Brzina gibanja i agrotehnička operacija kao čimbenici pojave vibracija koje utječu na sustav ruka -šaka rukovatelja poljoprivrednog traktora

Majstorović, Saša

Master's thesis / Diplomski 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:151:061414

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

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Saša Majstorović, apsolvent

Diplomski studij Mehanizacije

BRZINA GIBANJA I AGROTEHNIČKA OPERACIJA KAO ČIMBENICI POJAVE VIBRACIJA KOJE UTJEČU NA SUSTAV RUKA – ŠAKA RUKOVATELJA POLJOPRVIREDNOG TRAKTORA

Diplomski rad

Osijek, 2018.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Saša Majstorović, apsolvent

Diplomski studij Mehanizacije

BRZINA GIBANJA I AGROTEHNIČKA OPERACIJA KAO ČIMBENICI POJAVE VIBRACIJA KOJE UTJEČU NA SUSTAV RUKA – ŠAKA RUKOVATELJA POLJOPRVIREDNOG TRAKTORA

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu završnog rada:

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

Osijek, 2018.

Sadržaj

1.Uvod 2

2. Pregled literature 3

3.Materijali i metode 9

5.Rezultati i rasprava 19

6.Zaključak 31

7.Popis literature: 32

8. Sažetak 35

9. Summary 36

10. Popis tablica 37

11. Popis slika 38

12. Popis grafikona 39

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA 40

BASIC DOCUMENT CARD 41

1.Uvod

Tijekom svakodnevnih aktivnosti, rukovatelji poljoprivrednim strojevima izloženi su brojnim negativnim utjecajima. Osim tjelesnih napora, loših vremenskih uvjeta, nepovoljne mikroklime, raznih zagađenja (prašina, sredstava za zaštitu bilja), visoke ili niske temperature, buke i ergonomski neodgovarajućih kontrola, vibracije su također značajan štetni čimbenik (Cvetanović i Zlatković, 2013.).

Vibracije nastaju kao posljedica rada motora samog traktora, a u interakciji sa neravninama na terenu. Cijelo vozilo je tijekom radnih uvjeta izloženo složenim oscilacijskim procesima koji se od motora preko transmisije i šasije prenose do kabine i dalje preko poda sjedala i radnih komandi do tijela rukovatelja (Cvetanović, 2015.).

Isti autor navodi da štetno djelovanje vibracija naročito je izraženo kod starijih traktora kod kojih ne postoji efikasan sustav amortizacije vibracija i udaraca jer su pravljeni bez kvalitetnih sustava elastičnog oslanjanja kakvi se, inače, ugrađuju u suvremene modele traktora.

Sa gledišta ergonomskih zahtjeva poljoprivrednih traktora, jedan od bitnih parametara koji negativno utječu na rukovatelje su vibracije. Njihov utjecaj zavisi od intenziteta, karaktera, razine ubrzanja u odnosu na pravokutni koordinatni sustav, načina i stupnja prigušenja i dr. Djelovanje oscilacija kojima je izložen rukovatelj traktora, može djelovati vrlo štetno, izazivajući ne samo brzo zamaranje ljudskog organizma, već duže kontinuirano izlaganje može izazvati različite kronične bolesti (Petrović, 2005.).

Cvetanović i sur. (2017.) ukazuju da su izmjerene razine vibracija kod starijih modela traktora IMT štetne za rukovatelja. Treba uzeti u obzir da govorimo o traktorima koji imaju 40 godina te da su proizvedeni kada se ergonomski zahtjevi nisu ni su provodili kao danas.

Vibracije koje djeluju na ljude, bez obzira na izvor vibracija, mogu se podijeliti u dvije grupe: vibracije trupa (eng. Whole body vibration) i vibracije ruka – šaka (eng. Hand arm vibration). Djelovanje ovih vibracija je po prirodi i po zdravstvenim efektima za rukovatelja potpuno različito te se zato odvojeno proučavaju (Cvetanović i Jovanović, 2013.).

2. Pregled literature

Poljoprivredni traktori identificirani su kao opasni strojevi s aspekta vibracija na rukovatelja. Postoji rizik i za one rukovatelje koji su izloženi vibracijama jedan sat dnevno. Postoji mnogo negativnih medicinskih efekata koji su rezultat izloženosti rukovatelja vibracijama. Kod kratkotrajnog utjecaja vibracija, simptomi su kratko disanje, mučnina i gubitak ravnoteže, dok dugotrajno izlaganje uzrokuje poremećaje u psihometrijskim, fiziološkim i psihološkim sustavima. Iako su poznati svjetski proizvođači posvećeni smanjenju vibracija, većina svjetskih traktora stari su 20 i više godina i ne zadovoljavaju osnovne ergonomske zahtjeve. Ovdje su posebno vidljivi učinci vibracija. Zbog toga je važno mjeriti stope vibracija konstantno, ocijeniti ih i utvrditi rizik za sigurnost rukovatelja. Utvrđeno je da među različitim operacijama odabranim za studiju razina brzine vibracija u ruci je varirala od 4,1 do 3,1 m/s^2 (Savta i Jain,2016.).

Vibracije koje su prisutne prilikom vožnje nastaju zbog rada motora ili zbog neravnina na površini po kojoj se vozilo giba. Izlaganje vibracijama je podijeljeno u dvije kategorije, ovisno o načinu prenošenja na rukovatelja:

- Vibracije trupa, koje se obično prenose na rukovatelja preko sjedala ili poda vozila
- vibracija ruka – šaka koje se prenose preko ruku rukovatelja preko ručica ili kola upravljača (Carlsson,2017.).

Obavljeno je istraživanje o utjecaju vibracija na sustav ruka šaka rukovatelja poljoprivrednim traktorom na traktorima snage 40-50 kW. Te na temelju rezultata mjerenja, sasvim je sigurno da se razina ubrzanja vibracija koje se prenose s upravljača do sustava ruka – šaka uzrokuju bljedilo prstiju u 10% izloženih osoba nakon manje od 2 godine. Stoga je nužno da osobe odgovorne za zaštitu zdravlja i sigurnost na radu poduzmu preventivne mjere. Pretpostavlja se da su opasnosti od vibracija smanjene ako se izbjegnu kontinuirane izloženosti vibracijama tijekom dužeg razdoblja (Shelke i sur. 2017.).

Istraživanje o utjecaju vibracija provedeno je na 10 traktora proizvedenih od 1980 do 2013 te ukazuje da je tlak u pneumaticima veoma bitan kod mjerenja vibracija. Vrijednosti ubrzanja vibracija mogu se smanjiti na sigurno 0,5 m/s^2odabirom odgovarajućeg tlaka u pneumaticima. Rezultati mjerenja vibracija na trup rukovatelja tijekom oranja pokazuju da

vrijednosti ubrzanja vibracija variraju od 0,96 m/s^2 do 1,48 m/s^2, što znači da je radna vrijednost od 0,5 m/s^2 bila prekoračena kod svih traktora tijekom 8 sati rada. Ni u jednom slučaju granična vrijednost djelovanja vibracija na sustav ruka – šaka nije prekoračena (Butkus i Vasiliauskas 2016.).

Butkus i Vasiliauskas (2017.) navode da su buka,vibracije ruka - šaka i vibracije trupa rukovatelja glavni čimbenici rizika za zdravlje ljudi u različitim sektorima gospodarske aktivnosti uključujući poljoprivredu. Radnici poljoprivrednog sektora obično su pod povećanim rizikom jer je njihova izloženost ovim čimbenicima rizika obično veća od 8 sati. Štoviše, većina poljoprivrednih aktivnosti povezana je s procesima koji uključuju višestruku opremu i strojeve, koji su proizvođači navedenih stvari.

Isti autori ukazuju da se taj problem može naglasiti statističkim podacima Državnog inspektorata rada Republike Litve. Bolesti registrirane za radnike na farmama, poljoprivredne i šumarske djelatnike čine 16% svih registriranih u Litvi. Četiri od pet profesionalnih bolesti koje su registrirane u Litvi odnose se na vibracije i buku (muskuloskeletni (66%) i gubitak sluha (13%) te raste tendencija tijekom proteklih godina. Nadalje, iste tendencije zahtijevaju dublju analizu buke i vibracija izloženosti radnika na poljoprivrednim gospodarstvima.

Balambica i sur. (2017.) su obavili istraživanje o utjecaju vibracija na sustav ruka – šaka rukovatelja na traktoru snage 56 kW. Vibracije na traktoru su izmjerene te je razina vibracija bila mnogo veće od vrijednosti preporučene u direktivi (44/2002./ EC). Maksimalne vibracije od 17,8 m/s^2 su izmjerene su na kolu upravljača prilikom 2000 okr/min.

Na kolu upravljača vozila postoji određena razina vibracija, ali prekomjerne vibracije će uzrokovati zamor rukovatelja. Stoga je potrebno proučiti izolaciju vibracija upravljača. U cilju problema vibracija upravljača, teorijski eksperimentalno napravljeno je istraživanje sa izolatorom izrađenim od metalno – gumenog materijala sa suhim trenjem postavljenim između upravljača i izmjenjivača. Analizom dobivenih rezultata uočeno je prigušenje i smanjenje amplitude vibracija, pogotovo kada se motor rotira velikom brzinom (Zhang, 2018.).

Traktor je vozilo visokog okretnog momenta pri malim brzinama, te pri gibanju dolazi do vibracija na kolu upravljača. Traktor „MAHINDRA 575“ snage 45 konjskih snaga, na kojem je provedeno istraživanje pokazao je visoku razinu vibracija. Otkriveno je da rezonancija predstavlja primarni uzrok vibracija. Utvrđena je vrijednost vibracija na kolu upravljača oko 3,3 m/s^2, te je nakon upotrebe izolacijskih materijala smanjena je na 2,7 m/s^2(Shinde,2016.).

Utvrđeno je da izloženost vibracijama imaju značajan utjecaj na zdravlje radnika. Prekomjerna izloženost vibracijama dovodi do pojave vibracijskog sindroma ruka – šaka. Različiti parametri kao što su snaga držanja, kut, frekvencija, rezonancije te promjer ručke značajno utječu o količini vibracija koje utječu na sustav ruka – šaka. Upotrebom svih ovih parametra trebalo bi se iskoristiti za razvijanje odgovarajuće tehnike rukovanja te dizajna samog alata (Saha i Kalra, 2016.).

Pekići sur. (2016.) navode u istraživanju kako izloženost vibracijama različite frekvencije dovodi do oštećenja tkiva na celularnoj razini. Vibracijska ozljeda moguća je u različitim zanimanjima i profesionalnim okruženjima kao npr. u građevinarstvu, industriji i sl. Ona može biti reverzibilna i ireverzibilna što je čest slučaj s neurološkim aspektom vibracijskog sindroma. Sindrom vibracija ruka – šaka (Hand-Arm Vibration Syndrome - HAVS) termin je kojim se skupno nazivaju simptomi i znakovi na gornjem ekstremitetu kod osoba izloženih vibracijskim alatima ili uređajima. Vibracijske ozljede dijele se u tri skupine:

- Neurološki poremećaji prezentiraju se najčešće trncima, i utrnulošću šaka i prstiju. Nakon nekog vremena to prerasta u nedostatak osjeta i poremećaj motorike. Neurološko vibracijsko oštećenje kada se potpuno razvije postaje ireverzibilno i uvelike umanjuje radnu sposobnost zbog izostanka motoričke kontrole i nemogućnosti obavljanja i finih pokreta.
- Vaskularno vibracijsko oštećenje događa se na razini kapilara u kojima dolazi do vazokonstrikcije. Na isti način moguće su trombotske promjene i u venskom sustavu. To dovodi do bljedila prstiju (slika 1) ili dijelova šake kod izlaganja hladnoj okolini što odgovara sekundarnom Raynaudovom sindromu. U fazi vazospazma dolazi i do poremećaja osjeta i utrnulosti u zahvaćenom području, a nakon oporavka cirkulacije u istim regijama javlja se nelagoda pa čak i bol. Poznato je iz literature i kliničkih opažanja da je vibracijska ozljeda povezana s

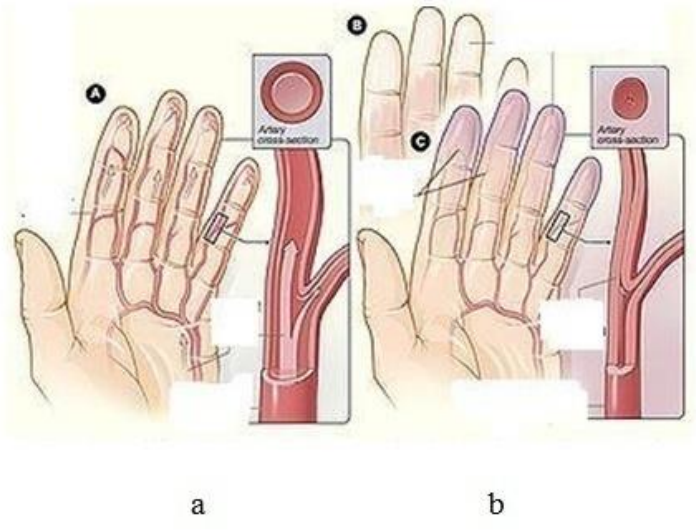
trombozom arterija te se danas preporuča kao jedna od dijagnostičkih pretraga kod dokazivanja HAVS-a.

- Muskuloskeletni poremećaj uzrokovan vibracijom može uključivati tendinitis, artritis i promjene u mišićnim vlaknima. Rezultat tih promjena može dovesti do smanjenja grube snage te boli i redukcije pokretljivosti u zglobovima šake.



Slika 1:Bljedilo prstiju (Raynaudov sindrom)

Izvor: (url 1.)



Slika 2: Prikaz utjecaja vibracija na ruke rukovatelja

Izvor: (url 2)

Slika 2 prikazuje utjecaj vibracija na krve žile rukovatelja:

a) Prikaz normalnih krvnih žila prstiju
b) Prikaz promjena na krvnim žilama i prstima rukovatelj

Vihlborg i sur. (2017.) navode da je rad s vibrirajućim alatima uobičajen u mnogim industrijama. Izloženost vibracijama ruka – šaka povezano je s rizikom ozljede ruku u obliku: Vaskularnih poremećaja, oštećenja živaca i mišićno-koštanog sustava.

Isti autori u svojoj studiji ukazuju da 21% ispitanih radnika ima ozljede uzrokovane vibracijama i naglašavaju važnost zdravstvenih kontrola osoblja prema važećem zakonodavstvu. Ako se radi o medicinskim istraživanjima koja se redovito izvode, po mogućnosti svake tri godine, tada se može otkriti većina ranih znakova oštećenja od vibracija, što omogućuje izbjegavanje pogoršanja problema. Važan nalaz iz ove studije bio je da je većina radnika s sindromom vibracija ruka – šaka imali su medicinski izlječive simptome,kao što je sindrom karpalnog tunela.

Kontrola suzbijanja korova jedan je od najvažnijih problema u sektoru održavanja poljoprivrednih i zelenih površina. Mali alati (trimeri) koriste se za održavanje trave i drugih usjeva na strmim rubovima i obalama rijeke. To dovodi do toga da rukovatelji budu izloženi mnogim rizicima među kojima su i vibracije. Svrha ove studije je mjerenje i vrednovanje vibracija ruka - šaka i provjeru dnevne izloženosti kojoj su radnici često izloženi za vrijeme obavljanja rada. Dobiveni rezultati pokazali su da je vrijednost od 2,5 m/s^2bila prekoračena tijekom upotrebe noža za rezanje trave i tijekom uporabe glave sa plastičnom strunom,ali dnevna granična vrijednost od 5 m/s^2 ni u jednom slučaju nije premašena (Bernardi i sur. 2018.).

Fabbri i sur. (2017.) su proveli istraživanje na jednoosovinskim traktorima te su utvrdili sljedeće. Jednoosovinski traktori imaju određene prednosti nad ostalim poljoprivrednim proizvodima strojeva, kao što je cijena i jednostavna uporaba, međutim rukovatelj je izložen visokoj razini prenesenih vibracija od ručke do sustava ruka - šaka te do ramena. Vibracije izazivaju nelagodu i dolazi do prijevremenog umora operatora.

Lyashenko i sur. (2016.) utvrdili su pomoću računalnih i eksperimentalnih istraživanja da je zaštita od prenošenja vibracije na traktorsku kabinu značajno bolja sa dinamičkim prigušivačima. Praktično na svim podlogama kretanja agregata, ova vrsta ovjesa osigurava

bolju zaštitu od vibracija do radnog mjesta operatora, od suspenzije s standardnim gumenim vibroizolatorima. Tako su izgledi za primjenu dinamičkih vibroizolatora u suspenziji vibracija pozitivni.

Cilj istraživanja je utvrditi razinu vibracija koja utječe na sustav ruka – šaka rukovatelja poljoprivrednog traktora u odnosu na različite brzine gibanja pri radu malčera , raspršivača i bočne freze. Hipoteza je da će se količina vibracija povećati pri većoj brzini gibanja od optimalne.

3. Materijali i metode

Istraživanje je obavljeno na obiteljskom poljoprivrednom gospodarstvu „Majstorović“. Koje je smješteno u mjestu Duzluk u neposrednoj blizini grada Orahovice. Gospodarstvo se bavi se uzgojem lješnjaka, konzumne šljive i oraha, a proizvodnja se odvija na površini nešto većoj od 2 ha. Mjerenje je obavljeno uređajem za mjerenje mehaničkih vibracija MMF VM30-H (slika 3.) s senzorom za mjerenje vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka rukovatelja tijekom gibanja traktora. Traktor se gibao sa tri različite brzine, na tri agrotehničke operacije sa tri stroja:

- malčer (slika 4): 1 km/h, 2 km/h, 3 km/h;
- raspršivač (slika 5): 2 km/h, 3 km/h, 4km/h i
- bočna freza (slika 6): 1 km/h, 2 km/h, 3 km/h).



Slika 3: Uređaj za mjerenje mehaničkih vibracijaMMF VM30-H

Izvor: (vlastita fotografija)

Mjerenje vibracija koje se prenose sa kola upravljača na sustav ruka - šaka rukovatelja obavljeno je 03.svibnja 2018. godine pri temperaturi zraka od 27°C. Prvo je obavljeno

mjerenje vibracija pri radu sa malčerom a zatim raspršivačem i bočnom frezom. Prije obavljanja ispitivanja provjeren je tlak zraka u pneumaticima. Na prednjim pneumaticima tlak zraka iznosio je 1,8 bara, a na stražnjim 1,5 bara.



Slika 4: Malčer

Izvor: (vlastita fotografija)



Slika 5: Raspršivač

Izvor: (vlastita fotografija)



Slika 6: Bočna freza

Izvor: (vlastita fotografija)



Slika 7: Pokusna traka

Izvor : (vlastita fotografija)

Svako mjerenje ponovljeno je tri puta, a pokusna traka (slika 7) je iznosila 150m. Istraživanje je obavljeno na traktoru proizvođača „IMT“tipa „539“ (slika 8) traktor se prije ispitivanja većinom koristio za obavljanje sličnih agrotehničkih operacija.



Slika 8: Traktor „ IMT 539“

Izvor : (vlastita fotografija)

Tehničke karakteristike strojeva:

Osnovne tehničke karakteristike traktora „IMT 539“ (Priručnik za rukovanje i održavanje traktora IMT 539)

- Godina proizvodnje: 1987
- Širina traktora: 1625mm
- Ukupna dužina: 2972 mm
- Ukupna visina: 1372mm
- Razmak između osovina: 1830
- Visina poteznice: 502 mm
- Ukupna težina: 1440 (kg)
- Radna zapremina: 2500 m^3
- Zapremina rezervoara: 35 (l)
- Broj cilindara: 3
- Stupanj kompresije:17, 4:1
- Snaga motora na zamašnjaku pri 2000 min^{-1}: 28,7kW
- Snaga motora na priključnom vratilu pri 2000 min^{-1}: 26,5 kW
- Maksimalni okretni moment pri 1300 min^{-1}: 15,3 daNm

Osnovne tehničke karakteristike malčera Gramip GS 45 – 160 (Uputstva za upotrebu)

- Godina proizvodnje: 2011
- Radni broj okretaja: 540 o/min
- Vanjska širina: 1730 mm
- Radna širina:1600 mm
- Težina: 281 kg
- Broj radnih organa (čekića): 24
- Potrebna snaga traktora: 34 – 55 ks
- Max. debljina usitnjavanja: do 3,5 cm

Osnovne tehničke karakteristike raspršivača Agromehanika (Nošeni traktorski raspršivači AGP 100- 500 Uputstva za upotrebu)

- Godina proizvodnje: 2010
- Tip raspršivača: AGP
- Model: 440 U

- Zapremina spremnika: 440 (l)
- Masa stroja: 188 kg
- Prečnik ventilatora (mm) Ø: 825
- Ukupan broj mlaznica: 10
- Količina zraka (m^3/h) * 1000: 15 – 45
- Izlazna brzina (m/s): 12 – 38
- Broj okretaja ventilatora: 1500
- Tip crpke: BM 65/30
- Širina (cm): 120
- Visina (cm): 140
- Dubina (cm): 133
-

Osnovne tehničke karakteristike bočne freze

- Radna širina (cm): 80
- Ukupna širina (cm): 215
- Radni broj okretaja: 540 o/min
- Masa stroja: 180 kg
- Broj radnih organa: 5

Istraživanje je obavljeno u skladu s normama HRN ISO 5349 – 1 i HRN ISO 5349 – 2.

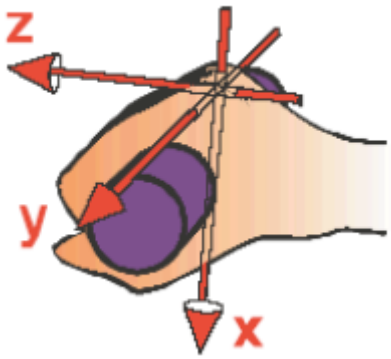
HRN ISO 5349 – 1 specificira opće uvjete za mjerenje i izvješćivanje prenošenja vibracije ruka – šaka u tri ortogonalne osi. Ona definira frekvencije vrednovanja i ograničava filtre te omogućava ujednačenu usporedbu mjerenja. Razina vibracija iskazuje se akceleracijom ponderiranom s obzirom na frekvenciju, izmjerenom na površini ručke alata ili predmetu rada, koji su u izravnom doticaju sa šakom, a mjerna jedinica u kojima se ista izražava jesu metri po sekundi na kvadrat (m/s^2). Dobivene vrijednosti mogu se koristiti za predviđanje negativnih učinaka ručno prenesenih vibracija preko frekvencijskog područja koje pokriva u oktavama od 8 Hz do 1 000 Hz.

Vibracije u tri smjera ponajprije treba istodobno mjeriti. Mjerenja napravljena istovremeno zajedno za svaku od tri osi su prihvatljiva, pod uvjetom da su radni uvjeti slični za sva tri mjerenja. Mjerenja moraju biti napravljena na vibrirajućoj površini što je bliže moguće izvoru vibracija.

Senzor za mjerenje vibracija naziva se akcelerometar. Akcelerometar je uređaj za mjerenje akceleracije tijela u navigaciji, aeronautici, seizmologiji; upotrebljava se i za ispitivanje vibracija, udaraca i slične svrhe. Pri mjerenju se kućište akcelerometra učvršćuje na tijelo kojemu se mjeri ubrzanje. Ono se obavlja posredno, mjerenjem inercijske sile, koja, pri ubrzavanju tijela, djeluje na referentnu masu u akcelerometru. (url 3.)

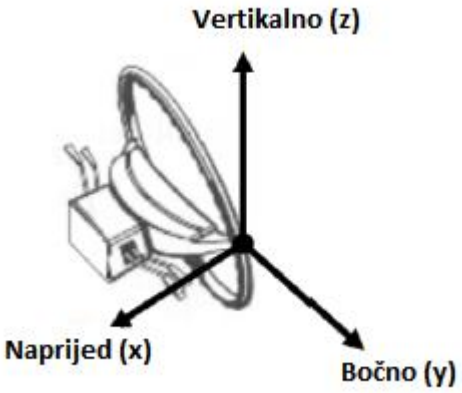
Rukovatelj je tijekom gibanja traktora izložen vibracijama u smjeru x, y i z osi (slika 9). Senzor za mjerenje vibracija je bio postavljen u skladu sa normom HRN ISO 5349 – 2, (slika 11.) isti je bio pričvršćen za kolo upravljača pomoću plastičnih vezica (slika 12.). Tijekom istraživanja ruke rukovatelja su bile u klasičnom položaju na kolu upravljača (slika 13.)

- 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) (HRN ISO 2631 – 1).



Slika 9: Prikaz osi kojima je rukovatelj izložen

Izvor: EU vodič dobre prakse: Vibracije koje se prenose na šake i ruke



Slika 10: Prikaz osi na kolu upravljača

Izvor: (Çankaya S., Koyuncu A., Balaban M. (2016): Steering wheel idle vibration improvement on tractor.Sigma Journal Engineering and Natural Sciences. 91 – 103)



Slika 11: Senzor za vibracije

Izvor: (vlastita fotografija)

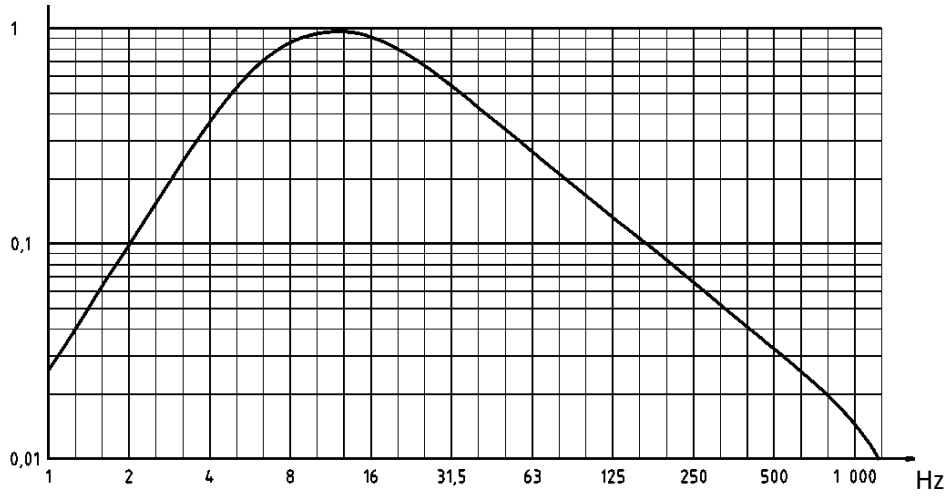


Slika 12: Položaj ruku na kolu upravljača

Izvor: vlastita fotografija

Prema europskoj direktivi 44/2002/EC određene su dnevne izloženosti vibracijama za sustav ruka – šaka rukovatelja:

- dnevna upozoravajuća vrijednosti izloženosti iznosi 2,5 m/s^2
- dnevna granična vrijednost iznosi 5 m/s^2



Slika 13: Težinski filter (Wh) za sustav ruka šaka

Težinski filter Wh koristi se za mjerenje vibracija koje utječu na sustav ruka šaka rukovatelja prema standardu HRN ISO 5349-1 (slika 13)

Formula za računanje dnevne izloženosti vibracijama izražava se kao osmosatna izloženost.

$$A(8) = a_{hv}\sqrt{\frac{T}{To}}$$

Gdje je:

T - je ukupno dnevno trajanje izloženosti vibracijama

To - je referentno trajanje od 8 h (28 800 s).

5.Rezultati i rasprava

Nakon što je provedeno istraživanje o utjecaju vibracija na sustav ruka – šaka rukovatelja poljoprivrednim traktorom pri različitim agrotehničkim operacijama (malčer, raspršivač, bočna freza) te različitim brzinama, dobiveni podaci su prikazani u sljedećim tablicama. U tablicama su prikazane vrijednosti u smjeru x, y i z te je izračunata srednja vrijednost.

Tablica1: Izmjerene razine vibracija u radu sa malčerom pri brzini od 1km/h

Brzina	Ponavljanje	x	y	z
1 km/h	1.	1,20m/s^2	1,50m/s^2	1,80m/s^2
	2.	1,30m/s^2	1,40m/s^2	1,90m/s^2
	3.	1,60m/s^2	1,30m/s^2	2,30m/s^2
Srednja vrijednost		1,37m/s^2	1,40m/s^2	2,00m/s^2

U tablici 1. prikazane su izmjerene vrijednosti za proizvedenu razinu vibracija koje utječu na sustav ruka – šaka rukovatelja prilikom rada sa malčerom brzinom od 1 km / h. U tablici je izračunata i srednja vrijednost. Najveće izmjerene vrijednosti vibracija u radu sa malčerom pri brzini vozila od 1 km/h su:

- Za x os 1,60m/s^2
- Za y os 1,50m/s^2
- Za z os 2,30m/s^2

Tablica 2: Izmjerene razine vibracija u radu sa malčerom pri brzini od 2km/h

Brzina	Ponavljanje	x	y	z
2 km/h	1.	1,20 m/s^2	1,70 m/s^2	2,80 m/s^2
	2.	1,20 m/s^2	1,70 m/s^2	2,30 m/s^2
	3.	1,10 m/s^2	1,90 m/s^2	2,20 m/s^2
Srednja vrijednost		1,17 m/s^2	1,77 m/s^2	2,43 m/s^2

U tablici 2. prikazane su izmjerene vrijednosti za proizvedenu razinu vibracija koje utječu na sustav ruka – šaka rukovatelja prilikom rada sa malčerom brzinom od 2 km/h. U tablici

je izračunata i srednja vrijednost. Najveće izmjerene vrijednosti vibracija u radu sa malčerom pri brzini vozila od 2 km/h su:

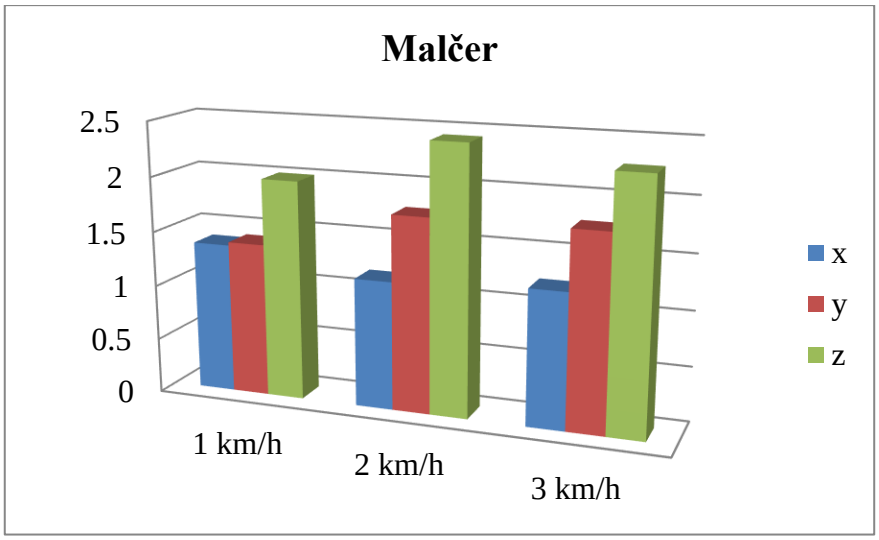
- Za x os 1,20m/s^2
- Za y os 1,90m/s^2
- Za z os 2,80m/s^2

Tablica 3: Izmjerene razine vibracija u radu sa malčerom pri brzini od 3km/h

Brzina	Ponavljanje	x	y	z
3 km/h	1.	1,30m/s^2	1,60 m/s^2	2,70 m/s^2
	2.	1,50m/s^2	1,90 m/s^2	2,60 m/s^2
	3.	0,90m/s^2	1,80 m/s^2	1,50 m/s^2
Srednja vrijednost		1,23m/s^2	1,77 m/s^2	2,27 m/s^2

Izmjerene vrijednosti za proizvedenu razinu vibracija koje utječu na sustav ruka – šaka rukovatelja prilikom rada sa malčerom brzinom od 3 km/h. U tablici je izračunata i srednja vrijednost (tablica 3). Najveće izmjerene vrijednosti vibracija u radu sa malčerom pri brzini vozila od 3 km/h su:

- Za x os 1,20m/s^2
- Za y os 1,90 m/s^2
- Za z os 2,80 m/s^2



Grafikon 1: Prikaz srednjih izračunatih vrijednosti vibracija pri radu malčerom

Grafikon 1 prikazuje srednje vrijednosti vibracija koje utječu na sustav ruka šaka rukovatelja u radu malčerom pri brzini kretanja od 1 km/h, 2km/h i 3 km/h u smjeru x, y i z osi. Najniže vibracije koje utječu na sustav ruka šaka rukovatelja u smjeru x osi izmjerene su pri brzini od 2 km/h, a u smjeru y i z osi pri brzini od 1 km/h. Najveće vibracije izmjerene su u smjeru x osi izmjerene su pri brzini od 1 km/h, a u smjeru y i z osi pri brzini od 2 km/h.

Tablica 4: Izmjerene razine vibracija u radu sa raspršivačem pri brzini od 2 km/h

Brzina	Ponavljanje	x	y	z
2 km/h	1.	0,90 m/s^2	1,80 m/s^2	1,50 m/s^2
	2.	1,20 m/s^2	1,80 m/s^2	1,90 m/s^2
	3.	1,30 m/s^2	1,70 m/s^2	2,80 m/s^2
Srednja vrijednost		1,13 m/s^2	1,77 m/s^2	2,07 m/s^2

Tablica 4. Prikazuje izmjerene vrijednosti za proizvedenu razinu vibracija pri radu raspršivačem brzinom od 2 km/h koje utječu na sustav ruka – šaka rukovatelja. U tablici je izračunata i srednja vrijednost. Najveće izmjerene vrijednosti vibracija u radu sa raspršivačem pri brzini vozila od 2 km/h su:

- Za x os 1,30m/s^2
- Za y os 1,80 m/s^2

- Za z os 2,80 m/s^2

Tablica 5: Izmjerene razine vibracija u rad sa raspršivačem pri brzini od 3 km/h

Brzina	Ponavljanje	x	y	z
3 km/h	1.	1,60 m/s^2	1,70 m/s^2	3,30 m/s^2
	2.	0,90 m/s^2	1,50 m/s^2	1,70 m/s^2
	3.	1,10 m/s^2	1,50 m/s^2	1,90 m/s^2
Srednja vrijednost		1,20 m/s^2	1,57 m/s^2	2,30m/s^2

Tablica 5. prikazuje izmjerene vrijednosti za proizvedenu razinu vibracija pri radu raspršivačem brzinom od 3 km/h koje utječu na sustav ruka – šaka rukovatelja. U tablici je izračunata i srednja vrijednost. Najveće izmjerene vrijednosti vibracija u radu sa raspršivačem pri brzini vozila od 3 km/h su:

- Za x os 1,60m/s^2
- Za y os 1,70 m/s^2
- Za z os 3,30 m/s^2

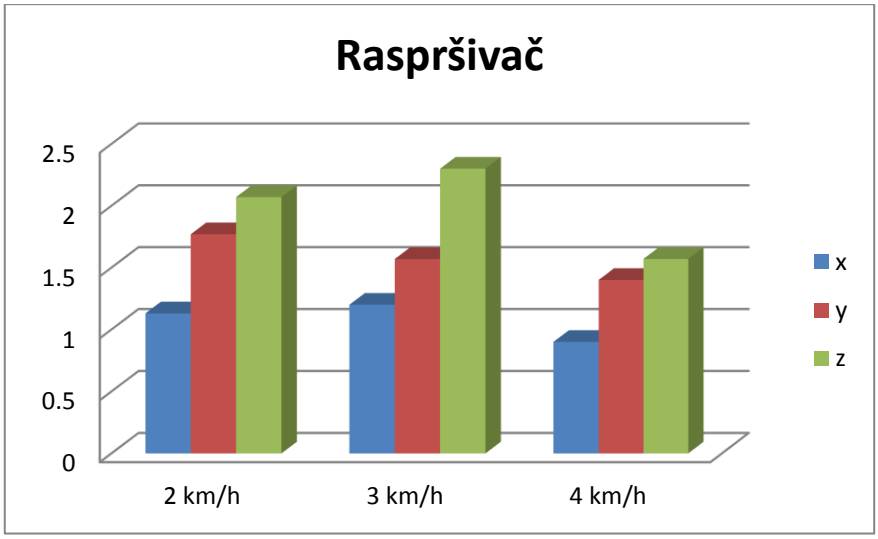
Tablica 6: Izmjerene razine vibracija u radu sa raspršivačem pri brzini od 4 km/h

Brzina	Ponavljanje	x	y	z
4 km/h	1.	1,00 m/s^2	1,40 m/s^2	1,50 m/s^2
	2.	1,00 m/s^2	1,50 m/s^2	1,90 m/s^2
	3.	0,70 m/s^2	1,30 m/s^2	1,30 m/s^2
Srednja vrijednost		0,90m/s^2	1,40m/s^2	1,57m/s^2

Tablica 6 prikazuje izmjerene vrijednosti za proizvedenu razinu vibracija pri radu raspršivačem brzinom od 4 km/h koje utječu na sustav ruka – šaka rukovatelja. U tablici je izračunata i srednja vrijednost. Najveće izmjerene vrijednosti vibracija u radu sa raspršivačem pri brzini vozila od 4 km/h su:

- Za x os 1,00m/s^2

- Za y os 1,50 m/s^2
- Za z os 1,90 m/s^2



Grafikon 2: Prikaz srednjih izračunatih vrijednosti vibracija pri radu raspršivačem

Grafikon 2 prikazuje srednje vrijednosti vibracija koje utječu na sustav ruka šaka rukovatelja u radu raspršivačem pri brzini kretanja od 2 km/h, 3km/h i 4 km/h u smjeru x, y i z osi. Najniže vibracije koje utječu na sustav ruka šaka rukovatelja izmjerene su pri brzini od 4 km/h u smjeru sve tri os (x, y i z). Najveće vibracije izmjerene su u smjeru z i x osi, pri brzini od 3 km/h, a u smjeru y osi pri brzini od 2 km/h.

Tablica 7: Izmjerene razine vibracija u radu sa bočnom frezom pri brzini od 1 km/h

Brzina	Ponavljanje	x	y	z
1 km/h	1.	5,00 m/s^2	5,10 m/s^2	5,30 m/s^2
	2.	6,30 m/s^2	6,30 m/s^2	6,10 m/s^2
	3.	5,60 m/s^2	5,80 m/s^2	5,60 m/s^2
Srednja vrijednost		5,63 m/s^2	5,73 m/s^2	5,67 m/s^2

Prikazane su izmjerene vrijednosti za proizvedenu razinu vibracija pri brzini od 1 km/h prilikom rada sa bočnom frezom, a utječu na sustav ruka – šaka rukovatelja (tablica 7.). U

tablici je izračunata i srednja vrijednost. Najveće izmjerene vrijednosti vibracija u radu sa bočnom frezom pri brzini vozila od 1 km/h su:

- Za x os 6,30m/s^2
- Za y os 6,30 m/s^2
- Za z os 6,10 m/s^2

Tablica 8: Izmjerene razine vibracija u radu sa bočnom frezom pri brzini od 2 km/h

Brzina	Ponavljanje	x	y	z
2 km/h	1.	6,80 m/s^2	7,30 m/s^2	6,90 m/s^2
	2.	7,00 m/s^2	7,20 m/s^2	6,90 m/s^2
	3.	6,90 m/s^2	7,50 m/s^2	6,70 m/s^2
Srednja vrijednost		6,90 m/s^2	7,33 m/s^2	6,83 m/s^2

Prikazane su izmjerene vrijednosti za proizvedenu razinu vibracija pri brzini od 2 km/h prilikom rada sa bočnom frezom, a utječu na sustav ruka – šaka rukovatelja (tablica 8.). U tablici je izračunata i srednja vrijednost. Najveće izmjerene vrijednosti vibracija u radu sa bočnom frezom pri brzini vozila od 2 km/h su:

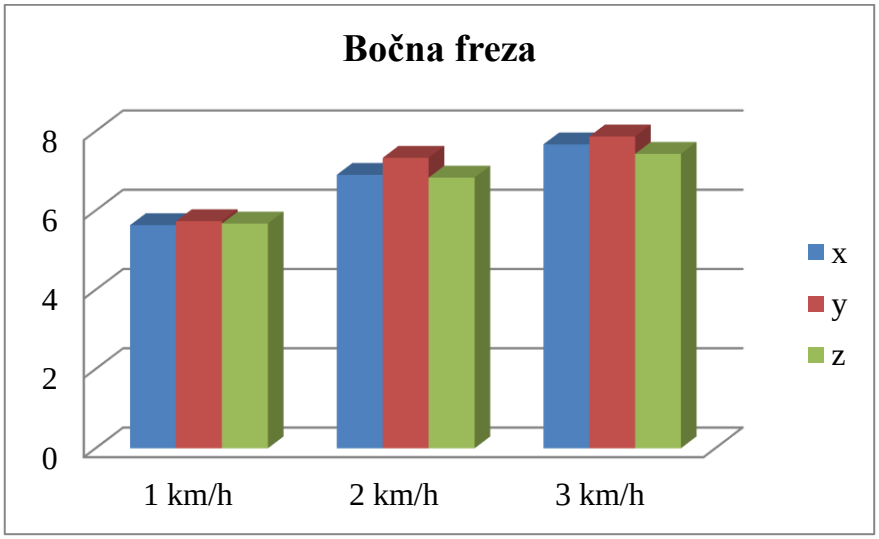
- Za x os 7,00m/s^2
- Za y os 7,50 m/s^2
- Za z os 6,70 m/s^2

Tablica 9: Izmjerene razine vibracija u rad sa bočnom frezom pri brzini od 3 km/h

Brzina	Ponavljanje	x	y	z
3 km/h	1.	7,60 m/s^2	7,90 m/s^2	7,50 m/s^2
	2.	7,80 m/s^2	7,80 m/s^2	7,40 m/s^2
	3.	7,60 m/s^2	7,90 m/s^2	7,40 m/s^2
Srednja vrijednost		7,67 m/s^2	7,87 m/s^2	7,43 m/s^2

Prikazane su izmjerene vrijednosti za proizvedenu razinu vibracija pri brzini od 3 km/h prilikom rada sa bočnom frezom, a utječu na sustav ruka – šaka rukovatelja (tablica 9). U tablici je izračunata i srednja vrijednost. Najveće izmjerene vrijednosti vibracija u radu sa bočnom frezom pri brzini vozila od 3 km/h su:

- Za x os 7,80m/s^2
- Za y os 7,90 m/s^2
- Za z os 7,50 m/s^2



Grafikon 3: Prikaz srednjih izračunatih vrijednosti vibracija pri radu bočnom frezom

Grafikon 3 prikazuje srednje vrijednosti vibracija koje utječu na sustav ruka šaka rukovatelja u radu bočnom frezom pri brzini kretanja od 1 km/h, 2 km/h i 3 km/h u smjeru x, y i z osi. Najniže vibracije koje utječu na sustav ruka šaka rukovatelja u smjeru sve tri os (x, y i z) izmjerene su pri brzini od 1 km/h. Najveće vibracije izmjerene su pri brzini od 3 km/h u smjeru sve tri os (x, y i z).

Çankaya i sur. (2016.)su proveli istraživanje na motoru sa tri cilindra te izračunata vrijednost za 8-satno razdoblje je iznad granice dnevne upozoravajuće vrijednosti izloženosti a iznosila je 2,95 m/s^2. Dnevna razina ekspozicije premašuje vrijednost djelovanja izloženosti i to znači da će se razina rizika za zdravlje povećati, ipak izmjerena razina vibracija ne prelazi dnevnu graničnu vrijednost od 5 m/s^2. Istražen je korijen uzroka

vibracija na kolu upravljača, a amplituda vibracija smanjena je na minimalnu razinu, kako ne bi premašila vrijednost izloženosti i projektirala više ergonomskih traktora. Istraživanje provedeno za zdravstvenu i sigurnosnu službu u Velikoj Britaniji sugerira da će većina rukovatelja poljoprivrednim vozila premašiti vrijednost izloženosti tijekom rada i prekoračiti dozvoljenu izloženost stvara potrebu za praćenjem zdravlja radnika koji su izloženi visokoj razini vibracija.

Tablica 10: Ispitivanje učinka između subjekata za x os

Zavisna varijabla: x os						
Izvor	Zbrojevi kvadrata	df	Prosječni kvadrat	F	Statistička značajnost	Djelomični kvadrat
Korigirani model	192,607[a]	8	24,076	274,282	0,000	0,992
Prekid	246,613	1	246,613	2809,519	0,000	0,994
Brzina	1,449	2	,724	8,253	0,003	0,478
Agrotehnička operacija	186,069	2	93,034	1059,886	0,000	0,992
Brzina* agrotehničke operacije	5,089	4	1,272	14,494	0,000	0,763
Greška	1,580	18	0,088			
Ukupno	440,800	27				
Ukupno korigirano	194,187	26				

Tablica 10. prikazuje standardno završnu tablicu analize varijance kojom je utvrđena statistički značajna razlika između srednjih vrijednosti x osi. Nadalje, u tablici je vidljivo da se utjecaj prve nezavisne varijable (brzina gibanja) pokazao statistički značajnim jer iznosi manje od 0,05, što znači da će se u 95% slučajeva podaci ponoviti. Dok je druga nezavisna varijabla (agrotehnička operacija) visoko signifikantna, što znači da će se u 99% slučajeva podaci ponoviti se. Interakcija brzine gibanja i agrotehničke operacije se isto pokazala visoko signifikantnom.

Tablica 11: Ispitivanje učinka između subjekata za y os

zavisna varijabla: y os						
Izvor	Zbrojevi kvadrata	df	Prosječni kvadrat	F	Statistička značajnost	Djelomični kvadrat
Korigirani model	180,693[a]	8	22,587	438,734	0,000	0,995
Prekid	312,120	1	312,120	6062,763	0,000	0,997
Brzina	2,602	2	1,301	25,273	0,000	0,737
Agrotehnička operacija	172,827	2	86,413	1678,532	0,000	0,995
Brzina* agrotehničke operacije	5,264	4	1,316	25,565	0,000	0,850
Greška	,927	18	0,051			
Ukupno	493,740	27				
Ukupno korigirano	181,620	26				

Analizom varijance je utvrđena statistički značajna razlika između srednjih vrijednosti u smjeru y os. Nadalje, u tablici je vidljivo da je utjecaj prve nezavisne varijable (brzina gibanja) i druge nezavisne varijable (agrotehnička operacija) visoko signifikantan, što znači da će u 99% slučajeva podaci ponoviti. Interakcija brzine gibanja i agrotehničke operacije se isto pokazala visoko signifikantnom. (tablica 11.)

Tablica 12: Ispitivanje učinka između subjekata za z os

Zavisna varijabla : z os						
Izvor	Zbrojevi kvadrata	df	Prosječni kvadrat	F	Statistička značajnost	Djelomični kvadrat
Korigirani model	129,874[a]	8	16,234	69,797	0,000	0,969
Prekid	353,529	1	353,529	1519,951	0,000	0,988
Brzina	1,934	2	,967	4,158	0,033	0,316
Agrotehnička operacija	123,903	2	61,951	266,352	0,000	0,967
Brzina* agrotehničke operacije	4,037	4	1,009	4,339	0,012	0,491
Greška	4,187	18	0,233			
Ukupno	487,590	27				
Ukupno korigirano	134,061	26				

Analizom varijance je utvrđena statistički značajna razlika između srednjih vrijednosti u smjeru z osi. Nadalje, u tablici je vidljivo da se utjecaj prve nezavisne varijable (brzina gibanja) pokazao statistički značajnim jer iznosi manje od 0,05, što znači da će se u 95% slučajeva podaci ponoviti. Dok je druga nezavisna varijabla (agrotehnička operacija) visoko signifikantna , što znači da će se u 99% slučajeva podaci ponoviti se. Interakcija brzine gibanja i agrotehničke operacije se isto pokazala visoko signifikantnom. (tablica 12)

Prema podacima Hrvatskog zavoda za zdravstveno osiguranje, najčešće dijagnosticirane profesionalne bolesti u Republici Hrvatskoj su bolesti izazvane štetnim djelovanjem vibracija, te oštećenja sluha uzrokovana djelovanjem buke. Kako se ovi službeni podaci odnose samo na zaposlene radnike, uz ostalo i na radnike u poljoprivredi, za pretpostaviti je da se i kod članova poljoprivrednih gospodarstava pojavljuju navedene bolesti. Štetne vibracije u poljoprivredi nastaju na samohodnim poljoprivrednim strojevima kao što su traktori i dr., pri upravljanju kojima se na osobu koja sjedi i rukama drži upravljač prenose sve vibracije stroja. (Fabijanić, 2010.)

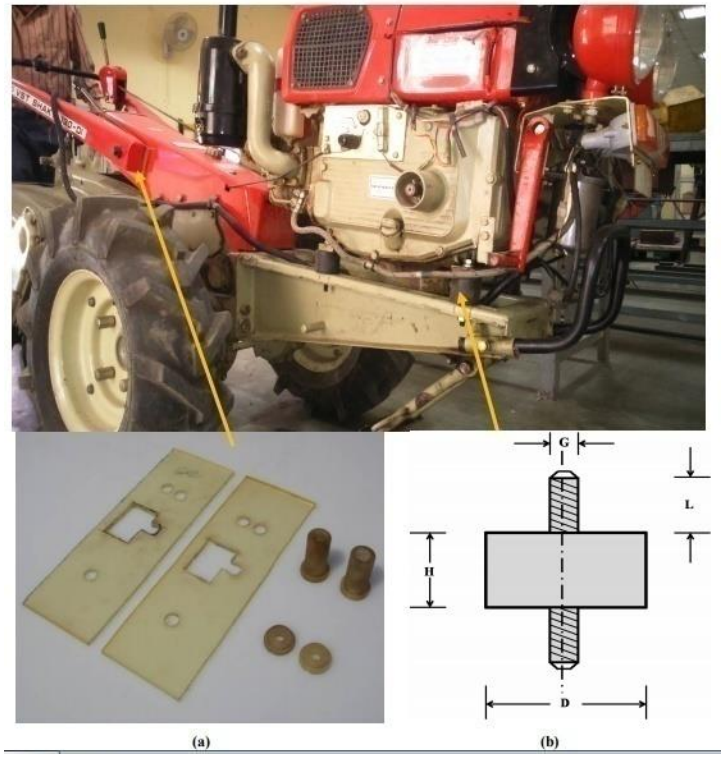
Barač i sur. (2017.) su proveli istraživanje na traktoru proizvođača Landini tipa Powerfarm 100 pri radu sa malčerom i raspršivačem . Najviše izmjerene vrijednosti vibracija (u smjeru sve tri osi) koje se prenose sa upravljača na sustav ruka-šaka rukovatelja izmjerene u

trećem ponavljanju pri oba agrotehnička zahvata. Izmjerene vrijednosti vibracija (u smjeru sve tri osi) koje utječu na sustav ruka- šaka rukovatelja bile su najviše tijekom rada s malčerom. Izmjerene vibracije pri radu raspršivača i malčera na različitim površinama ne prelaze granične vrijednosti od 5 m/s^2 te neće imati negativnih utjecaja na sustav ruka – šaka rukovatelja.

Chaturvedi i sur. (2016.) su proveli istraživanje na jednoosovinskim traktorima (motokultivatorima). Istraživanje je usmjereno ka smanjenju vibracija koje se prenose na rukovatelja . U ovom su istraživanju odabrane dvije operacije (stajanje i transport) i tri brzine (1,0, 1,5 i 2,0 km/h). Najveće izmjerene vibracije su bili pri brzini gibanja od 2 km/h. Prilikom stacionarnog moda vibracijske magnitude u x, y i z smjeru iznosile su 5.83, 1.37 i 2.36 m/s^2, dok su veličine prilikom transporta bile 6,81, 1,49, 2,82 ms-2 u x, y i z smjeru pri 2,0 km/h

Isti autori navode da su zbog toga ugradili nosače motora koji smanjuju vibracije. Prijenos vibracija dodatno se smanjio postavljanjem gumenih čahura između kućišta i upravljačke ploče (slika 13.). Izrada i ugradnja predloženih materijala je jednostavna i prilagodljiva za postojeće i nove strojeve. Upotrebom odgovarajućih nosača motora moguće je smanjenje vibracija do 70%

Smanjenje vibracija bilo je visoko u stacionarnom načinu rada od transportnog načina rada jer je u stacionarnom načinu rada vibracije proizlaze samo iz motora, dok kod transporta do vibracija dolazi i od motora i površinskih neravnina.



Slika 14: Jednoosovinski traktor

Izvor: (Chaturvedi V., Kumar A., Mishra I. M., Singh J. K, Sahoo R. N., Jha G. K., Lal S. B. (2016) Study on interventions to reduce vibration transmission to power tiller operator. Journal of Applied and Natural Science 8 (1): 265 – 272)

Vibracije koje se prenose putem sustava ruka – šaka mogu uzrokovati složene vaskularne, neurološke i mišićno-koštane poremećaje, zajednički nazivajući sindrom vibracija ruka - šaka. Lančana pila je prijenosni stroj, sa pogonom od dvotaktnog motora. Lančana pila izlaže vlastite operatore na visoku razinu vibracija ruka – šaka , što može dovesti do problema poput sindroma vibracije prstiju i Raynaudova sindroma. (url 4.)

6.Zaključak

Prilikom rada sa malčerom najniže srednje vrijednosti vibracija u smjeru x osi izmjerene su pri brzini od 2 km/h, a u smjeru y i z osi pri brzini od 1 km/h. Najveće srednje vrijednosti su u smjeru x osi izmjerene su pri brzini od 1 km/h, a u smjeru y i z osi pri brzini od 2 km/h. Iz dobivenih podataka vidljivo je da dnevna upozoravajuća vrijednost i granična vrijednost vibracija nisu premašene.

Najniže srednje vrijednosti vibracije koje su izmjerene u radu sa raspršivačem u smjeru x, y i z osi izmjerene su pri brzini od 4 km/h dok su najveće srednje vrijednosti za x i z izmjerene pri brzini od 3 km/h, a u smjeru y osi pri brzini od 2 km/h. Iz dobivenih podataka vidljivo je da dnevna upozoravajuća vrijednost vibracija i granična vrijednost vibracija kod ovog stroja također nisu premašene.

Analizom dobivenih vrijednosti vidljivo je da pri radu sa malčerom i raspršivačem nije u skladu sa postavljenom hipotezom istraživanja.

Prilikom rada sa bočnom frezom dobivene vrijednosti vibracija su najniže u smjeru sve tri osi (x, y i z) pri brzini od 1 km/h. Najveće vibracije izmjerene su pri brzini od 3 km/h u smjeru sve tri os (x, y i z). Iz dobivenih rezultata vidljivo je da je dnevna upozoravajuća vrijednost premašena kao i granična vrijednost izloženosti. Prilikom rada sa navedenim strojem potvrđena je dana hipoteza da će se povećanjem brzine povećati i razina vibracija.

Negativan utjecaj vibracija na sustav ruka – šaka rukovatelja gdje dnevna upozoravajuća vrijednost i granična vrijednost nisu premašene neće negativno utjecati na rukovatelja, dok će kod bočne freze biti velikog negativnog utjecaja s obzirom na prekomjernu razinu vibracija.

7.Popis literature:

1. BalambicaV., Deepak V., (2017) Study and analysis of reducing hand vibration in a tractor.International Journal of Pure and Applied Mathematics Volume 116 No. 18, 275-279
2. Barač Ž., Vidaković I., Zimmer D., Valentina Ermenić V. (2017.) Odnos agrotehničkih zahvata na proizvedenu razinu vibracija te njihov utjecaj na sustav ruka-šaka rukovatelja traktora. 52. hrvatski i 12. međunarodni simpozij agronoma 628 - 632
3. Bernardi B., Quendler E., Benalia S., Mantella A., Zimbalatti G., (2018.) Occupational risks related to vibrations using a brush cutter for green area management. Annals of Agricultural and Environmental Medicine Vol 25, No 2, 255–258
4. Butkus R., Vasiliauskas G., (2017.) Farmers' exposure to noise and vibration in small and medium-sized farms. Proceedings of the 8 th International Scientific Conference Rural Development, 232 – 236.
5. Butkus, R., Vasiliauskas, G. (2016.) Harmful factors in the workplaces of tractor drivers. Research for Rural Development: 242 – 247
6. Çankaya S., Koyuncu A., Balaban M. (2016): Steering wheel idle vibration improvement on tractor.Sigma Journal Engineering and Natural Sciences. 91 – 103
7. Carlsson D., (2017.) Effects of cold and hand-arm vibration on the peripheral neurosensory and vascular system. Umea University
8. Chaturvedi V., Kumar A., Mishra I. M., Singh J. K, Sahoo R. N., Jha G. K., Lal S. B. (2016.) Study on interventions to reduce vibration transmission to power tiller operator. Journal of Applied and Natural Science 8 (1): 265 – 272
9. Cvetanović B., (2015.) Optimiziranje oscilatorne udobnosti sedišta traktora u funkciji redukcije vibracija. Doktorska disertacija, Niš
10. Cvetanović B., Cvetković D., Prašević M., Cvetković M., Pavlović M. (2017.) An analysis of the impact of agricultural tractor seat cushion materials to the level of exposure to vibration. Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control: 116 – 123
11. Cvetanović B., Jovanović J., (2013.) Pregled negativnih zdravstvenih efekata dejstva vibracija na rukovatelja traktora. Traktori i pogonske mašine 3, 58 – 65

12. Cvetanović B., Zlatković D. (2013.): Evaluation of whole-body vibration risk in agricultural tractor drivers., Niš,
13. Fabbri A., Cevoli C., Cantalupo G., (2017.) A method for handlebars ballast calculation in order to reduce vibrations transmissibility in walk behind tractors. Journal of Agricultural Enginering. 81 – 87
14. Fabijanić K., (2010.) Zaštita zdravlja i sigurnost članova poljoprivrednih kućanstava, Pregledni rad. Sigurnost 52 (4), 367 – 379
15. Lyashenkoa M. V., , Pobedina A. V., Potapov P. V., (2016.) Analysis of Possible Dynamic Vibration Dampers Uses in Tractor Cabins Suspensions. International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2016., 1245 - 1251
16. Pekić P., Bekić D., Marić N., Mačković M. (2016.) Vaskularna vibracijska ozljeda i sindrom paget-shroetter. Acta Med Croatica, 70 (2016.) 143-146
17. Petrović P., Bracanović Z., Vukas S. (2005.) Oscilatorne pojave kod poljoprivrednih traktora. Industrija motora Rakovica - Institut, Beograd
18. Saha S., Kalra P., (2016.) A review on hand-arm vibration exposure and vibration transmissibility from power hand tools to hand-arm system. International Journal of Human Factors and Ergonomics, 4(1), 10 – 37
19. Savta, P. A., Jain, P. H. (2016.): A Study of Reduction in the Vibrations of Steering Wheel of Agricultural Tractor. Journal of Engineering Research and Application: 80-87
20. Shelke, P. B., Tengale, G., Banubakode, M. M. (2017.): Study and Experimental Analysis for Vibration Reduction of Steering Wheel Assembly of Agricultural Tractor by Using Matlab Software. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology
21. Shinde A., Jadhav S. G. (2016.) Vibration measurement and vibration reduction of steering wheel of an agricultural tractor. International Journal of Science and Research
22. Uputstva za rukovanje i održavanje traktora „IMT 539“. Industrija trakotra i mašina – Beograd 019455
23. Uputstva za upotrebu i održavanje malčera GS 40 – 45
24. Uputstva za upotrebu nošeni traktorski raspršivači AGP 200 – AGP 500
25. url 1 https://pictures.doccheck.com/it/photo/2029-sindrome-di-raynaud(09. 09. 2018.)

26. url 2. https://sr.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%B0:Rejnoov_fenomen_%C5%A1ema.JPG (09. 09. 2018.)
27. url 3**.** http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=1089 (09. 09. 2018.)
28. url 4.https://www.ingentaconnect.com/content/doaj/22286829/2016/00000006/00000001/art00009 (12.09.2018.)
29. Vihlborg P., Bryngelsson L., Lindgren B., Gunnarsson L. G., Graf P. (2017.) Association between vibration exposure and hand-arm vibration symptoms in a Swedish mechanical industry. International Journal of Industrial Ergonomics, 62, 77 – 81
30. Zhang C., Hongrui A., Jiang H., (2018.) Vibration analysis and experimental research on metal rubber vibration isolation of vehicle steering wheel. Materials Science and Engineering 397

8. Sažetak

Vibracije nastaju kao posljedica rada motora samog traktora, a u interakciji sa neravninama na terenu tijekom gibanja vozila. Vibracije koje djeluju na sustav ruka – šaka rukovatelja se preko komandnih uređaja prenose na rukovatelja. Prema europskoj direktivi 2002/44/EC određene su dnevne izloženosti vibracijama za sustav ruka – šaka rukovatelja te one iznose za dnevnu upozoravajuću vrijednosti izloženosti 2,5 m/s^2, a dnevnu graničnu vrijednost iznosi 5 m/s^2. Istraživanje je obavljeno na traktoru „IMT 539“ koji se gibao sa tri različite brzine gibanja prilikom rada sa malčerom, raspršivačem i bočnom frezom. Dnevna granična vrijednost jedino je premašena u radu sa bočnom frezom.

Ključne riječi: vibracije, sustav ruka – šaka , traktor, malčer, raspršivač, bočna freza

9. Summary

Vibrations occur as a result of the tractor engine itself when working, and interaction with uneven ground conditions during vehicle motion. Vibrations affecting the hand – arm system the handler via the control devices to the handler. According to the European Directives 2002/44 / EC, daily vibration exposure values for hand arm system are set and these are for daily exposure value of 2.5 m / s2 and daily limit value is 5 m / s2. The research was made on the tractor "IMT 539", which run on three different speeds when working with flail mower, sprayer and side milling machine . The daily limit value is only exceeded with the side milling machine.

Key words: vibrations, hand – arm system, flail mower, sprayer, side milling machine

10. Popis tablica

Tablica1: Izmjerene razine vibracija u radu sa malčerom pri brzini od 1km/h 19
Tablica 2: Izmjerene razine vibracija u radu sa malčerom pri brzini od 2km/h 19
Tablica 3: Izmjerene razine vibracija u radu sa malčerom pri brzini od 3km/h 20
Tablica 4: Izmjerene razine vibracija u radu sa raspršivačem pri brzini od 2 km/h 21
Tablica 5: Izmjerene razine vibracija u rad sa raspršivačem pri brzini od 3 km/h 22
Tablica 6: Izmjerene razine vibracija u radu sa raspršivačem pri brzini od 4 km/h 22
Tablica 7: Izmjerene razine vibracija u radu sa bočnom frezom pri brzini od 1 km/h 23
Tablica 8: Izmjerene razine vibracija u radu sa bočnom frezom pri brzini od 2 km/h 24
Tablica 9: Izmjerene razine vibracija u rad sa bočnom frezom pri brzini od 3 km/h 24
Tablica 10: Ispitivanje učinka između subjekata za x os 26
Tablica 11: Ispitivanje učinka između subjekata za y os 27
Tablica 12: Ispitivanje učinka između subjekata za z os 28

11. Popis slika

Slika 1:Bljedilo prstiju (Raynaudov sindrom) 6
Slika 2: Prikaz utjecaja vibracija na ruke rukovatelja 6
Slika 3: Uređaj za mjerenje mehaničkih vibracija MMF VM30-H 9
Slika 4: Malčer 10
Slika 5: Raspršivač 10
Slika 6: Bočna freza 11
Slika 7: Pokusna traka 11
Slika 8: Traktor „ IMT 539“ 12
Slika 9: Prikaz osi kojima je rukovatelj izložen 15
Slika 10: Prikaz osi na kolu upravljača 16
Slika 11: Senzor za vibracije 16
Slika 12: Položaj ruku na kolu upravljača 17
Slika 13: Težinski filter (Wh) za sustav ruka šaka 17
Slika 14: Jednoosovinski traktor 30

12. Popis grafikona

Grafikon 1: Prikaz srednjih izračunatih vrijednosti vibracija pri radu malčerom 21
Grafikon 2: Prikaz srednjih izračunatih vrijednosti vibracija pri radu raspršivačem 23
Grafikon 3: Prikaz srednjih izračunatih vrijednosti vibracija pri radu bočnom frezom 25

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

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

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Sveučilišni diplomski studij, smjer Mehanizacija

BRZINA GIBANJA I AGROTEHNIČKA OPERACIJA KAO ČIMBENICI POJAVE VIBRACIJA KOJE UTJEČU NA SUSTAV RUKA – ŠAKA RUKOVATELJA POLJOPRVIREDNOG TRAKTORA

Saša Majstorović

Sažetak: Vibracije nastaju kao posljedica rada motora samog traktora, a u interakciji sa neravninama na terenu tijekom gibanja vozila. Vibracije koje djeluju na sustav ruka – šaka rukovatelja se preko komandnih uređaja prenose na rukovatelja. Prema europskoj direktivi 2002/44/EC određene su dnevne izloženosti vibracijama za sustav ruka – šaka rukovatelja te one iznose za dnevnu upozoravajuću vrijednosti izloženosti 2,5 m/s^2, a dnevnu graničnu vrijednost iznosi 5 m/s^2. Istraživanje je obavljeno na traktoru „IMT 539“ koji se gibao sa tri različite brzine gibanja prilikom rada sa malčerom, raspršivačem i bočnom frezom. Dnevna granična vrijednost jedino je premašena u radu sa bočnom frezom.

Rad je izrađen pri: Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Mentor: doc. dr. sc. Ivan Plaščak

Broj stranica: 46

Broj grafikona i slika:3, 14

Broj tablica: 12

Broj literaturnih navoda: 27

Broj priloga: 12

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: vibracije, sustav ruka – šaka , traktor, malčer, raspršivač, bočna freza

Datum obrane:

Stručno povjerenstvo za obranu:

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

2. doc. dr. sc. Ivan Plaščak, mentor

3. Željko Barač, mag. ing. agr., član

Rad je pohranjen: Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Vladimira Preloga 1.

BASIC DOCUMENT CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of agrobotechnical science in OSIJEKGraduate thesis
University Graduate Studies, Mehanization

SPEED GOVERNANCE AND AGROTEHNICAL OPERATION AS FACTORS OF VIBRATION POINTS USED IN SYSTEM OF HAND – ARM AGRICULTURAL TRACTOR OPERATOR

Saša Majstorović

Abstract: Vibrations occur as a result of the tractor engine itself when working, and interaction with uneven ground conditions during vehicle motion. Vibrations affecting the hand – arm system the handler via the control devices to the handler. According to the European Directives 2002/44 / EC, daily vibration exposure values for hand arm system are set and these are for daily exposure value of 2.5 m / s2 and daily limit value is 5 m / s2. The research was made on the tractor "IMT 539", which was driven by three different speeds when working with flail mower, sprayer and side milling machine . The daily limit value is only exceeded with the side milling machine.

Thesis performed at: Faculty of agrobotechnical science in osijek

Mentor: doc. dr. sc. Ivan Plaščak

Number of pages: 46

Number of figures: 3, 14

Number of tables:12

Number of references: 27

Number of appendices: 12

Original in: Croatian

Key words: vibrations, hand – arm system, flail mower, sprayer, side milling machine

Thesis defended on date:

Reviewers:

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

Thesis deposited at:Library of the Faculty of Agrobiotechnical sciences Osijek, Vladimira Preloga 1