UTJECAJ BRZINE GIBANJA I AGROTEHNIČKIH PODLOGA NA PROIZVEDENU RAZINU VIBRACIJA KOJE UTJEČU NA TRUP RUKOVATELJA

Nikolić, Anto

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 Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:046935

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

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Anto Nikolić

Diplomski studij Mehanizacija

UTJECAJ BRZINE GIBANJA I AGROTEHNIČKIH PODLOGA NA PROIZVEDENU RAZINU VIBRACIJA KOJE UTJEČU NA TRUP RUKOVATELJA

Diplomski rad

Osijek, 2017.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Anto Nikolić

Diplomski studij Mehanizacija

UTJECAJ BRZINE GIBANJA I AGROTEHNIČKIH PODLOGA NA PROIZVEDENU RAZINU VIBRACIJA KOJE UTJEČU NA TRUP RUKOVATELJA

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

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

Osijek, 2017.

Sadržaj

1.UVOD 1
2.PREGLED LITERATURE 4
3.MATERIJAL I METODE 13
4.REZULTATI I RASPRAVA 19
5.ZAKLJUČAK 40
6.POPIS LITERATURE 41
7.SAŽETAK 45
8.SUMMARY 46
10.POPIS TABLICA 47
11.POPIS SLIKA 49
12.POPIS GRAFIKONA 50

1.UVOD

Ergonomija je znanost koja proučava odnos čovjeka i njegovog radnog okruženja. Cilj svih ergonomskih istraživanja je što bolje proučiti odnos čovjeka i radnog okruženja radi stvaranja što boljih radnih uvjeta koji se odnose na zdravlje i učinkovitost radnika, ali i na samu kvalitetu posla koji se izvodi (Taboršak, 1995.). U poljoprivredi, ergonomska istraživanja vezana su za razna mjerenja i praćenja razine buke, vibracija, prašine, svjetlosti i ostalih faktora koji čine radno okruženje rukovatelja. S ciljem poboljšanja ergonomskih uvjeta pri radu u poljoprivrednim strojevima stalno se radi na unaprijeđenju svih faktora koji se prate. Na slici 1. prikazana je unutrašnjost traktorske kabine koja zadovoljava ergonomske zahtjeve rukovatelja i osigurava mu dobre radne uvjete.



Slika 1. Razvijenost radnog okruženja u traktorskoj kabini (URL1)

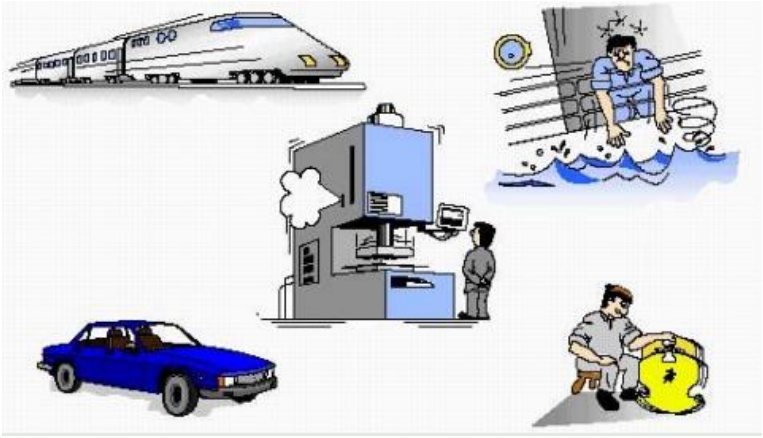
Pojavom industrijske revolucije i procesa masovne proizvodnje potreba za ergonomijom postaje sve veća. Dolazi do povećanja kompletnog opsega proizvodnje, a time i do sve češćih ozljeda na radu. Wojciech Jastrzebowski (1799. – 1882.), poljski znanstvenik, prvi je iskoristio naziv ergonomija te se zbog toga i smatra jednim od začetnika ove znanstvene discpline. On je stvorio koncept ergonomije koju je u svom djelu opisao kao znanost o radu. Članak je objavljen u poljskom tjedniku „Priroda i industrija“ 1857. godine. Međunarodno ergonomsko društvo osnovano je 1959. godine, a Hrvatsko ergonomsko društvo 1974. godine. Kako bi se pronašlo ergonomsko rješenje bitno je dobro poznavati

čovjeka i njegovu cjelokupnu anatomiju i fiziologiju (Koradecka, 2012.). Isti autor navodi kako su glavna područja ergonomije:

1. Radni sustav čovjek – stroj – okoliš
2. Antropometrija
3. Biomehanika
4. Fiziologija rada
5. Psihologija rada

Glavni problemi tradicionalne ergonomije su bili kako smanjiti mišićni rad i pokrete, a danas su problemi povezani sa statičnim i ponavljajućim radom. (Radečić, 2011.).

Svaka poljoprivredna operacija koja se izvodi traktorom dovest će do stvaranja određenih vibracija različitog intenziteta. Sve te vibracije prenose se preko traktora na tijelo rukovatelja i imaju utjecaj na njega. Na slici 2. ilustracijom je prikazana prisutnost vibracija u svakodnevnom životu. Dugotrajna izloženost djelovanju vibracija može dovesti do ozbiljnih zdravstvenih problema. Prema URL2 vibracije predstavljaju periodično ili ciklično gibanje mehaničkih sustava oko ravnotežnog položaja prouzročeno vanjskom periodičnom silom ili otklonom iz ravnotežnog položaja. Za razliku od titranja, vibracije se javljaju s relativno malim otklonima od ravnotežnog položaja s obzirom na razmjere mehaničkog sustava. U svakom se titraju potencijalna energija sustava pretvara u kinetičku i obrnuto, uz djelomičan gubitak energije zbog otpora i trenja, koja u obliku topline napušta sustav. Vibracije mogu djelovati štetno na ljudsko zdravlje, na udobnost vožnje i prouzročiti lomove konstrukcija. Namjerno izazvane vibracije koriste se kod mehaničkog sita, drobilica i sličnih uređaja. Smanjivanje ili povećanje utjecaja vibracija postiže se različitim tehničkim zahvatima vezanima uz promjene krutosti ili ugradnjom dodatne mase.



Slika 2. Ilustracija prisutnosti vibracija u svakodnevnom životu (URL3)

Frekvencija vibracija predstavlja broj oscilacija u jedinici vremena i izražava se u Hz (Aranđelović i Jovanović, 2009.). Isti autori navode kako prema frekvenciji vibracije mogu biti:

- visokofrekventne
- srednjefrekventne
- niskofrekventne (vibracije ispod 16 Hz – potresi).

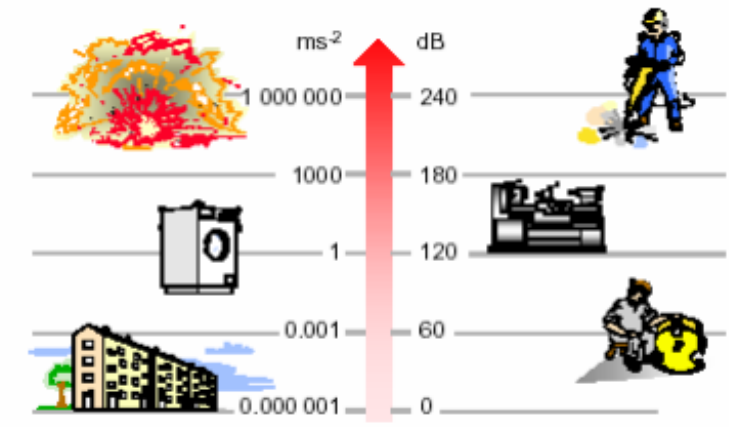
2.PREGLED LITERATURE

Aranđelović i Jovanović (2009.) utvrdili su da ljudsko tijelo percipira i apsorbira vibracije od 1 do 1000 Hz.

Isti autori definiraju pomak vibracija kao udaljenost tijela od njegovog ravnotežnog položaja, izražava se u metrima i neprestano se mijenja. Radi mjerenja su definirane neke stalne veličine:

- trenutni pomak – udaljenost od ravnotežnog položaja koje tijelo dostigne u određenom trenutku
- maksimalni pomak – najveća udaljenost od ravnotežnog položaja koje tijelo dostigne za vrijeme vibriranja
- srednji pomak – srednja vrijednost trenutnih pomaka u određenom vremenskom intervalu
- apsolutni srednji pomak – uzima apsolutne vrijednosti trenutnih pomaka
- efektivni pomak – posebna vrsta srednje vrijednosti

Brzinu vibracija objasnili su kao udaljenost koju vibrirajuće tijelo pređe za određeno vrijeme, a izražava se u metrima u sekundi (m/s). Za brzinu se, kao i za pomak, definiraju trenutna, maksimalna, srednja i efektivna brzina. Ubrzanje vibracija je promjena brzine vibracije u jedinici vremena, izražava se u metrima po sekundi na kvadrat (m/s^2). Kao i kod brzine, za ubrzanje se također definiraju trenutno, maksimalno i efektivno ubrzanje, (Aranđelović i Jovanović, 2009.).

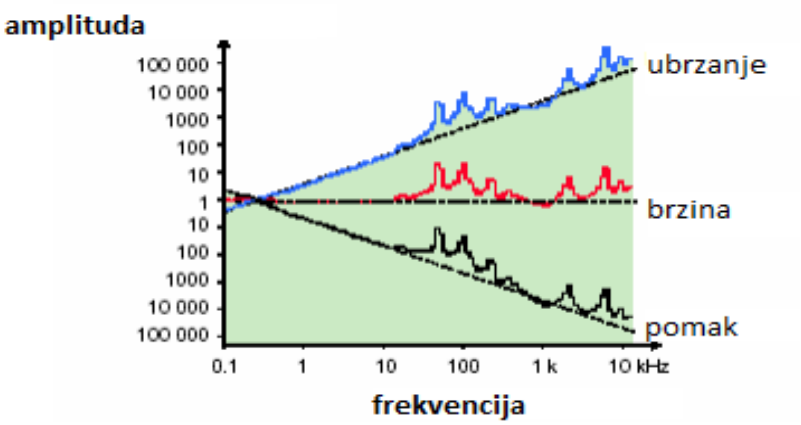


Slika 3. Razina vibracija različitih izvora (Golubović – Bugarski, 2010.)

Prema Golubović – Bugarski (2010.) sva mjerenja vibracijskih parametara obavljaju se iz više razloga, a neki od najbitnijih su:

- kako bi provjerili da li amplitude i frekvencije vibracija neke dopuštene granice materijala
- kako bi izbjegli pobudu sustava na rezonantnim frekvencijama određenih dijelova stroja
- kako bi izveli prigušivanje ili izolaciju izvora vibracija
- kako bi osigurali redovno održavanje stroja
- kako bi izgradili ili verificirali model strukture pogodan za računalnu analizu (analiza sustava)

Amplituda vibracije je veličina koja ukazuje na ozbiljnost vibracije i može se iskazati različitim vrijednostima. Vrijednost amplitude od vrha do vrha pokazuje maksimalne amplitude signala koji opisuje vibraciju. Ovaj parametar je koristan kada je vibracijsko pomicanje dijelova stroja značajno sa gledišta maksimalnih naprezanja ili umora materijala u mehaničkom sustavu. Golubović – Bugarski (2010.) također napominje da ukoliko tip mjerenja kojeg treba izvesti ne precizira parametar kojeg treba mjeriti, npr. prema nekom standardu, opće je pravilo da treba izabrati onaj parametar vibracije koji ima najravniji odgovor preko cijelog frekvencijskog opsega. Ovakav izbor parametra osigurava najveći dinamički opseg amplituda za cijelo mjerenje. Ako frekvencijski odgovor nije poznat, mjerenje treba započeti izborom brzine kao parametra mjerenja. Ovo je vrlo bitno jer će se najkvalitetnije izvesti analiza signala koji ima najravniji spektar. U praksi se za mjerenje najčešće koriste akcelerometri, kojim se mjeri ubrzanje kao parametar vibracije. Prednost akcelerometra je što električni signal može biti integraliran i tako dati signale brzine i pomaka. Za elektroničke instrumente proces integraliranja neke funkcije je povoljniji nego proces diferenciranja i upravo to je razlog za preporuku mjerenja ubrzanja kao parametra vibracija. Na slici 4. prikazani su svi glavni parametri vibracija koji se prate.



Slika 4. Parametri vibracija: pomak, brzina i ubrzanje (Golubović – Bugarski, 2010.)

Prema URL4 fiziologija rada bavi se proučavanjem psihofizioloških zbivanja u organizmu i ponašanja čovjeka tijekom rada u određenoj radnoj sredini. U novije vrijeme fiziologija rada se, zajedno uz psihologiju rada, uključuje u interdisciplinarno znanstveno područje, ergonomiju, koja teži prilagodbi tehnologije i radne okoline psihičkim i tjelesnim karakteristikama čovjekama i obrnuto.

Prema Aranđelović i Jovanović (2009.) ocjena svakog pojedinačnog radnog mjesta u radnoj organizaciji je neophodna iz više razloga:

- radi zaštite zdravlja radnika;
- radi ocjenjivanja radne sposobnosti radnika koji radi na tim mjestima;
- radi utvrđivanja potrebe za uvođenjem mjera zaštite na radu;
- radi utvrđivanja potrebe za skraćenjem radnog vremena ili uvođenja beneficiranog radnog staža;
- radi utvrđivanja radnih mjesta sa povećanim rizikom.

Na osnovu ovih podataka procjenjuju se mogući rizici po zdravlje radnika (vibracije, buka, prašina, prisilian položaj tijela i sl.), stupanj opasnosti kojem je radnik izložen na poslu, zahtjevi radnog mjesta koje radnik treba zadovoljiti i radna sposobnost radnika za određeno radno mjesto u odnosu na idividualne karakteristike radnika. Ocjena rizika – Obavlja se za svaki rizik posebno po intenzitetu, trajanju i učestalosti ocjenom od nula do pet. Ocjena utjecaja na zdravlje svakog pojedinačnog rizika obavlja se na osnovu ocjena koje je taj rizik dobio za intenzitet, trajanje i učestalost po skaloj zadanoj u tablici 1.

Tablica 1. Ocjena utjecaja na zdravlje (Aranđelović i Jovanović, 2009.)

Utjecaj na zdravlje	**Ocjena**

Izuzetno utječe	5
Vrlo utječe	4
Utječe	3
Malo utječe	2
Vrlo malo utječe	1
Ne utječe	0

Ocjena rizičnosti radnog mjesta – Obavlja se na osnovu dobivenih ocjena o utjecaju na zdravlje za svaki rizik tako što se izračuna prosječna ocjena. Ukoliko je prosječna ocjena između 4 i 5, rizičnost se ocjenjuje ocjenom 5, između 3 i 4 ocjenom 4, između 2 i 3 ocjenom 3, između 1 i 2 ocjenom 2, a ako je prosjek manji od 1 ocjenom 1. Tako se dobiva skala procjene rizičnosti radnog mjesta koja je prikazana u tablici 2.

Tablica 2. Skala procjene rizičnosti radnog mjesta (Aranđelović i Jovanović, 2009.)

Rizičnost radnog mjesta	**Ocjena**
Izuzetno rizično radno mjesto	5
Vrlo rizično radno mjesto	4
Rizično radno mjesto	3
Malo rizično radno mjesto	2
Vrlo malo rizično radno mjesto	1
Radno mjesto bez rizika	0

Levy i sur. (2011.) podijelili su djelovanje vibracija na vibracije cijelog tijela (vibracije trupa) i lokalne vibracije (vibracije ruku i šake), tj. opće i lokalne vibracije. Utjecaj na zdravlje kod lokalnih vibracija vezan je za prijenos energije prema vrhovima ekstremiteta bilo od prijenosnih vibrirajućih uređaja ili od stacionarnih uređaja koji proizvode oscilatorne vibracije (montažna bušilica). Vibracije cijelog tijela često su usko vezane i uz djelovanje buke. Jedno od najpoznatijih oboljenja djelovanjem vibrirajućih alata je Raynaudov sindrom (slika 5.), poremećaj krvnih žila i živaca ruku, koji je lako prepoznatljiv po svojim simptomima. Podjela na opće i lokalne vibracije obavljena je na osnovu toga što se opće vibracije javljaju kada se čovjek nalazi u vibrirajućem mediju i djeluju na cijelo tijelo, npr. kada sjedi, leži ili stoji na nekoj vibrirajućoj površini. Isti autori tvrde da se djelovanje općih vibracija prati prema tri anatomske osi koje se sijeku u predjelu srca (X, Y i Z). Lokalne se

odnose na samo pojedini dio tijela, npr. vibracije ruku ili trupa, a pravac njihovog djelovanja također se određuje prema trima osima.



Slika 5. Primjeri Raynaudovog sindroma (URL5)

Smith i Leggat (2005.) opisali su vibracije cijelog tijela kao vibracije prenesene na tijelo rukovatelja kontaktom sa izvorom vibracija, najčešće sjedenjem ili stajanjem na vibrirajućoj podlozi. Ova vrsta vibracija predstavlja problem za radnike u radnim sredinama sa dosta vibracija, pogotovo kada izloženost vibracijama traje tijekom većine radnog vremena. Isti autori tvrde da je pri praćenju vibracija bitno znati da svi objekti imaju brzinu pri kojoj prirodno vibriraju i nazivaju je rezonantna frekvencija. Ona ovisi o fizičkim karakteristikama objekta.

Paddan i Griffin (2002.) mjerili su i proučavali vibracije cijelog tijela u sto različitih motornih vozila. Vozila su bila podijeljena u 14 kategorija koje su uključivale automobile, kamione, traktore i autobuse. U istraživanju su mjerene vertikalne vibracije ispod sjedala, prednje i stražnje vibracije, bočne i okomite vibracije na sjedištu i prednje i stražnje vibracije na naslonu sjedalice. Mjerenja su proveli prema standardima BS – 6841 (za procjenu jačine vibracija mjere se vibracije na 4 mjesta na sjedalici) i HRN ISO – 2631 (vibracije se mjere u tri osi samo na sjedalici, a samo osi sa najjačim vibracijama koriste se za procjenu jačine).

Bovenzi i Betta (1994.) proučavali su bolove u donjem dijelu leđa i bolesti posturalnih mišića kod rukovatelja traktora koji su izloženi djelovanju općih vibracija.

Istraživanje je provedeno na 1155 traktorista izloženih djelovanju vibracija. Traktoristi su ispitivani na nekoliko standardnih simptoma koji ukazuju na probleme donjeg dijela kralježnice i na razne čimbenike rizika na radu. Intenzitet vibracija i vrijeme izloženosti njihovom djelovanju korišteni su za izračun utjecaja na svakog rukovatelja traktora pojedinačno. Autori su zaključili da su problemi donjeg dijela kralježnice i posturalnih mišića značajno povezani sa utjecajem vibracija.

Bovenzi i Hulshof (1998.) su u istraživanju proučavali negativan učinak vibracija cijelog tijela na kralježnični sustavu. Utvrdili su da je izloženost vibracijama cijelog tijela na radnom mjestu povezana s povećanim rizikom u donjem dijelu kralježnice i degenerativnim promjenama kralježnice.

Griffin (2004.) je u istraživanju pojasnio minimalne zahtjeve za zdravlje i sigurnost radnika izloženih vibracijama cijelog tijela i lokalnim vibracijama u Europskoj uniji. Parlament Europske unije je 2002. godine dogovorio zdravstvene i sigurnosne zahtjeve za radnike izložene vibracijama. Odluka se temeljila na ISO – 5349 normi za vibracije koje djeluju na sustav ruka – šaka i ISO – 2631 za vibracije cijelog trupa.

Cann i sur. (2003.) mjerili su vibracije cijelog tijela na različitim uređajima korištenim u građevini. Cilj ovog istraživanja bio je osigurati više podataka o potencijalnim rizicima izlaganjem vibracijama cijelog tijela kod građevinskih radnika. Mjerenja su provedena u skladu s normama ISO – 2631-1 u trajanju od 20 minuta. Na pojedinim građevinskim strojevima izmjerene su vibracije koje su prelazile dozvoljene granice.

Boshuizen i sur. (1992.) proučavali su probleme sa kralježnicom rukovatelja viličara i traktora izloženih utjecaju vibracija cijelog tijela. Ispitana su 242 rukovatelja strojevima i 210 radnika u luci, a mjerena su ubrzanja vibracija u smjeru x, y i z osi. Iz rezultata je bilo vidljivo da je 68% ispitanih rukovatelja traktora i viličara imalo problema s kralježnicom u usporedbi sa 25 % njihovih vršnjaka koji nisu bili izloženi većem utjecaju vibracija.

Kumar i sur. (1999.) ispitivali su rukovatelje traktora i poljoprivrednike koji ne upravljaju traktorima. Cilj istraživanja bio je dokazati utjecaj vibracija trupa na kralježnicu rukovatelja traktora. Ispitano je 50 rukovatelja traktora i 50 poljoprivrednika koji ne upravljaju traktorom. Svi ispitanici bili su podijeljeni u odgovarajuće skupine formirane po zajedničkim karakteristikama kao što su starosna dob i spol. Rezultati su prikazali da su problemi sa kralježnicom bili češći kod rukovatelja traktora (40%), nego kod ispitanika koji ne upravljaju traktorom (18%).

Tammy i sur. (2007.) mjerili su izloženost rukovatelja vibracijama cijelog tijela prilikom rada sa 15 različitih strojeva u rudarstvu koji se standardno koriste u rudnicima u Ontariu. Mjerenja su obavljena na sjedalici rudarskog vozila za rad u sjedećem položaju i na podu između podloge i noge rukovatelja za rad u stojećem položaju. Sva mjerenja obavljena su prema propisima ISO 2631 – 1 normi. Na 6 ispitanih vozila zabilježene su vibracije većeg intenziteta od dozvoljenih graničnih vrijednosti.

Palmer i sur. (2000.) proučavali su izloženost pojedinih rukovatelja vibracijama koje utječu na trup i sustav ruka – šaka. Ispitivanje su proveli na 179 radnika različitih poslova koji su ispunili pripremljeni upitnik o izloženosti vibracijama u proteklom tjednu iz čega je vidljiva prisutnost vibracija na velikom broju radnih mjesta.

U današnje vrijeme skoro da ne postoji gospodarska grana u kojoj radnici nisu izloženi utjecaju vibracija . U svakom poslu gdje se radi sa vibrirajućim alatima radnici su izloženi vibracijama, a najistaknutije djelatnosti su poljoprivreda, šumarstvo i drvna industrija, metalurgija, građevina (slika 6.), rudarstvo, tekstilna industrija i slično (Tanković i sur., 2015.).



Slika 6. Rad sa vibrirajućim uređajem (URL6)

Osim radnika koji u navedenim industrijama rukuju vibrirajućim alatima, djelovanju vibracija izloženi su i vozači svih motornih vozila, vozači, traktoristi, kombajneri, rukovatelji građevinskih strojeva i ostali. Dio vibracija se prenosi sa podloge po kojoj se kreće motorno vozilo, dok dio proizvodi sam rad motora određenog stroja (URL7).

Gerhard i sur. (2010.) utvrdili su kako je potrebno držati se par osnovnih mjera kako bi se smanjio ili spriječio negativan utjecaj djelovanja vibracija. Kao neke od glavnih mjera autori navode:

- upotrebu zaštitne opreme u vibrirajućoj sredini (upotreba rukavica, posebnih radnih odijela, obuće i slične opreme)
- povremeno mjerenje i praćenje vibracija u radnom okruženju i poduzimanje potrebnih mjera za poboljšanje radnih uvjeta
- edukacija i upoznavanje svih radnika sa mogućim štetnim i vrlo opasnim djelovanjem vibracija na njihovo zdravlje
- praćenje zdravstvenog stanja radnika uvođenjem redovnijih pregleda.

U poljoprivredi, rukovatelji traktora su izloženi djelovanju raznih vibracija. Vibracije koje utječu na rukovatelja nastaju zbog gibanja traktora po raznim podlogama, kao posljedica rada traktorskog motora i svih dijelova traktora i kao posljedica izvođenja različitih poljoprivrednih operacija (Brkić i sur., 2005.). Svaka radna operacija koja se izvodi traktorom i podloga po kojoj se giba traktor proizvest će vibracije različitog intenziteta, a najbitnije da intenzitet vibracija ne prelazi dozvoljene granice. Sve navedene vibracije prenose se preko traktorske kabine te traktorske sjedalice i kola upravljača na trup i sustav ruka – šaka. Na slici 7. prikazan je traktor za vrijeme izvođenja operacije oranja.



Slika 7. Izvođenje operacije oranja (URL8)

Cilj ovog istraživanja je izmjeriti razine vibracija koje utječu na trup rukovatelja proizvedene pri gibanju poljoprivrednog traktora različitim brzinama po različitim

agrotehničkim podlogama i ustanoviti moguće ovisnosti. Hipoteza je da će se uslijed povećanja neravnina na podlogama i povećanja brzine gibanja povećati razina vibracija koja utječe na trup rukovatelja poljoprivrednog traktora.

3.MATERIJAL I METODE

Sva mjerenja obavljena su u cilju određivanja razine vibracija koje se prenose na trup rukovatelja pri različitim brzinama na tri ispitivane agrotehničke podloge. Mjerenja su obavljena na traktoru proizvođača IMT tipa 558.

Tehničke karakteristike traktora IMT-558 (Industrija mašina i traktora, Radionički priručnik):

- Snaga motora na zamašnjaku – 42,6 kW pri 2250 min^{-1}
- Maksimalan obrtni moment – 209 Nm pri 1300 min^{-1}
- Broj cilindara/zapremina – 4 komada/3300(cm^3)
- Stupanj kompresije – 17,4 : 1
- Zapremina rezervoara – 50 l



Slika 8. Traktor IMT-558 (URL9)

Dimenzije traktora IMT 558:

- Razmak osovina – 2118 mm
- Visina težišta – 761 mm
- Udaljenost težišta od osi zadnjeg mosta – 772 mm

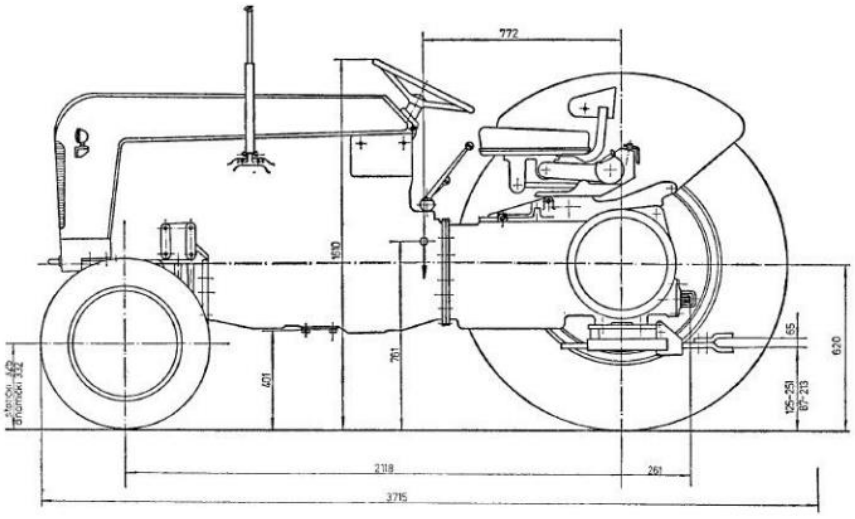
Gabaritne dimenzije:

- Ukupna dužina – 3715 mm

- Ukupna širina – 1808 mm

- Ukupna visina (do volana) – 1610 mm

- Ukupna masa (sa gorivom, uljem i vodom) – 2300 kg



Slika 9. Glavne mjere traktora IMT-558 (Industrija mašina i traktora, Radionički priručnik)

Mjerene su razine vibracija koje utječu na trup rukovatelja proizvedene pri gibanju poljoprivrednog traktora različitim brzinama po različitim agrotehničkim podlogama (u smjeru x, y i z osi). Podloge na kojima su obavljena mjerenja su asfalt, lucerište i poljski put. Brzine gibanja traktora pri kojima su obavljena mjerenja su 4, 5 i 6 km/h. Svako mjerenje trajalo je trideset minuta i ponovljeno je tri puta te je na osnovu toga određena srednja vrijednost za svaku podlogu pri svakoj od navedenih brzina gibanja.

Istraživanje je obavljeno u Dardi 2017. godine u trajanju od 20 dana. Prosječna dnevna temperatura zraka na dan mjerenja iznosila je od 18 do 19^0C, a relativna vlažnost zraka od 58 do 60%.

Sva mjerenja provedena su po normama HRN ISO 2631-1 i HRN ISO 2631-4. Ove norme primjenjive su na ljudima normalnog zdravlja koji su izloženi pravocrtnim vibracijama u smjeru x, y i z osi. Mjerni uređaj postavlja se na dio sjedišta na koji rukovatelj izravno sjeda (slika 10.). Sva mjerenja koja su obrađena u rezultatima obavljena su upravo na ovaj način.



Slika 10. Prikaz postavljanja mjernog uređaja na sjedalicu (vlastita fotografija)

Prema propisanim normama uređaj za mjerenje postavlja se na sjedište tako da se osi mjere u slijedećim pravcima (HRN ISO 2631-1):

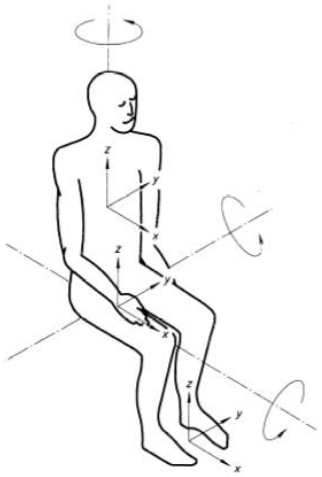
- x os: uzdužno, duž pravca gibanja – naprijed (pozitivno) / natrag (negativno);
- y os: bočno, pod pravim kutem u odnosu na smjer vožnje;
- z os: vertikalno, prema gore (pozitivno) / prema dolje, okomito na pod (negativno).



Slika 11. Prikaz pravaca mjerenja (vlastita fotografija)

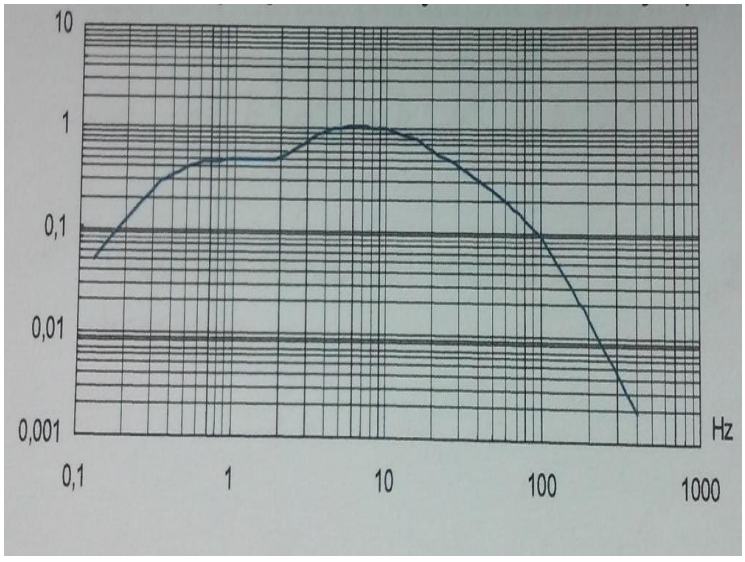
Na slici 11. vidljivi su pravci za sve tri osi mjerenja. Izmjerene vrijednosti vibracija izražene su kao ubrzanja. Vibracije su mjerene prema koordinatnom sustavu za određeni dio

tijela u sjedećem položaju (slika 12.). Uređaj je mjerio intenzitet proizvedenih traktorskih vibracija koje se prenose direktno sa sjedišta na ljudsko tijelo.

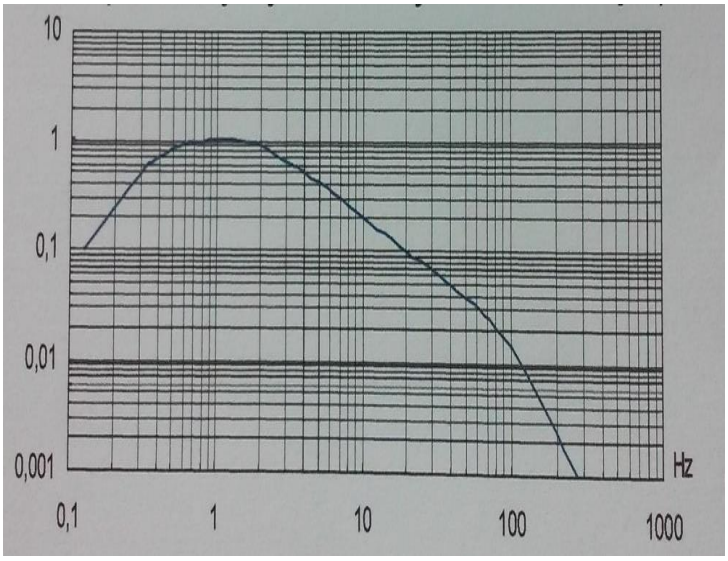


Slika 12. Prikaz pravaca djelovanja vibracija na određene dijelove tijela u sjedećem položaju (HRN ISO 2631-1)

Prema europskoj direktivi 2002/44/EC propisane su granične vrijednosti za dnevnu izloženost vibracijama, a ona za vibracije na trup rukovatelja iznosi 1,15 m/s^2. Wd i Wk predstavljaju težinske filtere koji su korišteni u mjerenjima (slika 13. i 14.). Wd težinski filter koristi se za mjerenje vibracija u smjeru x i y osima u sjedećem položaju, dok se Wk koristi u smjeru z osi (HRN ISO 2631-1).



Slika 13. Wk težinski filter (HRN ISO 2631-1)



Slika 14. Wd težinski filter (HRN ISO 2631-1)

Prema 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), koja je maksimalna za $a_w(t_0)$.

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

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

τ – vrijeme integracija za tekuće usrednjavanje

t – vrijeme (s)

t_0 – vrijeme promatranja (s)

$$MTVV = \max [a_w(t_0)]$$

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

Prilikom svih mjerenja korišten je uređaj za mjerenje vibracija MMF VM30 (slika 15.).



Slika 15. Uređaj za mjerenje vibracija MMF VM30 (URL11)

4.REZULTATI I RASPRAVA

Rezultati obavljenih mjerenja ukazali su na vrlo mala, ali ipak postojana variranja u smjeru svih mjernih osi(x, y i z).

Tablica 3. Izmjerene vrijednosti vibracija na asfaltnoj podlozi pri brzini gibanja od 4 km/h i srednja vrijednost

PODLOGA	**x**	**y**	**z**
asfalt	0,200	0,200	0,200
	0,100	0,200	0,100
	0,200	0,200	0,100
Srednja vrijednost	0,167	0,200	0,133

U tablici 3. prikazana su mjerenja vibracija na asfaltu pri brzini gibanja traktora od 4 km/h. Mjerenja su obavljena tri puta u smjeru x, y i z osi i na osnovu tih mjerenja određena je srednja vrijednost. Sve vrijednosti navedene u tablici izražene su u m/s^2.

Tablica 4. Izmjerene vrijednosti vibracija na lucerištu pri brzini gibanja od 4 km/h i srednja vrijednost

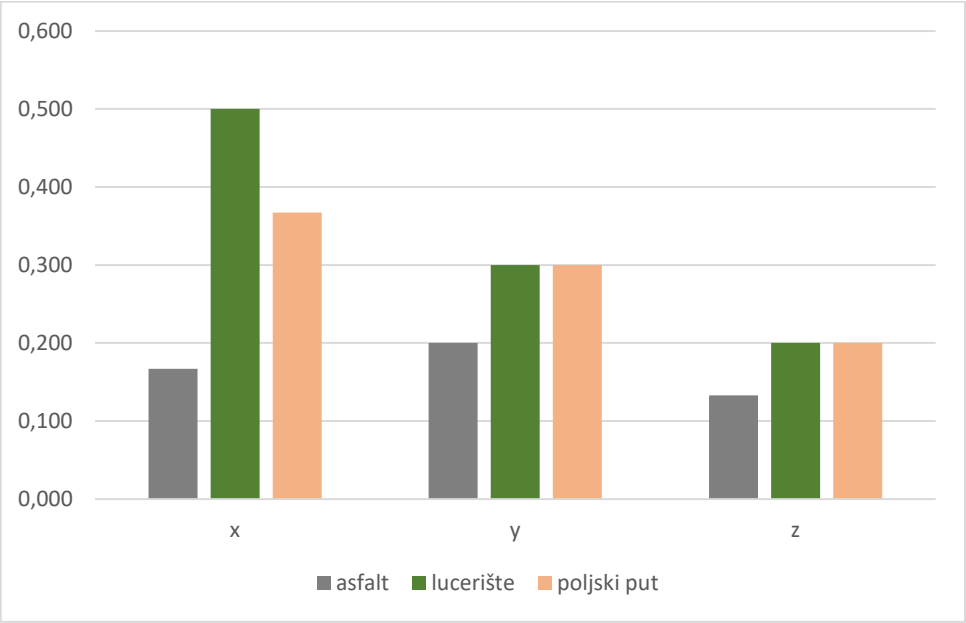
PODLOGA	**x**	**y**	**z**
lucerište	0,500	0,300	0,200
	0,500	0,300	0,200
	0,500	0,300	0,200
Srednja vrijednost	0,500	0,300	0,200

U tablici 4. prikazana su mjerenja vibracija na lucerištu pri brzini gibanja traktora od 4 km/h. Mjerenja su obavljena tri puta u smjeru x, y i z osi i na osnovu tih mjerenja određena je srednja vrijednost. Sve vrijednosti navedene u tablici izražene su u m/s^2. U sva tri mjerenja u smjeru sve tri osi dobivene su jednake vrijednosti.

Tablica 5. Izmjerene vrijednosti vibracija na poljskom putu pri brzini gibanja od 4 km/h i srednja vrijednost

PODLOGA	**x**	**y**	**z**
poljski put	0,400	0,300	0,200
	0,400	0,300	0,200
	0,300	0,300	0,200
srednja vrijednost	0,367	0,300	0,200

U tablici 5. prikazana su mjerenja vibracija na poljskom putu pri brzini gibanja traktora od 4 km/h. Mjerenja su obavljena tri puta u smjeru x, y i z osi i na osnovu tih mjerenja određena je srednja vrijednost. Sve vrijednosti navedene u tablici izražene su u m/s^2.



Grafikon 1. Prikaz srednjih vrijednosti vibracija pri brzini gibanja od 4 km/h

U grafikonu 1. prikazane su srednje vrijednosti vibracija izmjerene na tri različite podloge pri konstantnoj brzini gibanja od 4 km/h . Iz grafikona je vidljivo da su najniže vrijednosti vibracija u smjeru sve tri osi mjerenja izmjerene na asfaltnoj podlozi. Kod lucerišta i poljskog puta izmjerene su vrijednosti vibracija nešto većeg intenziteta, a najveća vrijednost je izmjerena kod lucerišta u smjeru x osi, dok je u smjeru osi y i z vrijednost vibracija na lucerištu i poljskom putu jednaka. Utvrđeno je da pri brzini od 4 km/h ni jedna od navedenih ispitanih podloga nije dovela do stvaranja vibracija većeg intenziteta od granične vrijednosti koja je propisana od 1,15 m/s^2.

Tablica 6. Izmjerene vrijednosti vibracija na asfaltnoj podlozi pri brzini gibanja od 5 km/h i srednja vrijednost

PODLOGA	**x**	**y**	**z**
asfalt	0,100	0,200	0,100
	0,200	0,200	0,100
	0,100	0,200	0,100
srednja vrijednost	0,133	0,200	0,100

U tablici 6. prikazana su mjerenja vibracija na asfaltnoj podlozi pri brzini gibanja traktora od 5 km/h. Mjerenja su obavljena tri puta u smjeru x, y i z osi i na osnovu tih mjerenja određena je srednja vrijednost, a iste navedene u tablici izražene su u m/s^2.

Tablica 7. Izmjerene vrijednosti vibracija na lucerištu pri brzini gibanja od 5 km/h i srednja vrijednost

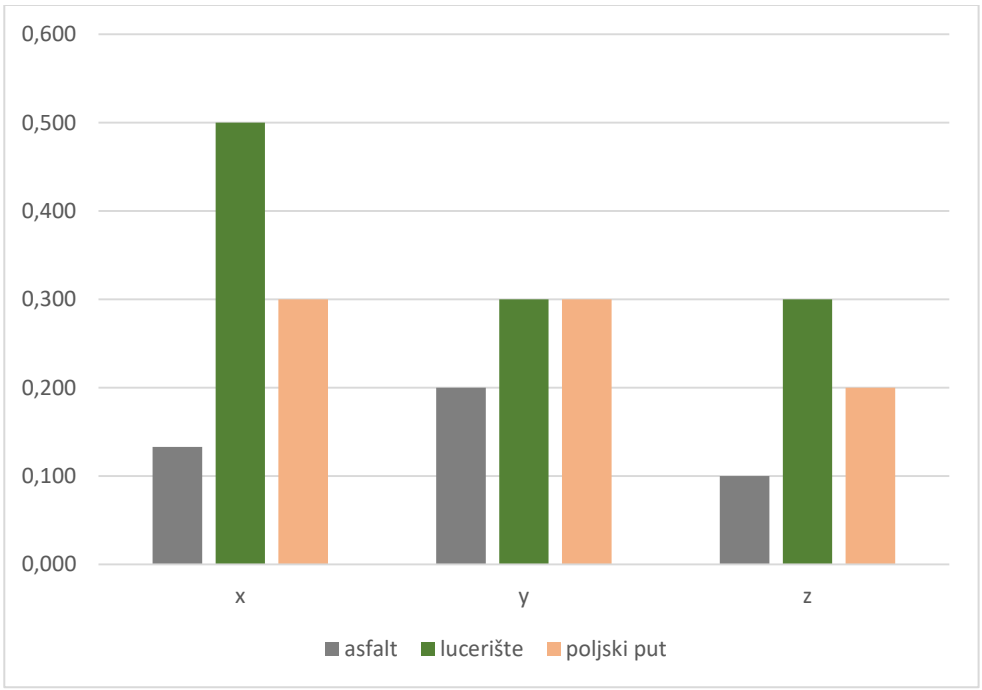
PODLOGA	**x**	**y**	**z**
lucerište	0,500	0,300	0,300
	0,500	0,300	0,300
	0,500	0,300	0,300
srednja vrijednost	0,500	0,300	0,300

U tablici 7. prikazana su mjerenja vibracija na lucerištu pri brzini gibanja traktora od 5 km/h. Mjerenja su obavljena tri puta u smjeru x, y i z osi i na osnovu tih mjerenja određena je srednja vrijednost. U sva tri mjerenja u smjeru sve tri osi dobivene su jednake vrijednosti. Sve vrijednosti navedene u tablici izražene su u m/s^2.

Tablica 8. Izmjerene vrijednosti vibracija na poljskom putu pri brzini gibanja od 5 km/h i srednja vrijednost

PODLOGA	**x**	**y**	**z**
poljski put	0,300	0,300	0,200
	0,300	0,300	0,200
	0,300	0,300	0,200
srednja vrijednost	0,300	0,300	0,200

U tablici 8. prikazana su mjerenja vibracija na poljskom putu pri brzini gibanja traktora od 5 km/h. Mjerenja su obavljena tri puta u smjeru x, y i z osi i na osnovu tih mjerenja određena je srednja vrijednost, a iste su vrijednosti navedene u tablici i izražene su u m/s^2. U sva tri mjerenja u smjeru sve tri osi dobivene su jednake vrijednosti.



Grafikon 2. Prikaz srednjih vrijednosti vibracija pri brzini gibanja od 5 km/h

U grafikonu 2. prikazane su srednje vrijednosti vibracija izmjerene na tri različite podloge pri konstantnoj brzini gibanja od 5 km/h. Najniže vrijednosti vibracija u smjeru sve tri osi mjerenja izmjerene su na asfaltnoj podlozi. Proizvedena razina vibracija koja utječe na trup rukovatelja na lucerištu i poljskom putu bila je jačeg intenziteta, izrazito na lucerištu u smjeru x osi, dok je u smjeru osi y izmjerena vrijednost na lucerištu i poljskom putu bila jednaka. Nadalje, izmjerene vrijednosti nisu prešle dozvoljene granične vrijednosti od 1,15 m/s^2.

Tablica 9. Izmjerene vrijednosti vibracija na asfaltnoj podlozi pri brzini gibanja od 6 km/h i srednja vrijednost

PODLOGA	**x**	**y**	**z**
asfalt	0,100	0,200	0,100
	0,200	0,100	0,200
	0,200	0,200	0,200
srednja vrijednost	0,167	0,167	0,167

U tablici 9. prikazana su mjerenja vibracija na asfaltnoj podlozi pri brzini gibanja traktora od 6 km/h. Mjerenja su obavljena tri puta u smjeru x, y i z osi i na osnovu tih mjerenja određena je srednja vrijednost. Sve vrijednosti navedene u tablici izražene su u m/s^2.

Tablica 10. Izmjerene vrijednosti vibracija na lucerišti pri brzini gibanja od 6 km/h i srednja vrijednost

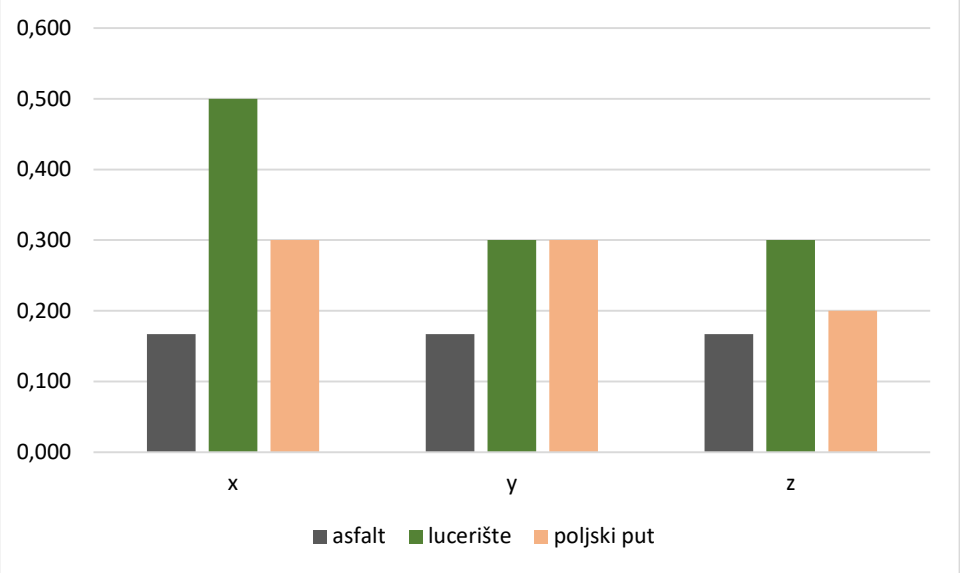
PODLOGA	**x**	**y**	**z**
lucerište	0,500	0,300	0,300
	0,500	0,300	0,300
	0,500	0,300	0,300
srednja vrijednost	0,500	0,300	0,300

U tablici 10. prikazana su mjerenja vibracija na lucerištu pri brzini gibanja traktora od 6 km/h. Mjerenja su obavljena tri puta u smjeru x, y i z osi i na osnovu tih mjerenja određena je srednja vrijednost, a iste su vrijednosti navedene u tablici izražene u m/s^2. U sva tri mjerenja u smjeru sve tri osi dobivene su jednake vrijednosti.

Tablica 11. Izmjerene vrijednosti vibracija na poljskom putu pri brzini gibanja od 6 km/h i srednja vrijednost

PODLOGA	**x**	**y**	**z**
poljski put	0,300	0,300	0,200
	0,300	0,300	0,200
	0,300	0,300	0,200
srednja vrijednost	0,300	0,300	0,200

U tablici 11. prikazana su mjerenja vibracija na poljskom putu pri brzini gibanja traktora od 6 km/h. Mjerenja su obavljena tri puta u smjeru x, y i z osi i na osnovu tih mjerenja određena je srednja vrijednost, a iste su vrijednosti navedene u tablici i izražene u m/s^2. U sva tri mjerenja u smjeru sve tri osi dobivene su jednake vrijednosti.



Grafikon 3. Prikaz srednjih vrijednosti vibracija pri brzini gibanja od 6 km/h

U grafikonu 3. prikazane su srednje vrijednosti vibracija izmjerene na tri različite podloge pri konstantnoj brzini gibanja od 6 km/h u smjeru x, y i z osi . Najniže vibracije koje utječu na trup rukovatelja izmjerene su u smjeru sve tri os (x, y i z) na asfaltnoj podlozi. Dok su najveće vibracije izmjerene u smjeru osi x i z na lucerištu, a jednake su vibracije izmjerene u smjeru osi y na lucerištu i poljskom putu. Sve izmjerene vrijednosti nisu prešle dozvoljene granične vrijednosti od 1,15 m/s^2.

Tablica 12. Deskriptivna statistika za x os

Zavisna varijabla :x os				
Brzina	Podloga	Aritmetička sredina	Standardna devijacija	N
1	1	0,1667	0,05774	3
	2	0,5000	0,00000	3
	3	0,3667	0,05774	3
	Ukupno	0,3444	0,15092	9
2	1	0,1333	0,05774	3
	2	0,5000	0,00000	3
	3	0,3000	0,00000	3
	Ukupno	0,3111	0,16159	9
3	1	0,1667	0,05774	3
	2	0,5000	0,00000	3
	3	0,3000	0,00000	3
	Ukupno	0,3222	0,14814	9
Ukupno	1	0,1556	0,05270	9
	2	0,5000	0,00000	9
	3	0,3222	0,04410	9
	Ukupno	0,3259	0,14830	27

Tablica 12. prikazuje elemente deskriptivne statistike za svaku pojedinu eksperimentalnu skupinu. Za svaku skupinu navedena je aritmetička sredina, standardna devijacija te broj mjerenja (N) u zavisnoj varijabli: x os.

Tablica 13. Ispitivanje učinka između brzine gibanja i agrotehničke podloge za x os

Zavisna varijabla: x os								
Izvor	Zbrojevi kvadrata	df	Prosječni kvadrat	F	Statistička značajnost	Djelomični kvadrat	Veličina učinka	Statistička snaga
Korigirani model	0,545[a]	8	0,068	46,000	0,000	0,953	368,000	1,000
Prekid	2,868	1	2,868	1936,000	0,000	0,991	1936,000	1,000
Brzina gibanja	0,005	2	0,003	1,750	0,202	0,163	3,500	0,318
Agrotehnička podloga	0,534	2	0,267	180,250	0,000	0,952	360,500	1,000
Brzina gibanja * Agrotehnička podloga	0,006	4	0,001	1,000	0,433	0,182	4,000	0,253
Greška	0,027	18	0,001					
Ukupno	3,440	27						
Ukupno korigirano	0,572	26						

Tablica 13. prikazuje statističku značajnost svih testiranih efekata i njihovu interakciju. Radi se o standardnoj završnoj tablici analize varijance, gdje su navedeni zbrojevi kvadrata, stupnjevi slobode, prosječni kvadrat, veličina F – omjera, statistička značajnost, veličina učinka i statistička snaga za svaki izbor varijabiliteta. Utjecaj prve nezavisne varijable (brzina gibanja) nije se pokazao statistički značajnim (p>0,05). Utjecaj druge nezavisne varijable (agrotehnička podloga) pokazao se statistički značajnim, a interakcija brzine gibanja i agrotehničke podloge nije se pokazala statistički značajnom.

Tablica 14. Procjena utjecaja brzine gibanja na x os

Zavisna varijabla: x os				
			Intervalna procjena aritmetičke sredine uz 95%-tnu sigurnost	
Brzina	Aritmetička sredina	Pogreška aritmetičke sredine	Donja granica	Gornja granica
1	0,344	0,013	0,317	0,371
2	0,311	0,013	0,284	0,338
3	0,322	0,013	0,295	0,349

Tablica 14. prikazuje aritmetičku sredinu, pogrešku aritmetičke sredine i intervalnu procjenu aritmetičke sredine uz 95%-tnu sigurnost.

Tablica 15. Usporedba svih pojedinačnih razlika od po dvije aritmetičke sredine za nezavisnu varijablu *brzina* za x os

Zavisna varijabla: x os						
					Intervalna procjena prave razlike uz 95%-tnu sigurnost	
(I) Brzina	(J) Brzina	Razlika između prosječnih vrijednosti aritmetičkih sredina (I-J)	Pogreška razlike prosječnih vrijednosti aritmetičkih sredina	Statistička značajnost	Donja granica	Gornja granica
1	2	0,033	0,018	0,083	-0,005	0,071
	3	0,022	0,018	0,236	-0,016	0,060
2	1	-0,033	0,018	0,083	-0,071	0,005
	3	-0,011	0,018	0,548	-0,049	0,027
3	1	-0,022	0,018	0,236	-0,060	0,016
	2	0,011	0,018	0,548	-0,027	0,049

Tablica 15. prikazuje usporedbu svih pojedinačnih razlika od po dvije aritmetičke sredine za nezavisnu varijablu *brzina* za x os. U tablici se sve testirane razlike pojavljuju dva puta. Iz tablice se vidi da ni jedna pojedinačna razlika nije statistički značajna jer je vjerojatnost slučajne pojave uvijek veća od 0,05.

Tablica 16. Utjecaj brzine gibanja na x os

Zavisna varijabla: x os								
	Zbrojevi kvadrata	df	Prosječni kvadrat	F	Statistička značajnost	Djelomični kvadrat	Veličina učinka	Statistička snaga
Brzina	0,005	2	0,003	1,750	0,202	0,163	3,500	0,318
Greška	0,027	18	0,001					

Tablica 16. prikazuje utjecaj brzine gibanja koja se u ovim mjerenjima nije pokazala statistički značajnom u smjeru x osi.

Tablica 17. Procjena utjecaja agrotehničke podloge na x os

Zavisna varijabla: x os				
			Intervalna procjena aritmetičke sredine uz 95%-tnu sigurnost	
Podloga	Aritmetička sredina	Pogreška aritmetičke sredine	Donja granica	Gornja granica
1	0,156	0,013	0,129	0,183
2	0,500	0,013	0,473	0,527
3	0,322	0,013	0,295	0,349

Tablica 17. prikazuje aritmetičku sredinu, pogrešku aritmetičke sredine i intervalnu procjenu aritmetičke sredine uz 95%-tnu sigurnost.

Tablica 18. Usporedba svih pojedinačnih razlika od po dvije aritmetičke sredine za nezavisnu varijablu *podloga* za x os

Zavisna varijabla: x os						
					Intervalna procjena prave razlike uz 95%-tnu sigurnost	
(I) Podloga	(J) Podloga	Razlika između prosječnih vrijednosti aritmetičkih sredina (I-J)	Pogreška razlike prosječnih vrijednosti aritmetičkih sredina	Statistička značajnost	Donja granica	Gornja granica
1	2	-0,344*	0,018	0,000	-0,383	-0,306
	3	-0,167*	0,018	0,000	-0,205	-0,129
2	1	0,344*	0,018	0,000	0,306	0,383
	3	0,178*	0,018	0,000	0,140	0,216
3	1	0,167*	0,018	0,000	0,129	0,205
	2	-0,178*	0,018	0,000	-0,216	-0,140

Tablica 18. prikazuje usporedbu svih pojedinačnih razlika od po dvije aritmetičke za nezavisnu varijablu *podloga* za x os. U tablici se sve testirane razlike pojavljuju dva puta.

Tablica 19. Utjecaj agrotehničke podloge na x os

Zavisna varijabla: x os								
	Zbrojevi kvadrata	df	Prosječni kvadrat	F	Statistička značajnost	Djelomični kvadrat	Veličina učinka	Statistička snaga
Podloga	0,534	2	0,267	180,250	0,000	0,952	360,500	1,000
Greška	0,027	18	0,001					

Tablica 19. prikazuje utjecaj agrotehničke podloge na x os koja se u ovim mjerenjima pokazala statistički vrlo značajnom.

Tablica 20. Deskriptivna statistika za y os

Zavisna varijabla: y os				
Brzina	Podloga	Aritmetička sredina	Standardna devijacija	N
1	1	0,2000	0,00000	3
	2	0,3000	0,00000	3
	3	0,3000	0,00000	3
	Ukupno	0,2667	0,05000	9
2	1	0,2000	0,00000	3
	2	0,3000	0,00000	3
	3	0,3000	0,00000	3
	Ukupno	0,2667	0,05000	9
3	1	0,1667	0,05774	3
	2	0,3000	0,00000	3
	3	0,3000	0,00000	3
	Ukupno	0,2556	0,07265	9
Ukupno	1	0,1889	0,03333	9
	2	0,3000	0,00000	9
	3	0,3000	0,00000	9
	Ukupno	0,2630	0,05649	27

Tablica 20. prikazuje elemente deskriptivne statistike za svaku pojedinu eksperimentalnu skupinu. Za svaku skupinu navedena je aritmetička sredina, standardna devijacija te broj mjerenja (N) u zavisnoj varijabli: y os.

Tablica 21. Ispitivanje učinka između brzine gibanja i agrotehničke podloge za y os

Zavisna varijabla: y os								
Izvor	Zbrojevi kvadrata	df	Prosječni kvadrat	F	Statistička značajnost	Djelomični kvadrat	Veličina učinka	Statistička snaga
Korigirani model	0,076[a]	8	0,010	25,750	0,000	0,920	206,000	1,000
Prekid	1,867	1	1,867	5041,000	0,000	0,996	5041,000	1,000
Brzina gibanja	0,001	2	0,000	1,000	0,387	0,100	2,000	0,197
Agrotehnička podloga	0,074	2	0,037	100,000	0,000	0,917	200,000	1,000
Brzina gibanja * Agrotehnička podloga	0,001	4	0,000	1,000	0,433	0,182	4.000	0,253
Greška	0,007	18	0,000					
Ukupno	1,950	27						
Ukupno korigirano	0,083	26						

Tablica 21. prikazuje statističku značajnost svih testiranih efekata i njihovu interakciju. Radi se o standardnoj završnoj tablici analize varijance, gdje su navedeni zbrojevi kvadrata, stupnjevi slobode, prosječni kvadrat, veličina F – omjera, statistička značajnost, veličina učinka i statistička snaga za svaki izbor varijabiliteta. Utjecaj prve nezavisne varijable (brzina gibanja) nije se pokazao statistički značajnim (p>0,05). Utjecaj druge nezavisne varijable (agrotehnička podloga) pokazao se statistički značajnim, a interakcija brzine gibanja i agrotehničke podloge nije se pokazala statistički značajnom.

Tablica 22. Procjena utjecaja brzine gibanja na y os

Zavisna varijabla: y os				
			Intervalna procjena aritmetičke sredine uz 95%-tnu sigurnost	
Brzina	Aritmetička sredina	Pogreška aritmetičke sredine	Donja granica	Gornja granica
1	0,267	0,006	0,253	0,280
2	0,267	0,006	0,253	0,280
3	0,256	0,006	0,242	0,269

Tablica 22. prikazuje aritmetičku sredinu, pogrešku aritmetičke sredine i intervalnu procjenu aritmetičke sredine uz 95%-tnu sigurnost.

Tablica 23. Usporedba svih pojedinačnih razlika od po dvije aritmetičke sredine za nezavisnu varijablu *brzina* za y os

Zavisna varijabla: y os						
			Pogreška razlike prosječnih vrijednosti aritmetičkih sredina		Intervalna procjena prave razlike uz 95%-tnu sigurnost	
(I) Brzina	(J) Brzina	Razlika između prosječnih vrijednosti aritmetičkih sredina (I-J)		Statistička značajnost	Donja granica	Gornja granica
1	2	9,063E-19	0,009	1,000	-0,019	0,019
	3	.011	0,009	0,236	-0,008	0,030
2	1	-9,063E-19	0,009	1,000	-0,019	0,019
	3	0,011	0,009	0,236	-0,008	0,030
3	1	-0,011	0,009	0,236	-0,030	0,008
	2	-0,011	0,009	0,236	-0,030	0,008

Tablica 23. prikazuje usporedbu svih pojedinačnih razlika od po dvije aritmetičke sredine za nezavisnu varijablu *brzina* za y os. U tablici se sve testirane razlike pojavljuju dva puta. Iz tablice se vidi da ni jedna pojedinačna razlika nije statistički značajna jer je vjerojatnost slučajne pojave uvijek veća od 0,05.

Tablica 24. Utjecaj brzine gibanja na y os

Zavisna varijabla: y os								
	Zbroj kvadrata	df	Prosječni kvadrat	F	Statistička značajnost	Djelomični kvadrat	Veličina učinka	Statistička snaga
Brzina	0,001	2	0,000	1,000	0,387	0,100	2,000	0,197
Greška	0,007	18	0,000					

Tablica 24. prikazuje utjecaj brzine gibanja koja se u ovim mjerenjima nije pokazala statistički značajnom u smjeru y osi.

Tablica 25. Procjena utjecaja agrotehničke podloge na y os

Zavisna varijabla: y os				
			Intervalna procjena aritmetičke sredine uz 95%-tnu sigurnost	
Podloga	Aritmetička sredina	Pogreška aritmetičke sredine	Donja granica	Gornja granica
1	0,189	0,006	0,175	0,202
2	0,300	0,006	0,287	0,313
3	0,300	0,006	0,287	0,313

Tablica 25. prikazuje aritmetičku sredinu, pogrešku aritmetičke sredine i intervalnu procjenu aritmetičke sredine uz 95%-tnu sigurnost.

Tablica 26. Usporedba svih pojedinačnih razlika od po dvije aritmetičke sredine za nezavisnu varijablu *podloga* za y os

Zavisna varijabla: y os						
					Intervalna procjena prave razlike uz 95%-tnu sigurnost	
(I) Podloga	(J) Podloga	Razlika između prosječnih vrijednosti aritmetičkih sredina (I-J)	Pogreška razlike prosječnih vrijednosti aritmetičkih sredina	Statistička značajnost	Donja granica	Gornja granica
1	2	-0,111*	0,009	0,000	-0,130	-0,092
	3	-0,111*	0,009	0,000	-0,130	-0,092
2	1	0,111*	0,009	0,000	0,092	0,130
	3	1,110E-16	0,009	1,000	-0,019	0,019
3	1	0,111*	0,009	0,000	0,092	0,130
	2	-1,110E-16	0,009	1,000	-0,019	0,019

Tablica 26. prikazuje usporedbu svih pojedinačnih razlika od po dvije aritmetičke za nezavisnu varijablu *podloga* za y os. U tablici se sve testirane razlike pojavljuju dva puta.

Tablica 27. Utjecaj agrotehničke podloge na y os

Zavisna varijabla: y os								
	Zbrojevi kvadrata	df	Prosječni kvadrat	F	Statistička značajnost	Djelomični kvadrat	Veličina učinka	Statistička snaga
Podloga	0,074	2	0,037	100,000	0,000	0,917	200,000	1,000
Greška	0,007	18	0,000					

Tablica 27. prikazuje utjecaj agrotehničke podloge na y os koja se u ovim mjerenjima pokazala statistički vrlo značajnom.

Tablica 28. Deskriptivna statistika za z os

Zavisna varijabla: z os				
Brzina	Podloga	Aritmetička sredina	Standardna devijacija	N
1	1	0,1333	0,05774	3
	2	0,2000	0,00000	3
	3	0,2000	0,00000	3
	Ukupno	0,1778	0,04410	9
2	1	0,1000	0,00000	3
	2	0,3000	0,00000	3
	3	0,2000	0,00000	3
	Ukupno	0,2000	0,08660	9
3	1	0,1667	0,05774	3
	2	0,3000	0,00000	3
	3	0,2000	0,00000	3
	Ukupno	0,2222	0,06667	9
Ukupno	1	0,1333	0,05000	9
	2	0,2667	0,05000	9
	3	0,2000	0,00000	9
	Ukupno	0,2000	0,06794	27

Tablica 28. prikazuje elemente deskriptivne statistike za svaku pojedinu eksperimentalnu skupinu. Za svaku skupinu navedena je aritmetička sredina, standardna devijacija te broj mjerenja (N) u zavisnoj varijabli: z os.

Tablica 29. Ispitivanje učinka između brzine gibanja i agrotehničke podloge za z os

Zavisna varijabla: z os								
Izvor	Zbrojevi kvadrata	df	Prosječni kvadrat	F	Statistička značajnost	Djelomični kvadrat	Veličina učinka	Statistička snaga
Korigirani model	0,107[a]	8	0,013	18,000	0,000	0,889	144,000	1,000
Prekid	1,080	1	1,080	1458,000	0,000	0,988	1458,000	1,000
Brzina gibanja	0,009	2	0,004	6,000	0,010	0,400	12,000	0,820
Agrotehnička podloga	0,080	2	0,040	54,000	0,000	0,857	108,000	1,000
Brzina gibanja * Agrotehnička podloga	0,018	4	0,004	6,000	0,003	0,571	24,000	0,948
Greška	0,013	18	0,001					
Ukupno	1,200	27						
Ukupno korigirano	0,120	26						

Tablica 29. prikazuje statističku značajnost svih testiranih efekata i njihovu interakciju. Radi se o standardnoj završnoj tablici analize varijance, gdje su navedeni zbrojevi kvadrata, stupnjevi slobode, prosječni kvadrat, veličina F – omjera, statistička značajnost, veličina učinka i statistička snaga za svaki izbor varijabiliteta. Utjecaj prve nezavisne varijable (brzina gibanja) nije se pokazao statistički značajnim (p>0,05). Utjecaj druge nezavisne varijable (agrotehnička podloga) pokazao se statistički značajnim, kao i interakcija brzine gibanja i agrotehničke podloge(p<0,05).

Tablica 30. Procjena utjecaja brzine gibanja na z os

Zavisna varijabla: z os				
			Intervalna procjena aritmetičke sredine uz 95%-tnu sigurnost	
Brzina	Aritmetička sredina	Pogreška aritmetičke sredine	Donja granica	Gornja granica
1	0,178	0,009	0,159	0,197
2	0,200	0,009	0,181	0,219
3	0,222	0,009	0,203	0,241

Tablica 30. prikazuje aritmetičku sredinu, pogrešku aritmetičke sredine i intervalnu procjenu aritmetičke sredine uz 95%-tnu sigurnost.

Tablica 31. Usporedba svih pojedinačnih razlika od po dvije aritmetičke sredine za nezavisnu varijablu *brzina* za z os

Zavisna varijabla: z os						
			Pogreška razlike		Intervalna procjena prave razlike uz 95%-tnu sigurnost	
(I) Brzina	(J) Brzina	Razlika između prosječnih vrijednosti aritmetičkih sredina (I-J)	prosječnih vrijednosti aritmetičkih sredina	Statistička značajnost	Donja granica	Gornja granica
1	2	-0,022	0,013	0,100	-0,049	0,005
	3	-0,044*	0,013	0,003	-0,071	-0,017
2	1	0,022	0,013	0,100	-0,005	0,049
	3	-0,022	0,013	0,100	-0,049	0,005
3	1	0,044*	0,013	0,003	0,017	0,071
	2	0,022	0,013	0,100	-0,005	0,049

Tablica 31. prikazuje usporedbu svih pojedinačnih razlika od po dvije aritmetičke sredine za nezavisnu varijablu *brzina* za z os. U tablici se sve testirane razlike pojavljuju dva puta.

Tablica 32. Utjecaj brzine gibanja na z os

Zavisna varijabla: z os								
	Zbroj kvadrata	df	Prosječni kvadrat	F	Statistička značajnost	Djelomični kvadrat	Veličina učinka	Statistička snaga
Brzina	0,009	2	0,004	6,000	0,010	0,400	12,000	0,820
Greška	0,013	18	0,001					

Tablica 32. prikazuje utjecaj brzine gibanja koja se u ovim mjerenjima nije pokazala statistički značajnom u smjeru z osi.

Tablica 33. Procjena utjecaja agrotehničke podloge na z os

Zavisna varijabla: z os				
			Intervalna procjena aritmetičke sredine uz 95%-tnu sigurnost	
Podloga	Aritmetička sredina	Pogreška aritmetičke sredine	Donja granica	Gornja granica
1	0,133	0,009	0,114	0,152
2	0,267	0,009	0,248	0,286
3	0,200	0,009	0,181	0,219

Tablica 33. prikazuje aritmetičku sredinu, pogrešku aritmetičke sredine i intervalnu procjenu aritmetičke sredine uz 95%-tnu sigurnost.

Tablica 34. Usporedba svih pojedinačnih razlika od po dvije aritmetičke sredine za nezavisnu varijablu *podloga* za z os

Zavisna varijabla: z os						
					Intervalna procjena prave razlike uz 95%-tnu sigurnost	
(I) Podloga	(J) Podloga	Razlika između prosječnih vrijednosti aritmetičkih sredina (I-J)	Pogreška razlike prosječnih vrijednosti aritmetičkih sredina	Statistička značajnost	Donja granica	Gornja granica
1	2	-0,133*	0,013	0,000	-0,160	-0,106
	3	-0,067*	0,013	0,000	-0,094	-0,040
2	1	0,133*	0,013	0,000	0,106	0,160
	3	0,067*	0,013	0,000	0,040	0,094
3	1	0,067*	0,013	0,000	0,040	0,094
	2	-0,067*	0,013	0,000	-0,094	-0,040

Tablica 34. prikazuje usporedbu svih pojedinačnih razlika od po dvije aritmetičke za nezavisnu varijablu *podloga* za z os. U tablici se sve testirane razlike pojavljuju dva puta.

Tablica 35. Utjecaj agrotehničke podloge na z os

Zavisna varijabla: z os								
	Zbrojevi kvadrata	df	Prosječni kvadrat	F	Statistička značajnost	Djelomični kvadrat	Veličina učinka	Statistička snaga
Podloga	0,080	2	0,040	54,000	0,000	0,857	108,000	1,000
Greška	0,013	18	0,001					

Tablica 35. prikazuje utjecaj agrotehničke podloge na z os koja se u ovim mjerenjima pokazala statistički vrlo značajnom.

Uočeno je kako je promjena brzine gibanja pokazala je određene promjene u intenzitetu proizvedenih vibracija samo na asfaltnoj podlozi, dok su promjene na lucerni i poljskom putu bilo jedva uočljive. Iz ovih rezultata može se utvrditi da i brzina gibanja traktora ima određeni utjecaj na proizvedenu razinu vibracija koje se prenose i djeluju na trup rukovatelja, ali te promjene nisu statistički značajne. Tip podloge ipak pokazuje veće promjene u intenzitetu vibracija, ali bitno je istaknuti da pri svim obavljenim mjerenjima vibracije nisu prelazile dozvoljene granice te nisu ugrozile zdravlje rukovatelja.

Baesso i sur. (2014.) istraživali su razinu buke i traktorskih vibracija koje proizvode traktori različitih snaga te uspoređivali dobivene rezultate sa postojećim zakonima i regulacijama o dozvoljenoj razini izloženosti čovjeka buci i vibracijama u Brazilu. Traktori na kojima su obavljena mjerenja bili su traktori proizvođača Massey Ferguson tipa 4292, 283, 297 i 680. Dobiveni rezultati pokazali su da je izvedba traktorske sjedalice u kabini apsorbirala sav potencijalni negativan utjecaj ovih faktora te da su radni uvjeti bili zadovoljavajući. Razina izmjerenih vibracija bila je niža od dozvoljenih granica u svih 8 sati ispitivanog rada u smjeru svih mjernih osi (x, y i z) na svim ispitivanim traktorima.

Almeida i sur. (2015.) proučavali su dnevnu izloženost rukovatelja traktora utjecaju vibracija te potencijalne rizike za zdravlje. Svrha njihovog istraživanja bila je procjena razine vibracije na dva različita traktora. Prvi traktor bio je bez kabine, proizveden 1997. godine, a nominalna snaga motora ovog traktora iznosila je 89 kW. Drugi traktor imao je kabinu, proizveden 2014. godine sa nominalnom snagom motora od 65 kW. Uređaj za mjerenje vibracija (akcelerometar) bio je postavljen na više različitih mjesta na traktoru te su na taj način mjerene vibracije sa cjelokupne strukture traktora. Ovim ispitivanjem autori su zaključili da se intenzitet vibracija povećava ukoliko se i vrijeme korištenja traktora povećava. Motor je u traktoru najveći izvor vibracija, a problem je i kod kola upravljača gdje dolazi do kontinuirane izloženosti rukovatelja vibracijama jer rukovatelj preko kola

upravljača traktora održava stalni kontakt i mogućnost upravljanja traktorom. Traktorska kabina pokazala se kao dobra mjera zaštite od negativnog utjecaja na rukovatelja jer su na traktoru s kabinom izmjerene vibracije manjeg intenziteta.

Cutini i sur. (2013.) proveli su istraživanje koje je imalo za cilj prikazati i analizirati vertikalni pomak kotača prilikom gibanja na standardnoj površini (ISO 5008) za utvrđivanje potencijalnih korelacija između površine gibanja, učinaka na dinamiku vozila i udobnosti rukovatelja. Autori su ispitivali poljoprivredni traktor prilikom gibanja po ISO 5008 standardnoj testnoj traci pri različitim uvjetima i pri četiri različite brzine gibanja. Analizom dobivenih rezultata zaključili su da hrapavost podloge inducira transformaciju dijela energije koja se razvije gibanjem prema naprijed u vertikalna ubrzanja (vibracije) koje djeluju na elastične dijelove traktora (gume).

Kabir i sur. (2017.) su u svom istraživanju napravili sustav za mjerenje razine traktorskih vibracija koje djeluju na trup rukovatelja i procjenu potencijalnog rizika na zdravlje rukovatelja djelovanjem istih. Autori su predložili i uvođenje standardne provedbe mjerenja vibracija u testnim stanicama.

Deboli i sur. (2016.) zaključili su da izvedba traktorske sjedalice može u velikoj mjeri smanjiti razinu vibracija koje se prenose i djeluju na rukovatelja. Testiranja su sproveli na traktoru nominalne snage motora 93 kW sa pneumatskim ogibljenjem sjedalice. Testiranja su obavljena na različitim podlogama, pri dvije različite brzine gibanja i sa određenim promjenama u tlaku u pneumaticima i pri različitom teretu. Sva mjerenja obavljena su tri puta radi bolje točnosti podataka. Autori su došli do zaključka da unatoč promjenama uvjeta (tip podloge, tlak u pneumaticima, brzina gibanja), intenzitet vibracija u smjeru Z osi ostaje skoro konstantan, dok su u smjeru X i Y osi zabilježene određene promjene.

Vallone i sur. (2016.) proučavali su rizik izloženosti rukovatelja traktora gusjeničara djelovanju buke i vibracija. Autori su mjerili razinu buke i vibracija na 6 različitih traktora gusjeničara koji su bili spojeni na jednake priključne uređaje. Rezultati su pokazali da su sve zabilježene vrijednosti vibracija u trajanju smjene od 8 sati prelazile dnevnu propisanu granicu izloženosti vibracijama od 0,5 m/s^2, propisanu Direktivom 2002/44/EC Europskog parlamenta. Također su utvrdili da povećanjem starosti i intenziteta upotrebe poljoprivrednog traktora raste i potencijalni rizik od negativnog utjecaja buke i vibracija na rukovatelja.

Singh (2012.) je proučavao utjecaj vibracija na tijelo rukovatelja prilikom gibanja vozila. Zaključio je da se povećanjem vremena izlaganja vibracijama povećava i rizik od poremećaja mišićno-koštanog sustava rukovatelja i mogućnost pojave trajnih oštećenja. Najčešći mišićno-koštani poremećaj nastao izlaganjem vibracijama je bol u donjem dijelu kralježnice.

5.ZAKLJUČAK

Analizom svih rezultata utvrđeno je da su najniže vrijednosti vibracija zabilježene prilikom gibanja traktora po asfaltu u smjeru sve tri osi djelovanja (x, y i z).

Nadalje, jači intenzitet vibracija zabilježen je na lucerištu i poljskom putu, pogotovo na lucerištu u smjeru x osi gdje su i zabilježena najveća ubrzanja vibracija pri svim mjernim brzinama (0,5 m/s^2).

Iz rezultata se može utvrditi da brzina gibanja poljoprivrednog traktora ima utjecaj na ubrzanje vibracija, ali taj utjecaj nije statistički značajan. Međutim, pri različitim brzinama vidljive su određene promjene u ubrzanjima vibracija. Isto tako može se utvrditi, a što i statistika pokazuje da značajan utjecaj na razinu vibracija koja utječe na trup rukovatelja imaju različite agrotehničke podloge.

Pretpostavka je kako izmjerene mehaničke vibracije neće posebno ugroziti zdravlje rukovatelja jer ne prelaze dopuštene granične vrijednosti od 1,15 m/s^2. Nadalje, mjerenjima je utvrđeno da tip podloge po kojoj se giba poljoprivredni traktor značajno može utjecati na intenzitet vibracija koje se prenose preko sjedalice na trup rukovatelja.

6. POPIS LITERATURE

Aranđelović, M., Jovanović, J. (2009.): Medicina rada. Medicinski fakultet u Nišu, Niš.

Baesso, M., Martins, G., Baesso, R., Fischer, C., Silvestrini, J. (2014.): Noise and Vibrations of Tractors: An Ergonomic Evaluation. International Journal of Applied Science and Technology. Vol. 4, No. 4.

Boshuizen, H.C., Bongers, P.M., Hulshof, C. (1992.): Self-Reported Back Pain in Fork-Lift Truck and Freight-Container Tractor Drivers Exposed to Whole-Body Vibration. Spine.

Bovenzi, M., Betta, A. (1994.): Low-back disorders in agricultural tractor drivers exposed to whole-body vibration and postural stress. Applied Ergonoxmics.

Bovenzi, M., Hulshof, C.T.J. (1998.): An updated review of epidemiologic studies on the relationship between exposure to whole-body vibration and low back pain. Journal of Sound and Vibration.

Brkić, D., Vujčić, M., Šumanovac, L., Lukač, P., Kiš, D., Jurić, T., Knežević, D. (2005.): Eksploatacija poljoprivrednih strojeva. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.

Cann, A.P., Salmoni, A.W., Vi, P., Eger, T.R. (2003.): An Exploratory Study of Whole-Body Vibration Exposure and Dose While Operating Heavy Equipment in the Construction Industry. Applied Occupational and Environmental Hygiene.

Cutini, M., Deboli, R., Calvo, A., Preti, C., Inserillo, M., Bisaglia, C. (2013.): Spectral analysis of a standard test track profile during passage of an agricultural tractor. Journal of Agricultural Engineering 2013; Volume XLIV (s2): e145.

Deboli, R., Calvo, A., Preti, C. (2016.): Whole-body vibration: Measurement of horizontal and vertical transmissibility of an agricultural tractor seat. International Journal of Industrial Ergonomics.

DZNM (1999.): Mehaničke vibracije i udari – Ocjenjivanje izloženosti ljudi vibracijama cijeloga tijela – 1. dio: Opći zahtjevi, HRN ISO 2631-1, Zagreb.

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.

Eger, T., Salmoni, A., Cann, A., Jack, R. (2007.): Whole-body vibration exposure experienced by mining equipment operators. Occupational Ergonomics.

Gerhard, N., Laurencia, J., Janos, M., Thomas, M. (2010.): Opasnosti od vibracija koje se prenose na cijelo tijelo i na šake – ruke. Vodič za procjenu rizika u malim i srednjim poduzećima.

Golubović – Bugarski, V. (2010.): Buka i vibracije. Univerzitet u Banjoj Luci, Mašinski fakultet.

Griffin, M.J. (2004.): Minimum health and safety requirements for workers exposed to hand-transmitted vibration and whole-body vibration in the European Union: a review. Occupational and Environmental Medicine.

Industrija mašina i traktora. Radionički priručnik za traktore IMT-558 i IMT-560. Publikacija br. 019755.

Koradecka, D. (2012.): The roots of Ergonomic: „Wojciech Jastrzebowski – An outline of Ergonomics or the science of work based upon the truth drawn from the science of nature. The Journal of Science of Labour, vol. 88.

Kumar, A., Varghese, M., Mohan, D., Mahajan, P., Gulati, P., Kale, S. (1999.): Effect of Whole-Body Vibration on the Low Back: A Study of Tractor-Driving Farmers in North India. Spine.

Levy, B.S., Wegman, D.H., Baron, S.L., Sokas, R.K. (2011.): Occupational and Environmental Health, Recognizing and Preventing Disease and Injury. Oxford.

Nur Kabir, Md.S., Chung, S., Kim, Y., Sung, N., Hong, S. (2017.): Measurement and evaluation of whole body vibration of agricultural tractor operator. International Journal of Agricultural & Biological Engineering. Vol. 10, No. 1.

Paddan, G.S., Griffin, M.J. (2002.): Evaluation of whole-body vibration in vehicles. Journal of Sound and Vibration.Vallone, M., Bono, F., Quendler, E., Febo, P., Catania, P. (2016.): Risk exposure to vibration and noise in the use of agricultural track-laying tractors. Annals of Agricultural and Environmental Medicine. Vol. 24, No. 4., 591 – 597.

Palmer, K., Haward, B., Griffin, M., Bendall, H., Coggon, D. (2000.): Validity of self reported occupational exposures to hand transmitted and whole body vibration. Occupational & Environmental Medicine.

Radečić, M. (2011.): Ergonomija na radnom mjestu zdravstvenih djelatnika. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet.

Smith, D.R., Leggat, P.A. (2005.): Whole-Body Vibration. Health effects, measurement and minimization. Professional Safety; Des Plaines 50.7.

Taboršak, D. (1995.): Ergonomija i medicina rada. Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

Tanković, A., Suljić – Beganović, F., Talajić, M., Lutvica, S., Lutvica, E., Goletić, A. (2015.): Uticaj vibracija na ljudski organizam. Bilten ljekarske komore.

Viera de Almeida, S., Carlos Spneski Sperotto, F., Da Silva Doimo, L., Pereira da Silva Correia, T., Guarnetti dos Santos, J.E., Roberto Arbex Silva, P. (2015.): Analysis of vibration levels in agricultural tractor with and without cabin, African Journal of Agricultural Research. Vol. 10(53), pp. 4945-4949.

URL1: http://www.pmt.hr/tinymce/plugins/imagemanager/files/Valtra_versu/VersuCab.gif 20.7.2017. godine

URL2: http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=64462 24.7.2017.

URL3: http://www.znrfak.ni.ac.rs/SERBIAN/010-STUDIJE/OAS-3-2/PREDMETI/II%20GODINA/203-FIZICKI%20PARAMETRI%20RIZS/PREDAVANJA/Fizicki%20koncept%20vibracija.pdf 24.7.2017. godine

URL4: http://www.vasdoktor.com/medicina-rada/1336-fiziologija-i-psihologija-rada 24.7.2017. godine

URL5: http://images.medicinenet.com/images/appictures/raynauds-phenomenon-s4-signs-symptoms.jpg 25.7.2017. godine

URL6: http://www.web-trgovina.profi-al.hr/slike/velike/bosch-gdb-2500-we-dijamantna-busilica-00070_2.jpg 25.7.2017. godine

URL7: http://www.zastitanaradu.eu/component/k2/item/1050-vibracije-cijeloga-tijela.html 28.7. 2017. godine

URL8: http://www.savjetodavna.hr/adminmax/images/news/2012-11/baranja2_naslovna.jpg 28.7.2017. godine

URL9: http://i86.servimg.com/u/f86/18/69/73/18/imt-5511.jpg 2.8.2017. godine

URL10: http://emin.vn/en/MMF-VM30-H-Vibration-Meters-100ms---6000-ms%C2%B2---RMS--3-803p12523sl2.html 2.8.2017. godine

URL11: https://www.mmf.de/images/large/vm30-w_vorn.jpg 2.8.2017. godine

7.SAŽETAK

U radu su obrađeni rezultati istraživanja mjerenja razine traktorskih vibracija koje djeluju na trup rukovatelja pri različitim agrotehničkim podlogama (asfalt, lucerna i poljski put) i brzinama gibanja poljoprivrednog traktora (4, 5 i 6 km/h). Sva mjerenja provedena su u skladu s propisanim normama HRN ISO 2631-1 i HRN ISO 2631-4.

Mjerenja su obavljena na traktoru proizvođača IMT tipa 558 u Dardi. Mjerenja su obavljena uređajem MMF VM30.

U rezultatima je vidljivo da različite agrotehničke podloge i gibanje traktora različitim brzinama dovodi do stvaranja vibracija različitog intenziteta koje se prenose i djeluju na trup rukovatelja. Najniže vrijednosti vibracija zabilježene su na asfaltu, dok su na lucerni i poljskom putu zabilježene nešto veća ubrzanja vibracija, ali ni one nisu prelazile propisane granične vrijednosti.

8.SUMMARY

This paper analizes the results of the measurement of the vibration on different agrotecnical surfaces and the speed of tractor affecting the operator's body in accordance with prescribed norms HRN ISO 2631-1 i HRN ISO 2631-4.

All measurements were carried out on the tractor IMT-558. Measurement device was MMF VM30.

The results show that different agrotechnical surfaces and speed of movement result in vibrations of different intensity that are transmitted and have impact on the operator’s body. The lowest vibrations were measured on the asphalt, while the alfalfa and the road produced some higher vibrations.

10.POPIS TABLICA

Tablica 1. Ocjena utjecaja na zdravlje (stranica 6.)

Tablica 2. Skala procjene rizičnosti radnog mjesta (stranica 7.)

Tablica 3. Izmjerene vrijednosti vibracija na asfaltnoj podlozi pri brzini gibanja od 4 km/h i srednja vrijednost (stranica 19.)

Tablica 4. Izmjerene vrijednosti vibracija na podlozi prekrivenoj lucernom pri brzini gibanja od 4 km/h i srednja vrijednost (stranica 19.)

Tablica 5. Izmjerene vrijednosti vibracija na poljskom putu pri brzini gibanja od 4 km/h i srednja vrijednost (stranica 20.)

Tablica 6. Izmjerene vrijednosti vibracija na asfaltnoj podlozi pri brzini gibanja od 5 km/h i srednja vrijednost (stranica 21.)

Tablica 7. Izmjerene vrijednosti vibracija na podlozi prekrivenoj lucernom pri brzini gibanja od 5 km/h i srednja vrijednost (stranica 21.)

Tablica 8. Izmjerene vrijednosti vibracija na poljskom putu pri brzini gibanja od 5 km/h i srednja vrijednost (stranica 22.)

Tablica 9. Izmjerene vrijednosti vibracija na asfaltnoj podlozi pri brzini gibanja od 6 km/h i srednja vrijednost (stranica 23.)

Tablica 10. Izmjerene vrijednosti vibracija na podlozi prekrivenoj lucernom pri brzini gibanja od 6 km/h i srednja vrijednost (stranica 23.)

Tablica 11. Izmjerene vrijednosti vibracija na poljskom putu pri brzini gibanja od 6 km/h i srednja vrijednost (stranica 24.)

Tablica 12. Deskriptivna statistika za x os (stranica 25.)

Tablica 13. Ispitivanje učinka između brzine gibanja i agrotehničke podloge za x os (stranica 26.)

Tablica 14. Procjena utjecaja brzine gibanja na x os (stranica 26.)

Tablica 15. Usporedba svih pojedinačnih razlika od po dvije aritmetičke sredine za nezavisnu varijablu *brzina* za x os (stranica 27.)

Tablica 16. Utjecaj brzine gibanja na x os (stranica 27.)

Tablica 17. Procjena utjecaja agrotehničke podloge na x os (stranica 28.)

Tablica 18. Usporedba svih pojedinačnih razlika od po dvije aritmetičke sredine za nezavisnu varijablu *podloga* za x os (stranica 28.)
Tablica 19. Utjecaj agrotehničke podloge na x os (stranica 28.)
Tablica 20. Deskriptivna statistika za y os (stranica 29.)
Tablica 21. Ispitivanje učinka između brzine gibanja i agrotehničke podloge za y os (stranica 30.)
Tablica 22. Procjena utjecaja brzine gibanja na y os (stranica 30.)
Tablica 23. Usporedba svih pojedinačnih razlika od po dvije aritmetičke sredine za nezavisnu varijablu *brzina* za y os (stranica 31.)
Tablica 24. Utjecaj brzine gibanja na y os (stranica 31.)
Tablica 25. Procjena utjecaja agrotehničke podloge na y os (stranica 32.)
Tablica 26. Usporedba svih pojedinačnih razlika od po dvije aritmetičke sredine za nezavisnu varijablu *podloga* za y os (stranica 32.)
Tablica 27. Utjecaj agrotehničke podloge na y os (stranica 33.)
Tablica 28. Deskriptivna statistika za z os (stranica 33.)
Tablica 29. Ispitivanje učinka između brzine gibanja i agrotehničke podloge za z os (stranica 34.)
Tablica 30. Procjena utjecaja brzine gibanja na z os (stranica 34.)
Tablica 31. Usporedba svih pojedinačnih razlika od po dvije aritmetičke sredine za nezavisnu varijablu *brzina* za z os (stranica 35.)
Tablica 32. Utjecaj brzine gibanja na z os (stranica 35.)
Tablica 33. Procjena utjecaja agrotehničke podloge na z os (stranica 36.)
Tablica 34. Usporedba svih pojedinačnih razlika od po dvije aritmetičke sredine za nezavisnu varijablu *podloga* za z os (stranica 36.)
Tablica 35. Utjecaj agrotehničke podloge na z os (stranica 37.)

11.POPIS SLIKA

Slika 1. Razvijenost radnog okruženja u traktorskoj kabini (stranica 1.)

Slika 2. Ilustracija prisutnosti vibracija u svakodnevnom životu (stranica 2.)

Slika 3. Razina vibracija različitih izvora (stranica 4.)

Slika 4. Parametri vibracija: pomak, brzina i ubrzanje (stranica 6.)

Slika 5. Rad sa vibrirajućim uređajem (stranica 8.)

Slika 6. Primjeri Raynaudovog sindroma (stranica 10.)

Slika 7. Izvođenje operacije oranja (stranica 11.)

Slika 8. Traktor IMT-558 (stranica 13.)

Slika 9. Glavne mjere traktora IMT-558 (stranica 14.)

Slika 10. Prikaz postavljanja mjernog uređaja na sjedalicu (stranica 15.)

Slika 11. Prikaz pravaca mjerenja (stranica 15.)

Slika 12. Prikaz pravaca djelovanja vibracija na određene dijelove tijela u sjedećem položaju (stranica 16.)

Slika 13. Wk težinski filter (stranica 16.)

Slika 14. Wd težinski filter (stranica 17.)

Slika 15. Uređaj za mjerenje vibracija MMF VM30 (stranica 18.)

12.POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Prikaz srednjih vrijednosti vibracija pri brzini gibanja od 4 km/h (stranica 20.)

Grafikon 2. Prikaz srednjih vrijednosti vibracija pri brzini gibanja od 5 km/h (stranica 22.)

Grafikon 3. Prikaz srednjih vrijednosti vibracija pri brzini gibanja od 6 km/h (stranica 24.)

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Sveučilišni diplomski studij, smjer Mehanizacija

UTJECAJ BRZINE GIBANJA I AGROTEHNIČKIH PODLOGA NA PROIZVEDENU RAZINU VIBRACIJA KOJE UTJEČU NA TRUP RUKOVATELJA

Anto Nikolić

Sažetak: U radu su obrađeni rezultati istraživanja mjerenja razine traktorskih vibracija koje djeluju na trup rukovatelja pri različitim agrotehničkim podlogama (asfalt, lucerna i poljski put) i brzinama gibanja poljoprivrednog traktora (4, 5 i 6 km/h). Sva mjerenja provedena su u skladu s propisanim normama HRN ISO 2631-1 i HRN ISO 2631-4. Mjerenja su obavljena na traktoru proizvođača IMT tipa 558. Sva mjerenja iz ovog rada obavljena su u Dardi. Mjerenja su obavljena uređajem MMF VM30. U rezultatima je vidljivo da različite agrotehničke podloge i gibanje traktora različitim brzinama dovodi do stvaranja vibracija različitog intenziteta koje se prenose i djeluju na trup rukovatelja. Najniže vrijednosti vibracija zabilježene su na asfaltu, dok su na lucerni i poljskom putu zabilježene nešto veća ubrzanja vibracija, ali ni one nisu prelazile propisane granične vrijednosti.

Rad je izrađen pri: Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Mentor: doc. dr. sc. Ivan Plaščak

Broj stranica: 50

Broj grafikona i slika: 18

Broj tablica: 35

Broj literaturnih navoda: 38

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: poljoprivredni traktor, vibracije, trup, agrotehničke podloge, brzina gibanja

Datum obrane:

Stručno povjerenstvo za obranu:

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

Rad je pohranjen u: Knjižnica Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, Sveučilištu u Osijeku, Kralja Petra Svačića 1d.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

Faculty of Agriculture

University Graduate Studies, course Mechanization

IMPACT OF DRIVING SPEED AND AGROTECHNICAL SURFACE ON VIBRATION LEVELS THAT AFFECT OPERATOR BODY

Anto Nikolić

Abstract: This paper analizes the results of the measurement of the vibration on different agrotecnical surfaces and the speed of tractor affecting the operator's body in accordance with prescribed norms HRN ISO 2631-1 i HRN ISO 2631-4. All measurements were carried out on the tractor IMT-558. Measurement device was MMF VM30. The results show that different agrotechnical surfaces and speed of movement result in vibrations of different intensity that are transmitted and have impact on the operator's body. The lowest vibrations were measured on the asphalt, while the alfalfa and the road produced some higher vibrations.

Thesis performed at: Faculty of Agriculture in Osijek

Mentor: doc. dr. sc. Ivan Plaščak

Number of pages: 50

Number of figures: 18

Number of tables: 35

Number of appendices: 38

Original in: Croatian

Key words: agricultural tractor, vibrations, body, agricultural surfaces, speed

Thesis defended on date:

Reviewers:

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

Thesis deposited at: Library, Faculty of Agriculture in Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Kralja Petra Svačića 1d.