 m/s^2	0,10 m/s^2
		2.	0,12 m/s^2	0,10 m/s^2	0,11 m/s^2
		3.	0,12 m/s^2	0,12 m/s^2	0,11 m/s^2
	3.	1.	0,11 m/s^2	0,11 m/s^2	0,09 m/s^2
		2.	0,10 m/s^2	0,13 m/s^2	0,13 m/s^2
		3.	0,11 m/s^2	0,15 m/s^2	0,12 m/s^2
	4.	1.	0,13 m/s^2	0,11 m/s^2	0,09 m/s^2
		2.	0,12 m/s^2	0,12 m/s^2	0,08 m/s^2
		3.	0,12 m/s^2	0,10 m/s^2	0,08 m/s^2
Srednja vrijednost			0,118 m/s^2	0,12 m/s^2	0,105 m/s^2

Tablica 6. Izmjerene vrijednosti vibracija pri brzini od 2,05 km/h.

Brzina (km/h)	**Sjedalo**	**Ponavljanje**	**x**	**y**	**z**
2,05	**1.**	1.	0,15 m/s^2	0,16 m/s^2	0,15 m/s^2
		2.	0,13 m/s^2	0,16 m/s^2	0,15 m/s^2
		3.	0,14 m/s^2	0,16 m/s^2	0,15 m/s^2
	2.	1.	0,17 m/s^2	0,21 m/s^2	0,24 m/s^2
		2.	0,17 m/s^2	0,15 m/s^2	0,19 m/s^2
		3.	0,13 m/s^2	0,14 m/s^2	0,20 m/s^2
	3.	1.	0,13 m/s^2	0,16 m/s^2	0,15 m/s^2
		2.	0,16 m/s^2	0,20 m/s^2	0,14 m/s^2
		3.	0,16 m/s^2	0,16 m/s^2	0,16 m/s^2
	4.	1.	0,12 m/s^2	0,14 m/s^2	0,12 m/s^2
		2.	0,13 m/s^2	0,14 m/s^2	0,12 m/s^2
		3.	0,12 m/s^2	0,12 m/s^2	0,11 m/s^2
Srednja vrijednost			0,142 m/s^2	0,158 m/s^2	0,156 m/s^2



Grafikon 2. Srednje izračunate vrijednosti za svaku brzinu obavljanja(2)

Srednje izračunate vrijednosti vibracija koje utječu na trup rukovatelja prilikom obavljanja operacije strojne sadnje duhana pri različitim brzinama obavljanja prikazane su grafikonom 2. Iz grafikona je uočljivo kako su najviše razine vibracija po x, y i z osi pri brzinama od 1,85 i 2,05 km/h, a najmanja pri brzini od 1,65 km/h.

Lings i Leboeuf-Yde (1999.) mjerili su povezanost između vibracija koje djeluju na trup i boli u donjem dijelu leđa. Od sedam mjerenja, jedan je ukazivao na povečanu učestalost lumbalnog prolapsa kod profesionalnih rukovatelja, dok su ostalih šest ukazivali kako je bol u donjem dijelu leđa znatno češća kod osoba koje su izložene vibracijama trupa. Na kraju teksta ističu kako su svjesni problema izloženosti radnika vibracijama, ali također navode kako će se s nadolazećim tehnologijama smanjiti vibracije koje se prenose na rukovatelje.

Đukić i sur. (2007.) mjerili su vibracije pri radu jarmača i tračnih pila trupčara, utvrđeno je kako izmjerena razina vibracija ne utječe na zdravlje radnika na kolicima jarmače ni nakon osmosatnog dnevnog izlaganja, ali nakon jednosatnog izlaganja smanjuje se komfor rada, što može utjecati na udobnost radnika, te na njihov radni učinak.

Dewangan i sur. (2015.) navode vibracije koje se prenose na tijelo sjedeći na sjedalu bez i sa naslonjača, na tri različita elastična sjedala (ravno, od oblikovane poliuretanske pjene (

PUF) i zračni jastuk) i krutom sjedalu. Utvrdili su kako je manja razina vibracija prenesena na sjedalu od poliuretanske pjene u odnosu na sjedalo sa zračnim jastukom, osim pri nižim frekvencijama. Nadalje, razine vibracija znatno su se smanjile pri uporabi sjedala sa naslonom u odnosu na sjedalo bez naslona.

Rezultati mjerenja vibracija koje utječu na rukovatelja sadilicom duhana pri različitim brzinama (1,65, 1,85, 2,05 km/h), mogu se usporediti s navodima drugih autora. Pretpostavka je kako razine vibracija tijekom obavljanja strojne sadnje duhana neće štetno utjecati na rukovatelja, ali će se svakako u osmosatnom radnom vremenu smanjiti udobnost radnika, što može rezultirati njegovom smanjenom produktivnosti.

4.1.Usporedni statistički prikaz izmjerenih vibracija 2016 i 2017. godine

Tablica 7: Deskriptivna statistika srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija u odnosu na osi x, y i z na sjedalu broj 1.

		N	Srednja vrijednost	Std. devijacija	Koef. varijacije	Std. pogreška	95% interval pouzdanosti za srednju vrijednost		Min	Max
							Niža granica	Viša granica		
xos	1	6	0,1167	0,04082	34,9785	0,01667	0,0738	0,1595	0,10	0,20
	2	6	0,1033	0,00516	4,9951	0,00211	0,0979	0,1088	0,10	0,11
	3	6	0,1200	0,02280	19,0000	0,00931	0,0961	0,1439	0,10	0,15
	Total	18	0,1133	0,02657	23,4510	0,00626	0,1001	0,1265	0,10	0,20
yos	1	6	0,1467	0,05854	39,9045	0,02390	0,0852	0,2081	0,09	0,20
	2	6	0,1317	0,03869	29,3773	0,01579	0,0911	0,1723	0,10	0,20
	3	6	0,1300	0,03286	25,2769	0,01342	0,0955	0,1645	0,10	0,16
	Total	18	0,1361	0,04272	31,3886	0,01007	0,1149	0,1574	0,09	0,20
zos	1	6	0,1467	0,05854	39,9045	0,02390	0,0852	0,2081	0,09	0,20
	2	6	0,1067	0,01506	14,1143	0,00615	0,0909	0,1225	0,09	0,13
	3	6	0,1750	0,02739	15,6514	0,01118	0,1463	0,2037	0,15	0,20
	Total	18	0,1428	0,04612	32,2969	0,01087	0,1198	0,1657	0,09	0,20

Iz prikazanih rezultata deskriptivne statistike srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija u smjeru osi x, y i z standardna pogreška je najveća pri brzini 1 (1,65 km/h), tablica 7.

Tablica 8: Analiza varijance (ANOVA) za osi x, y i z na sjedalu broj 1.

		Suma kvadrata	df	Srednja vr. kvadrata	F	Sig.
xos	Između grupa	0,001	2	0,000	0,633	0,545
	Unutar grupa	0,011	15	0,001		
	Total	0,012	17			
yos	Između grupa	0,001	2	0,001	0,253	0,780
	Unutar grupa	0,030	15	0,002		
	Total	0,031	17			
zos	Između grupa	0,014	2	0,007	4.818	0,024
	Unutar grupa	0,022	15	0,001		
	Total	0,036	17			

Tablicom 8 vidljivo je kako je samo u smjeru osi z utvrđena statistički značajna razlika izmjerenih srednjih vrijednosti vibracija koje utječu trup saditelja, dok u smjeru osi x i y nije utvrđena statistički značajna razlika.

Tablica 9: Deskriptivna statistika srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija u smjeru osi x,y i z na sjedalu broj 2.

		N	Srednja vrijednost	Std. devijacija	Koef. varijacije	Std. pogreška	95% Interval pouzdanosti za srednju vrijednost		Min	Max
							Niža granica	Viša granica		
xos	1	6	0,1100	0,01095	9,9545	0,00447	0,0985	0,1215	0,10	0,12
	2	6	0,1100	0,01095	9,9545	0,00447	0,0985	0,1215	0,10	0,12
	3	6	0,1283	0,03430	26,7342	0,01400	0,0923	0,1643	0,10	0,17
	Total	18	0,1161	0,02227	19,1817	0,00525	0,1050	0,1272	0,10	0,17
yos	1	6	0,1600	0,04427	27,6687	0,01807	0,1135	0,2065	0,11	0,20
	2	6	0,1150	0,02345	20,3913	0,00957	0,0904	0,1396	0,10	0,16
	3	6	0,1500	0,04733	31,5533	0,01932	0,1003	0,1997	0,10	0,21
	Total	18	0,1417	0,04232	29,8659	0,00998	0,1206	0,1627	0,10	0,21
zos	1	6	0,1717	0,03189	18,5730	0,01302	0,1382	0,2051	0,13	0,20
	2	6	0,1433	0,04502	31,4166	0,01838	0,0961	0,1906	0,10	0,20
	3	6	0,2050	0,01761	8,5902	0,00719	0,1865	0,2235	0,19	0,24
	Total	18	0,1733	0,04073	23,5025	0,00960	0,1531	0,1936	0,10	0,24

Prema deskriptivnoj statistici iz prikazanih podataka srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija u smjeru osi x, y i z standardna pogreška je najveća pri brzini 1 (1,85 km/h), tablica 9.

Tablica 10: Analiza varijance (ANOVA) za x,y i z u odnosu na sjedalo broj 2.

		Suma kvadrata	df	Srednja vr. kvadrata	F	Sig.
xos	Između grupa	0,001	2	0,001	1.424	0,272
	Unutar grupa	0,007	15	0,000		
	Total	0,008	17			
yos	Između grupa	0,007	2	0,003	2.116	0,155
	Unutar grupa	0,024	15	0,002		
	Total	0,030	17			
zos	Između grupa	0,011	2	0,006	5.114	0,020
	Unutar grupa	0,017	15	0,001		
	Total	0,028	17			

Prema tablici 10 uočava se značajna razlika u smjeru osi x, te zatim manja statistička razlika izmjerenih srednjih vrijednosti u smjeru osi y, a u smjeru osi z nije utvrđena značajna razlika.

Tablica 11. Deskriptivna statistika srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija u smjeru osi x,y i z na sjedalu broj 3.

		N	Srednja vrijednost	Std. devijacija	Koef. varijacije	Std. pogreška	95% interval pouzdanosti za srednju vrijednost		Min	Max
							Niža granica	Viša granica		
xos	1	6	0,1067	0,01033	9,6813	0,00422	0,0958	0,1175	0,10	0,12
	2	6	0,1117	0,01329	11,8979	0,00543	0,0977	0,1256	0,10	0,13
	3	6	0,1250	0,02950	23,6000	0,01204	0,0940	0,1560	0,10	0,16
	Total	18	0,1144	0,02007	17,5437	0,00473	0,1045	0,1244	0,10	0,16
yos	1	6	0,1383	0,04834	34,9530	0,01973	0,0876	0,1891	0,10	0,20
	2	6	0,1050	0,00837	7,9714	0,00342	0,0962	0,1138	0,10	0,12
	3	6	0,1700	0,03950	23,2352	0,01612	0,1286	0,2114	0,10	0,20
	Total	18	0,1378	0,04373	31,7343	0,01031	0,1160	0,1595	0,10	0,20
zos	1	6	0,1533	0,05164	33,6855	0,02108	0,0991	0,2075	0,10	0,20
	2	6	0,1183	0,04021	33,9898	0,01641	0,0761	0,1605	0,10	0,20
	3	6	0,1583	0,03817	24,1124	0,01558	0,1183	0,1984	0,10	0,20
	Total	18	0,1433	0,04498	31,3886	0,01060	0,1210	0,1657	0,10	0,20

Deskriptivna statistika srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija u smjeru osi x,y i z za sjedalo broj 3. (tablica 11) pokazuje kao i na osima y i z da je standardna pogreška najuočljivija pri brzini 2,05 km/h.

Tablica 12: Analiza varijance (ANOVA) za x,y i z u odnosu na sjedalo broj 3.

		Suma kvadrata	df	Srednja vr. kvadrata	F	Sig.
xos	Između grupa	0,001	2	0,001	1.402	0,277
	Unutar grupa	0006	15	0,000		
	Total	0,007	17			
yos	Između grupa	0,013	2	0,006	4.794	0,025
	Unutar grupa	0,020	15	0,001		
	Total	0,033	17			
zos	Između grupa	0,006	2	0,003	1.490	0,257
	Unutar grupa	0,029	15	0,002		
	Total	0,034	17			

Prema tablici 12. Značajna razlika u odstupanju od srednje vrijednosti značajna je samo u smjeru osi y, u smjeru osi x i z nije signifikantna.

Tablica 13: Deskriptivna statistika srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija u smjeru osi x,y i z na sjedalu broj 4.

		N	Srednja vrijednost	Std. devijacija	Koef. varijacije	Std. pogreška	95% Interval pouzdanosti za srednju vrijednost		Min	Max
							Niža granica	Viša granica		
xos	1	6	0,1033	0,00816	7,8993	0,00333	0,0948	0,1119	0,10	0,12
	2	6	0,1117	0,01329	11,8979	0,00543	0,0977	0,1256	0,10	0,13
	3	6	0,1117	0,01329	11,8979	0,00543	0,0977	0,1256	0,10	0,13
	Total	18	0,1089	0,01183	10,8631	0,00279	0,1030	0,1148	0,10	0,13
yos	1	6	0,1000	0,00632	6,3200	0,00258	0,0934	0,1066	0,09	0,11
	2	6	0,1050	0,00837	7,9714	0,00342	0,0962	0,1138	0,10	0,12
	3	6	0,1333	0,03724	27,9369	0,01520	0,0943	0,1724	0,10	0,20
	Total	18	0,1128	0,02585	22,9166	0,00609	0,0999	0,1256	0,09	0,20
zos	1	6	0,1000	0,05215	52,1500	0,02129	0,0453	0,1547	0,06	0,20
	2	6	0,1417	0,06401	45,1729	0,02613	0,0745	0,2088	0,08	0,20
	3	6	0,1417	0,04579	32,3147	0,01869	0,0936	0,1897	0,10	0,20
	Total	18	0,1278	0,05505	43,0751	0,01297	0,1004	0,1552	0,06	0,20

Iz deskriptivne statistike srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija u smjeru osi x,y i z na sjedalu broj 4 (tablica 13), najuočljivija standardna pogreška jest pri brzini od 2,05 km/h.

Tablica 14: Analiza varijance (ANOVA) za x,y i z u odnosu na sjedalo broj 4.

		Suma kvadrata	df	Srednja vr.kvadrata	F	Sig.
xos	Između grupa	0,000	2	0,000	0,992	0,394
	Unutar grupa	0,002	15	0,000		
	Total	0,002	17			
yos	Između grupa	0,004	2	0,002	3.886	0,044
	Unutar grupa	0,007	15	0,000		
	Total	0,011	17			
zos	Između grupa	0,007	2	0,003	1.169	0,338
	Unutar grupa	0,045	15	0,003		
	Total	0,052	17			

Tablica 14.nam govori da je najznačajnija razlika u smjeru osi z, zatim slijedi os y, a u smjeru osi x nema značajne razlike u odstupanju od srednje vrijednosti.

5.ZAKLJUČAK

Vidljivo je, a što i prikazuju tablice srednjih vrijednosti vibracija koje djeluju na trup saditelja u drugoj godini mjerenja gdje u smjeru sve tri osi (x, y i z) s povećanjem brzine dolazi do povećanja razine vibracija, a što je u skladu s postavljenom hipotezom. Dok u prvoj godini mjerenja nije u skladu s postavljenom hipotezom.

Na osnovu statističkih tablica po poziciji sjedala uočeno je kako se s povećanjem brzine gibanja agregata povećava i razina vibracija koja utječe na trup saditelja u smjeru osi x (sjedalo 2, 3 i 4), u smjeru osi y (sjedalo 1 i 2) i u smjeru osi z (sjedalo 4), a što je u skladu s postavljenom hipotezom istraživanja. Dok ostale izmjerene vrijednosti nisu u skladu s postavljenom hipotezom.

Iako se s povećanjem brzine gibanja agregata povećava razina vibracija koja utječe na trup saditelja ona ne prelazi dopuštenu graničnu vrijednost vibracija od 1,15 m/s^2. Nadalje, prema obavljenim mjerenjima može se pretpostaviti kako razine vibracije koje su izmjerene u ovom istraživanju neće bitno utjecati na saditelja niti ugroziti njegovo zdravlje, tek je moguće da nakon određenog vremena pod utjecajem vibracija dođe do smanjenja komfora saditelja.

6.POPIS LITERATURE

1. Aranđelović, M., Jovanović, J. (2009.): Medicina rada. Medicinski fakultet u Nišu, Niš,
2. Brkić, D., Vujčić, M., Šumanovac, L., Lukač, P., Kiš, D., Jurić, T., Knežević, D. (2005.): Eksploatacija poljoprivrednih strojeva. Poljoprivredni fakultet u Osijeku,Osijek,
3. Crolla D.A. , Dale A.K. (2007.) Ride Vibration Measurements of Agricultural Tractorand Trailer Combinations,
4. Cvetanović B., Zlatković D. (2013.): Evaluation of whole-body vibration risk in agricultural tractor drivers., Niš,
5. Cvetanović, B., Cvetković, M., Cvetković, D. (2014.): Procjena rizika po zdravlje vozača, od vibracija nastalih pri eksploataciji traktora, Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu, Niš,
6. Deboli, R., Calvo, A., Preti, C., Paletto, G. (2008.): Whole Body Vibration (WBV) transmitted to the operator by tractors equipped with radialtires. Innovation Technology to Empower Safety, Health and Welfarein Agriculture andAgro-food Systems,
7. Dewangan, K.N., Rakheja, S., Marcotte, P. i Shahmir A. (2015.): Ergonomics, Volume 58, 2015- Issue 7, Whole-Body Vibration Injuries,
8. Directive 2002/44/EC of the European parliament and of the Council of 25 June 2002 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibrations),
9. DZNM (1999.): Mehaničke vibracije i udari – procjena izloženosti ljudi vibracijama cijelog tijela – 1. dio: Opći zahtjevi, HRN ISO 2631-1, Zagreb,
10. DZNM (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, HRN ISO 2631-4, Zagreb,
11. Đukić, I., Goglia, V. (2007.): Buka i vibracije pri radu jarmača i tračnih pila trupčara, Zagreb,
12. Goglia, V., Suchomel, J., Žgela, J., Đukić, I. (2012): Ižlozenošt vibracijama šumarskih radnika u svjetu Directive 2002/44/EC. Šumarski list, Vol.136 No.5-6 Lipanj 2012,
13. Gomez-Gil, J., Gomez-Gil, F.J. i Martin-de-Leon, R. (2014): The Influence of Tractor-Seat Height above the Ground on Lateral Vibrations, department of Signal Theory, Communications and Telematics Engineering, University of Valladolid, Valladolid

47011, Spain , Department of Electromechanical Engineering, University of Burgos, Burgos 09006, Spain,

14. Gomozi, M. (2002): Medicina rada i okoliš. Medicinska naklada, Biblioteka sveučilišni udžbenici, Zagreb,

15. Lings, S. & Leboeuf-Yde, (2000): C. Int Arch Occup Environ Health,

16. Servadio, P., Marsili, A., Belfiore, N.P. (2007.): Analysis of driving seat vibrations in high forward speed tractors, Agricultural Mechanisation Research Institute, Council for the Research and Experimentation in Agriculture, Via della Pascolare 16, 00016 Monterotondo (Roma), Italy,

17. Vieira de Almeida, S., Spneski Sperotto, F.C., da Silva Doimo, L., Pereira da Silva Correia, T., Guarnetti dos Santos, J.E. i Silva, P. R. A. (2015): Analysis of vibration levels in agricultural tractor with and without cabin, African journal of agricurtular research.

18. URL 1: http://www.ilocis.org/documents/chpt50e.htm 15.8.2016.,

19. URL 2: http://www.vecernji.ba/bih-europski-rekorder-po-ilegalnoj-sjeci-sume-steta-veca-od-2-mil-km-1021125 16.8.2016.,

20. URL 3: http://www.krenizdravo.rtl.hr/zdravlje/bolesti-zdravlje/raynaudova-bolest-uzroci-simptomi-i-lijecenje 15.8.2016.,

21. URL4:https://hr.wikipedia.org/wiki/Ergonomija 05.09.2016. godine,

22. URL5:http://ergo.human.cornell.edu/DEA3250Flipbook/DEA3250notes/ergorigin.html 05.09.2016. godine,

23. URL6:http://img.directindustry.com/images_di/photo-g/69226-4534197.jpg 09.18.2016. godine,

24. URL7:https://www.google.hr/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=0ahUKEwjVoLHDsYPVAhUBOhoKHWqsDUIQjRwIBw&url=http%3A%2F%2Fwww.arr.by%2Fzasipka-fundamenta%2F&psig=AFQjCNGYV2YnHXLRj_n5WAHQ6CuIRjjVog&ust=1499936606974663 05.09.2016. godine,

25. URL8:https://www.google.hr/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiH34_Vs4PVAhXBVBQKHfhIAuMQjRwIBw&url=http%3A%2F%2Fwww.contraboli.ro%2F&psig=AFQjCNGZhoASi1U301XoYCXlK4jUAwQYxQ&ust=149993719447044 05.09.2016. godine,

7.SAŽETAK

Istraživanje je eksploatacijskog tipa, odnosno mjerenja su obavljena pri izvođenju agrotehničke operacije. Mjerenja proizvedenih vibracija koje utječu na trup rukovatelja po x, y i z osi ispitivana su pri izvođenju agrotehničke operacije sadnje duhana. Prvo mjerenje obavljeno je prvi brzini rada od 1,65 km/h, drugo pri 1,85 km/h, te treće pri brzini od 2,05 km/h. Ispitivanje je obavljeno na privatnoj poljoprivrednoj površini u Ramanovcima. Mjerenje je obavljano tako da su pri svakoj pojedinoj brzini obavljana operacije (1,65/1,85/2,05 km/h) mjerene vibracije za svako pojedino sjedalo, trajanje jednog mjerenja iznosilo je 3 minute, svako mjerenje ponovljeno je 3 puta. Prema izmjerenim vrijednostima tijekom 3 ponavljanja izračunata je srednja vrijednost, koja je dalje upotrebljavana u radu. Sva tri mjerenja obavljena su istoga dana, 5. srpnja 2016. godine, temperatura toga dana iznosila je 30°C, a relativna vlaga 63 %. Zatim su druga tri mjerenja identična već navedenim obavljena 10.lipnja.2017. u sadnji duhana kako bismo dobili što točnije podatke u dva različita mjerenja na različito pripremljenim površinama. Temperatura je iznosila 24 °C, a relativna vlaga 59 %. Sva mjerenja obavljena su u skladu s normama HRN ISO 2631-1 i HRN ISO 2631-4 koje su primjenjive na ljude normalnog zdravlja izložene pravocrtnim vibracijama po njihovoj x, y i z osi. Najbolja metoda u HRN ISO 2631-1 je mjerenje na sjedištu, tj. mjerenja dok je rukovatelj u sjedećem položaju. Sjedište u ovom slučaju predstavlja izravnu dodirnu točku između strukture vozila i rukovatelja. Mjerni uređaj bio je postavljen na dio sjedišta na koji rukovatelj izravno sjeda.

Ključne riječi: utjecaj brzine, traktor, sadilica ,ergonomija, vibracije

8. SUMMARY

The exploration is an exploitation type, the measurements performed during the execution of an agrotechnical operation. Measurements of vibrations produced by the body of the handler by x, and z axis were investigated during the agro-chemical plantation of tobacco planting. The first measurement was 1.65 km / h, the second at 1.85 km / h, and the third at a speed of 2.05 km / h. The survey was conducted on private agricultural land in Ramanovci. The measurement was performed so that for each individual operation speed (1.65 / 1.85 / 2.05 km / h) of the vibration measured for each individual seat, the duration of one measurement was 3 minutes, each measurement being repeated 3 times. According to the measured values during 3 repetitions, the mean value was calculated, which was further used in the work. All three measurements were carried out on the same day, July 5, 2016, and the temperature of that day was 30 ° C and the relative humidity 63%. Next, the other three measurements are identical to those already stated on ,June 10, 2017. In tobacco planting, in order to obtain accurate data in two different measurements on differently prepared surfaces. Temperature is 24 ° C, relative humidity 59%. All measurements were performed in accordance with HRN ISO 2631-1 and HRN ISO 2631-4 norms applicable to normal health people exposed to linear vibrations at their x, y and z axis. The best method in HRN ISO 2631-1 is measurement at the seat.Measurements while the operator is in the sitting position. The seat in this case represents a direct contact point between the vehicle structure and the operator. The measuring device was placed on a seat where the operator is directly seated.

Key words: impact speed, tractor, saddle, ergonomics, vibration

9. POPIS TABLICA

Tablica 1. Izmjerene vrijednosti vibracija pri brzini od 1,65 km/h.

Tablica 2. Izmjerene vrijednosti vibracija pri brzini od 1,85 km/h

Tablica 3. Izmjerene vrijednosti vibracija pri brzini od 2,05 km/h

Tablica 4. Izmjerene vrijednosti vibracija pri brzini od 1,65 km/h.(2)

Tablica 5. Izmjerene vrijednosti vibracija pri brzini od 1,85 km/h(2)

Tablica 6. Izmjerene vrijednosti vibracija pri brzini od 2,05 km/h(3)

Tablica.7. Deskriptivna statistika srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija u smjeru osi x,y,z na lošije pripremljenoj podlozi za sadnju

Tablica 8. Analiza varijance (ANOVA) za x os na lošije pripremljenoj podlozi za sadnju.

Tablica 9. Deskriptivna statistika srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija u smjeru osi x,y i z na dobro pripremljenoj podlozi za sadnju.

Tablica 10.Analiza varijance (ANOVA) za x,y i z os na dobro pripremljenoj podlozi

Tablica 11. Deskriptivna statistika srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija u smjeru osi x,y i z na dobro pripremljenoj podlozi

Tablica 12. Analiza varijance (ANOVA) za x,y i z os na dobroj podlozi

Tablica 13. Deskriptivna statistika srednjih vrijednosti izmjerenih vibracija u smjeru osi x,y i z na dobro pripremljenoj podlozi za sadnju

Tablica 14. Analiza varijance (ANOVA) za x,y i z os na dobroj podlozi

10. POPIS SLIKA

Slika 1: Vibracije tijekom izvođenja radova u građevinarstvu

Slika 2. Raynaudov sindrom

Slika 3. Rotacijske i translacijske vibracije traktora u koordinatnim osima

Slika 4. Traktor JOHN DEERE(prvo mjerenje 2016.godine) 2140

Slika 5. Utjecaj vibracija na trup rukovatelja sadilicom duhana

Slika 6. Uređaj za mjerenje razine vibracija

Slika 7. Prikaz pravaca osi koje se mjere

Slika 8. Pravci djelovanja vibracija

Slika 9. Težinski filter W_d

Slika 10. Težinski filter W_k

Slika 11. Uređaj za mjerenje vibracija MMF VM30-H

Slika 12. Podloga uređaja za mjerenja vibracija

11. POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Srednje izračunate vrijednosti za svaku brzinu obavljanja

Grafikon 2. Srednje izračunate vrijednosti za svaku brzinu obavljanja (2)

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku **Diplomski rad**

Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Sveučilišni diplomski studij smjera Mehanizacije

UTJECAJ BRZINE KRETANJA STROJNOG AGREGATA NA EMISIJE VIBRACIJA KOJE UTJEČU NA TRUP SADITELJA

Hrvoje Havrda

Sažetak: Istraživanje je eksploatacijskog tipa, odnosno mjerenja su obavljena pri izvođenju agrotehničke operacije. Mjerenja proizvedenih vibracija koje utječu na trup rukovatelja po x, y i z osi ispitivana su pri izvođenju agrotehničke operacije sadnje duhana. Prvo mjerenje obavljeno je prvi brzini rada od 1,65 km/h, drugo pri 1,85 km/h, te treće pri brzini od 2,05 km/h. Ispitivanje je obavljeno na privatnoj poljoprivrednoj površini u Ramanovcima. Mjerenje je obavljano tako da su pri svakoj pojedinoj brzini obavljana operacije (1,65/1,85/2,05 km/h) mjerene vibracije za svako pojedino sjedalo, trajanje jednog mjerenja iznosilo je 3 minute, svako mjerenje ponovljeno je 3 puta. Prema izmjerenim vrijednostima tijekom 3 ponavljanja izračunata je srednja vrijednost, koja je dalje upotrebljavana u radu. Sva tri mjerenja obavljena su istoga dana, 5. srpnja 2016. godine, temperatura toga dana iznosila je 30°C, a relativna vlaga 63 %. Zatim su druga tri mjerenja identična već navedenim obavljena 10.lipnja.2017. u sadnji duhana kako bismo dobili što točnije podatke u dva različita mjerenja na različito pripremljenim površinama. Temperatura je iznosila 24 °C, a relativna vlaga 59 %. Sva mjerenja obavljena su u skladu s normama HRN ISO 2631-1 i HRN ISO 2631-4 koje su primjenjive na ljude normalnog zdravlja izložene pravocrtnim vibracijama po njihovoj x, y i z osi. Najbolja metoda u HRN ISO 2631-1 je mjerenje na sjedištu, tj. mjerenja dok je rukovatelj u sjedećem položaju. Sjedište u ovom slučaju predstavlja izravnu dodirnu točku između strukture vozila i rukovatelja. Mjerni uređaj bio je postavljen na dio sjedišta na koji rukovatelj izravno sjeda.

Rad je izrađen pri: Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Mentor: doc. dr. sc. Ivan Plaščak

Broj stranica: 38

Broj grafikona i slika: 14

Broj tablica: 14

Broj literaturnih navoda: 19

Broj priloga: -

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: utjecaj brzine, traktor, sjedalo, ergonomija, vibracije

Datum obrane:

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. prof. dr. sc.Tomislav Jurić, predsjednik

2. doc. dr. sc. Ivan Plaščak, mentor

3. izv. prof. dr. sc. Mladen Jurišić, član

Rad je pohranjen u: Knjižnica Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, Sveučilištu u Osijeku, Vladimira Preloga 1

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek **Graduate thesis**

Faculty of Agriculture

University Graduate Studies, course Mehanization

IMPACT OF WORKING SPEED OF MACHINE ON PRODUCED VIBRATIOS THAT AFFECT THE PLANTER BODY

Hrvoje Havrda

Summary: The exploration is an exploitation type, the measurements performed during the execution of an agrotechnical operation. Measurements of vibrations produced by the body of the handler by x, and z axis were investigated during the agro-chemical plantation of tobacco planting. The first measurement was 1.65 km / h, the second at 1.85 km / h, and the third at a speed of 2.05 km / h. The survey was conducted on private agricultural land in Ramanovci. The measurement was performed so that for each individual operation speed (1.65 / 1.85 / 2.05 km / h) of the vibration measured for each individual seat, the duration of one measurement was 3 minutes, each measurement being repeated 3 times. According to the measured values during 3 repetitions, the mean value was calculated, which was further used in the work. All three measurements were carried out on the same day, July 5, 2016, and the temperature of that day was 30 ° C and the relative humidity 63%. Next, the other three measurements are identical to those already stated on ,June 10, 2017. In tobacco planting, in order to obtain accurate data in two different measurements on differently prepared surfaces. Temperature is 24 ° C, relative humidity 59%. All measurements were performed in accordance with HRN ISO 2631-1 and HRN ISO 2631-4 norms applicable to normal health people exposed to linear vibrations at their x, y and z axis. The best method in HRN ISO 2631-1 is measurement at the seat.Measurements while the operator is in the sitting position. The seat in this case represents a direct contact point between the vehicle structure and the operator. The measuring device was placed on a seat where the operator is directly seated.

Thesis performed at: Faculty of Agriculture in Osijek

Mentor: Ivan Plaščak, PhD, Assistant Professor

Number of pages: 38

Number of figures: 14

Number of tables: 14

Number of references: 19

Number of appendices: -

Original in: Croatian

Key words: impact speed, tractor, saddle, ergonomics, vibration

Thesis defended on date:

Reviewers:

1.Tomislav Jurić, PhD, Full professor, president

2. Ivan Plaščak, PhD, Assistant professor, mentor

3. Mladen Jurišić , PhD Associate professor, member

Thesis deposited at: Library, Faculty of Agriculture in Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1