



UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE GOZDNE  
VIRE

Gregor ŽUNIČ

**OBREMENITVE TRAKTORISTA PRI  
SPRAVILU LESA**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij - 1. stopnja

Ljubljana, 2010

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Gregor Žunič

**OBREMENTIVE TRAKTORISTA PRI SPRAVILU LESA**

DIPLOMSKO DELO  
(Univerzitetni študij - 1. stopnja)

**TRACTOR DRIVER LOADS BY TIMBER HARVEST**

B. Sc. Thesis  
(Academic Study Programmes)

Ljubljana, 2010

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija gozdarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za gozdno tehniko in ekonomiko Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Težavnost dela in obremenitve traktoristov z vibracijami in hrupom ter hkratna študija časa in učinkov je bila izvedena v gozdnogospodarskem območju Novo mesto, Postojna in Kočevje.

Študijska komisija Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire je za mentorja diplomskega dela imenovala prof.dr. Igorja Potočnika.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Gregor Žunič

**KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA**

ŠD	Du1
DK	GDK 377.44+302(043.2)=163.6
KG	pulz/ropot/hrup/vibracije/tresenje/težavnost dela/traktor/spravilo lesa
AV	ŽUNIČ, Gregor
SA	POTOČNIK, Igor (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
LI	2010
IN	OBREMENITVE TRAKTORISTA PRI SPRAVILU LESA
TD	diplomsko delo (univerzitetni študij – 1. stopnja)
OP	IX, 62 str., 7 pregl., 10 sl., 5 pril., 18 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AL	Leta 2009 je bila narejena raziskava na gozdnih delavcih - traktoristih pri traktorskem spravilu lesa. Raziskovalni objekti so se nahajali na območju visokega krasa na GGO Postojna, Novo mesto in Kočevje. Obremenitve traktoristov med spravilom lesa so bile merjene s štirimi prilagojenimi kmetijskimi traktorji ter dvema zgibnikoma. V prvem delu diplomske naloge je predstavljena splošna slika traktoristove fizične obremenjenosti ter obremenjenosti z vibracijami in ropotom po posameznih delovnih operacijah ter delovnih postopkih. Izračunana je tudi modelna obremenjenost z vibracijami. Primerjana je z veljavnima Pravilnikoma. Ugotovitve kažejo, da je traktorist v danih delovnih razmerah preobremenjen tako fizično kot tudi z ropotom in vibracijami. V drugem delu diplomske naloge pa je narejena primerjava fizične obremenjenosti traktorista ter obremenjenosti z ropotom in vibracijami glede na posamezen traktor. Primerjava traktorjev je pokazala, da pri sedanjem nivoju znanja ne moremo zagotovo napovedati, kateri traktor bo v danih delovnih pogojih za traktorista najbolj ergonomsko primeren.

**KEY WORDS DOCUMENTATION**

DN	Gth
DC	FDC 377.44+302(043.2)=163.6
CX	heart beat/noise/vibrations/loads/tractor/timber harvest
AU	ŽUNIČ, Gregor
AA	POTOČNIK, Igor (supervisor)
PP	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
PB	University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources
PY	2010
TI	TRACTOR DRIVER LOADS BY TIMBER HARVEST
DT	Gradual Thesis (University studies)
NO	IX, 62 p., 7 tab., 10 fig., 5 ann., 18 ref.
LA	sl
AL	sl/en
AB	Researches were made on tractor drivers in year 2009. Objects were located at the area of Slovenian high carst in GGO Postojna, Novo mesto and Kočevje. Loads were measured by timber harvest on 4 adjusted agricultural tractors and 2 skidders. First part of this gradual thesis presents overall structure of physical loads, loads by vibrations and loads by noise by individual working operations and working procedures. Calculated modular loads by vibrations and by noise were compared with valid standards. The analyzes of results show us that tractor drivers were over loaded physically, by vibrations and by noise. Loads by each tractor are present in the second part. The analyses of results show us that with a current level of knowledge we can not certainly predict which tractor is the best to work within different working environments.

**KAZALO VSEBINE**

<b>1</b>	<b>UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>NAMEN NALOGE.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>PREGLED OBJAV .....</b>	<b>4</b>
3.1	VIBRACIJE.....	4
3.2	ROPOT .....	7
3.3	SRČNI UTRIP .....	9
<b>4</b>	<b>OBJEKTI IN METODE RAZISKOVANJA .....</b>	<b>11</b>
4.1	OBJEKTI RAZISKOVANJA .....	11
4.1.1	Območje raziskovanja.....	11
4.1.2	Kategorizacija brezpotja.....	12
4.1.3	Kategorizacija sekundarnih prometnic.....	12
4.1.4	Kategorizacija stanja vlak .....	13
4.2	SESTAVINE IN SESTAVA DELOVNEGA ČASA .....	13
4.2.1	Časovna študija.....	13
4.2.2	Razčlenitev traktorskega spravila lesa .....	14
4.3	METODA RAZISKOVANJA.....	17
4.3.1	Snemanje jakosti vibracij .....	18
4.3.2	Snemanje jakosti ropota .....	20
4.3.3	Snemanje fizične obremenitve.....	23
4.3.4	Snemanje učinkov pri spravilu lesa .....	26
4.3.5	Snemanje vzdolžnega profila vlake.....	26
4.3.6	Snemanje trenutnih vremenskih razmer.....	26
<b>5</b>	<b>REZULTATI Z RAZPRAVO .....</b>	<b>27</b>
5.1	LASTNOSTI TRAKTORJA, OBJEKTA RAZISKAVE, TRAKTORISTA TER VREMENSKE RAZMERE.....	27
5.2	OBREMENITVE TRAKTORISTA PO DELOVNIH OPERACIJAH .....	29
5.2.1	Struktura časa.....	29
5.2.2	Težavnost dela.....	31
5.2.3	Obremenjenost z ropotom .....	34
5.2.4	Obremenjenost z vibracijami .....	39

5.3	ERGONOMSKA PRIMERNOST POSAMEZNEGA TRAKTORJA .....	40
5.3.1	Struktura časa.....	42
5.3.2	Težavnost dela.....	43
5.3.3	Obremenjenost z ropotom .....	44
5.3.4	Obremenjenost z vibracijami .....	47
6	SKLEPI .....	48
5	VIRI .....	52
	ZAHVALA .....	54
	PRILOGE.....	55



**KAZALO PREGLEDNIC**

Preglednica 1: Jakost vibracij pri spravilu lesa s traktorji (Košir, 1982) .....	5
Preglednica 2: Jakost vibracij na sedežu traktorja pri spravilu lesa (Lipoglavšek in Koren, 1982).....	6
Preglednica 3: Obremenjenost traktorista z ropotom pri spravilu lesa (Lipoglavšek, 1981) 7	
Preglednica 4: Obremenitev z ropotom pri spravilu lesa s traktorji (Lipoglavšek in Koren, 1982).....	8
Preglednica 5: Pregled pomembnejših lastnosti objektov raziskave, delovnih ter vremenskih razmer .....	28
Preglednica 6: Analiza težavnosti dela ter obremenjenosti z ropotom in vibracijami glede na delovne operacije .....	30
Preglednica 7: Rezultati za težavnost dela ter obremenjenost z ropotom in vibracijami glede na produktivni, neproduktivni ter delovni čas .....	41

**KAZALO SLIK**

Slika 1: Adapter BRÜEL & KJAER 4515-B-002 na enem izmed sedežev (Foto: Anton Poje).....	18
Slika 2: Traktorist opremljen s pripravami za snemanje hrupa (Foto: Anton Poje).....	22
Slika 3: Sprejemni del instrumenta POLAR 610i v obliki zapestne ure (Foto: Anton Poje) .....	24
Slika 4: Traktorist med vezanjem (Foto: Jernej Jevšenak).....	31
Slika 5: Traktorist med obrobjanjem (Foto: Jernej Jevšenak).....	33
Slika 6: Traktorist med delovnim postopkom dodatno krojenje (Foto: Jernej Jevšenak) ...	36
Slika 7: Prikaz strukture delovnega časa po posameznih traktorjih .....	42
Slika 8: Prikaz strukture delovnega časa po delovnih operacijah po posameznih traktorjih .....	43
Slika 9: Prilagojeni kmetijski traktor MASSEY FERGUSON 4345 (Foto: Gregor Žunič)	45
Slika 10: Prilagojen kmetijski traktor IMT 571 (Foto: Jernej Jevšenak) .....	46

## KAZALO PRILOG

PRILOGA A: Vzdolžni profili vlak (točka s koordinatama (0,0) predstavlja začetek polne vožnje) .....	55
PRILOGA B: Snemalni list za snemanje obremenitev .....	59
PRILOGA C: Snemalni list za snemanje učinkov pri spravilu lesa .....	60
PRILOGA D: Snemalni list za snemanje splošnih podatkov, lastnosti objekta, stroja, delavca ter vremenske razmere.....	61
PRILOGA E: Snemalni list za snemanje prečnega profila vlak.....	62

## 1 UVOD

»Kadar vstopite v bolnikovo hišo, ga vprašajte, kakšne bolečine ima, kaj jih je povzročilo, koliko dni je že bolan, če ima prebavo v redu in kakšno hrano uživa.« Tako pravi Hipokrat v svoji knjigi »Obolenja«, jaz pa bi se drznil dodati še eno vprašanje: »Kakšen poklic opravlja?« (Ramazzini, 1700, cit. po Bilban, 1999).

Za današnjega človeka je delo na delovnem mestu izjemno pomembno, saj tu preživi polovico svojega budnega časa. Najti svoje pravo delo, za katerega se človek počuti poklicanega, pomeni najti svoje zadovoljstvo. Človek naravo dejavno spreminja, ko jo v proizvodnem procesu prilagaja svojim potrebam in si jo prisvaja. V tem procesu se tudi sam spreminja (Bilban, 1999: 62)

Poklicno delo mora potekati v stanju dinamičnega ravnotežja. Obremenitve, ki jim je delavec izpostavljen na delovnem mestu izzovejo v organizmu odgovor. Obremenjenosti so posledice obremenitev, vendar modificirane od človekovih dispozicij. Zato reakcije človeka na iste obremenitve niso vselej enake.

Delovno mesto mora biti ergonomsko oblikovano z upoštevanjem številni dejavnikov, ki od znotraj ali od zunaj vplivajo na človeka, ki dela. Še največji problem pri oblikovanju delovnih mest so poklicna obolenja. Le-ta so zelo zahrbtna, saj se lahko pojavijo kaj kmalu ali šele čez določeno obdobje. Povzroči jih lahko že občasna prisotnost nekega delovnega sredstva na delovnem mestu, lahko pa tudi njihovo upravljanje. Največja problema pri rokovanju z delovnimi sredstvi sta ropot in vibracije, ki nastaneta pri delovanju le-teh.

Prav zato je pomembno, da ugotavljamo, kolikšne so obremenitve med delom in delo oblikujemo tako, da so le-te čim manjše. S tem dosežemo zadovoljstvo pri delu, večjo pripravljenost za delo in višji delovni učinek (Potočnik, 2008).

Posledice preobremenjenosti se kažejo predvsem kot zmanjševanje maksimalne mišične moči, zmanjševanje delovnega učinka (tako po količini kot po kakovosti), zmanjševanje kompliciranih refleksnih sposobnosti in podaljševanje reakcijskega časa, kar končno pomeni tudi zmanjšano varnost. Vse to lahko vodi do delovne nesreče, kar ima lahko za posledico začasno ali trajno invalidnost, različna poklicna obolenja, v najslabšem primeru pa celo smrt delavca.

Težavnost dela traktorista je odvisna od številnih dejavnikov, kot so njegova fizična zmogljivost, starost, indeks telesne teže ter način dela. Na težavnost vplivajo tudi delovne razmere – povprečna velikost sortimentov, nagib in prehodnost terena, temperatura zraka, vlažnost zraka, hitrost gibanja zraka ter uporabljena delovna sredstva.

Diplomska naloga je osredotočena na najpomembnejše fizikalne dejavnike, ki vplivajo na zdravje in počutje traktorista. Merili smo jakost ropota in vibracij ter trenutne vremenske razmere. Delavcu smo izmerili tudi pulz (srčni utrip), ki je najboljše merilo za oceno skupne delovne obremenitve in fizične zahtevnosti dela. Za vsakega izmed navedenih dejavnikov so predpisane različne opozorilne, zgornje ter spodnje meje – državni in mednarodno sprejeti standardi, ki varujejo zdravje delavca.

Da bi pridobili čim bolj natančno sliko obremenjenosti traktorista, smo vse parametre natančno izmerili na znanstveni način. Pri tem je pomembno spoznanje, da se nekateri gozdni delavci želijo pri snemanju prikazati v čim boljši luči, zato pri delu pogostokrat pretiravajo. Posledično izmerjeni parametri zato ne odražajo realnih delovnih razmer.

## **2 NAMEN NALOGE**

Namen diplomske naloge je ugotoviti različne obremenitve traktoristov pri spravilu lesa, jih primerjati s sprejetimi dopustnimi mejami ter ugotovitvami v dosedanjih raziskavah.

Namen diplomskega dela je tako:

- ugotoviti splošno sliko fizične obremenjenosti traktoristov ter splošno sliko obremenjenosti traktoristov z ropotom in vibracijami po delovnih operacijah,
- primerjati ugotovljene obremenitve s sprejetimi dopustnimi mejami,
- z ergonomskega vidika primerjati spravilo lesa z različnimi tipi traktorjev (med prilagojenimi kmetijskimi traktorji (PKT) in specialnimi gozdarskimi traktorji - zgibniki).

### **3 PREGLED OBJAV**

V Sloveniji in v tujini je moč opaziti, da se večina raziskav bolj osredotoča na merjenje in proučevanje učinkov pri delu, kot na ergonomsko primernost delovnih mest. To je sicer ugodno iz delodajalčevega kratkoročnega vidika, nikakor pa ne iz dolgoročnega. Zavedati se moramo, da je delodajalec nosilec tako moralne kot tudi pravne odgovornosti za zdravje svojih delavcev. Pri tem mora svojo vlogo odigrati tudi družba oziroma država s svojimi zakonskimi predpisi in omejitvami.

Diplomska naloga zajema dokaj širok ergonomski spekter raziskav, zato smo jih v nadaljevanju razdelili glede na vsebino na podpoglavja: vibracije, ropot in srčni utrip - pulz.

#### **3.1 VIBRACIJE**

Košir (1982) ugotavlja, da so jakosti vibracij, ki dosežejo voznika, odvisne od sedeža ter od celotne konstrukcije vozila. Pri tem naj bi bilo pomembno predvsem urejeno vzmetenje na vozilu, prenos moči iz motorja na pogonska kolesa ter velikost in oblika gum (gosenic). V raziskavo je bil vključen adaptiran kolesnik IMT 558, dva zgibna traktorja TIMBERJACK (208 in 209D) ter adaptiran goseničar FIAT 505C.

**Preglednica 1: Jakost vibracij pri spravilu lesa s traktorji (Košir, 1982)**

Element dela \ Traktor	Vektorski pospešek (m/s <sup>2</sup> )		
	IMT 558	TIMBERJACK	FIAT 505C
Prazna vožnja	3,28	3,44	5,25
Razvlačevanje	0,55	0,30	0,43
Vežanje	0,51	0,16	0,46
Privlačevanje	1,76	2,22	1,47
Polna vožnja	3,53	3,29	6,20
Odvezovanje	0,91	0,40	0,43
Rampanje	2,81	3,01	2,58
Produktivni čas	2,65	2,77	4,29

Avtor ugotavlja, da so obremenitve traktorista z vibracijami odvisne od strukture produktivnega časa in značilnosti vibracij (od jakosti, frekvence in smeri vibracij). Po njegovem mnenju na strukturo produktivnega časa kot tudi na smer vibracij odločilno vplivajo delovne razmere. Analiza vertikalne komponente vibracij, v odvisnosti od časovne strukture produktivnega časa v ciklusu, je pokazala, da pri vseh treh tipih traktorjev obremenitve voznika z vertikalnimi pospeški degresivno naraščajo z večanjem deleža prazne in polne vožnje.

Lipoglavšek in Koren (1982) sta še istega leta proučevala ergonomске značilnosti traktorja IMT 560 za spravilo lesa. Spodnja preglednica (preglednica 2) prikazuje izračunane vektorske velikosti vibracij in primerjavo s traktorjem IMT 558.



**Preglednica 2: Jakost vibracij na sedežu traktorja pri spravilu lesa (Lipoglavšek in Koren, 1982)**

Traktor Element dela	Velikost pospeška (m/s <sup>2</sup> )					
	IMT 560				IMT 558	
	Ver.	Hor.	Aks.	Povpr.	Povpr.	Delovišče Selce
Prazna vožnja	3,50	2,57	1,49	4,59	3,28	5,45
Razvlačevanje	0,16	0,12	0,06	0,21	0,55	1,64
Vežanje	0,16	-	0,17	0,23	0,51	1,30
Privlačevanje	3,26	3,22	1,43	4,80	1,76	2,69
Polna vožnja	2,97	3,50	2,29	5,13	3,53	5,40
Odvezovanje	0,30	-	0,99	1,03	0,91	2,00
Rampanje	2,63	-	-	2,63	2,81	0,63
Produktivni čas	2,62	2,73	1,42	4,04	2,65	4,64

Avtorja navajata, da je bila obremenjenost traktorista z vsemi vibracijami pri spravilu lesa s traktorjem IMT 560 precej večja od povprečja meritev traktorja IMT 558, povprečna velikost vibracij v vseh treh smereh na sedežu traktorja IMT 560 pa večja kot pri traktorju IMT 558.

Obremenjenost traktoristov z vibracijami je na Japonskem proučeval tudi Shishiuchi (1972). Raziskava je bila opravljena na gramoznih gozdnih tleh. Rezultati so pokazali, da so bile vibracije goseničnega tipa traktorja večje od vibracij ostalih tipov traktorja ter da je znašala povprečna amplituda pospeševanja na voznikovem sedežu do 0,5 g (4,46 m/s<sup>2</sup>). Ugotovili so še, da je bila jakost vibracij pri nizkih hitrostih majhna in je znašala le 0,1 g (0,89 m/s<sup>2</sup>). V raziskavi so merili tudi pospešek med vožnjo (v smeri vožnje in navpično na vlako) ter prišli do ugotovitve, da je bil pospešek na sedežu traktorista 0,6-krat manjši od tistega na traktorskem ogrodju.

### 3.2 ROPOT

Lipoglavšek (1981) je, v članku z naslovom Obremenitev delavcev z ropotom pri spravilu lesa, ugotavljal obremenitve traktoristov z ropotom pri spravilu lesa z adaptiranimi kolesniki IMT 558, z zgibniki TIMBERJACK ter goseničarji FIAT 505C. Rezultate raziskave prikazuje spodnja preglednica (preglednica 3).

**Preglednica 3: Obremenjenost traktorista z ropotom pri spravilu lesa (Lipoglavšek, 1981)**

Element dela	Traktor	LAeq.kor (dB(A))		
		IMT 558	FIAT 505C	TIMBERJACK
Prazna vožnja		92,6	93,1	101,1
Razvlačevanje		76,0	64,4	82,1
Vežanje		75,9	64,1	81,8
Privlačevanje		89,4	83,7	94,8
Polna vožnja		95,6	91,4	100,0
Odvezovanje		78,6	69,4	83,8
Rampanje		90,3	86,7	98,9
Neproduktivni čas		82,2	77,1	95,7
Produktivni čas		91,3	89,8	98,0
Delovni čas		90,7	89,1	97,2

Avtor navaja, da so bile obremenitve na posameznih deloviščih še večje in so bile odvisne od strukture delovnega časa, dolžine in naklona vlake, števila kosov v bremenu in organizacije dela. Obremenjenost z ropotom je naraščala z večjo spravno razdaljo in padala z večjim številom kosov v bremenu. Po njegovih ugotovitvah je bi bil traktorist, ki je imel pomožnega delavca, bolj obremenjen z ropotom, kot tisti, ki je delo traktorista opravljal samostojno. Obremenitev je bi bila odvisna od vzdolžnega naklona vlake. Najnižja je bila pri blago navzdol nagnjenih vlakah. Pri spravilu z žičnimi žerjavi so bile obremenitve z ropotom največje pri spravilu navzdol po dolgih trasah. V povprečju so znašale pri spravilu navzdol 102, navzgor pa 99 dB(A).

Ropot pri prilagojenem kmetijskem traktorju IMT 560 sta proučevala tudi Lipoglavšek in Koren (1982). V spodnji preglednici (preglednica 4) podajamo rezultate raziskave ter primerjavo s traktorjem IMT 558.

**Preglednica 4: Obremenitev z ropotom pri spravilu lesa s traktorji (Lipoglavšek in Koren, 1982)**

Element dela \ Traktor	LAeq.kor (dB (A))				
	IMT 560			IMT 558	
	Cikel 1	Cikel 2	Skupaj	Povpr.	Delovišče Selce
Prazna vožnja	94,8	97,9	96,5	92,6	93,8
Razvlačevanje	40,0	40,0	40,0	76,0	82,3
Vezanje	40,0	40,0	40,0	75,9	81,7
Privlačevanje	89,9	91,9	90,8	89,3	90,4
Polna vožnja	94,7	95,3	94,9	95,6	93,8
Odvezovanje	73,9	82,7	81,6	78,6	81,6
Rampanje	-	91,1	91,1	90,3	89,6
Produktivni čas	93,3	94,6	94,2	91,3	91,6
Delovni čas	92,4	93,7	93,3	90,4	90,7

Avtorja ugotavljata, da je bila obremenjenost traktorista z ropotom, pri spravilu lesa s traktorjem IMT 560, večja, kot je bila pri spravilu lesa s traktorjem IMT 558. Vzrok naj bi bil zlasti večja jakost ropota med hitro prazno vožnjo po strmi vlaki navzgor.

Vpliv ropota na traktorista pri spravilu lesa z gozdarskim traktorjem ECOTRAC V-1033 so preučevali tudi Goglia in sod. (1995). Meritve so bile izvedene v skladu z mednarodnimi standardi ISO 4872 in ISO 362. Jakost ropota, glede na produktivni čas, ni presegla mejne opozorilne vrednosti. Obremenitve z ropotom so bile najvišje med polno in prazno vožnjo ter so presegle mejno vrednost. Po njihovem mnenju bi morali ukrepi, ki bi jih bilo potrebno sprejeti, varovati voznika in vplivati na izboljšanje traktorske kabine.

Raziskovalca Tunay in Melemez (2008) sta raziskovala izgubo sluha pri gozdnih delavcih, ki jo je povzročil ropot pri delu v gozdu. Delavce so predhodno razdelili v tri skupine in

sicer glede na starost ter delo, ki ga opravljajo. Prva skupina so bili delavci, ki so delo opravljali z motorno žago in so bili že dlje časa izpostavljeni ropotu od 90 - 105 dB(A), drugo skupino so predstavljali traktoristi, izpostavljeni ropotu 75 - 90 dB(A), v tretjo skupino pa so spadali ostali delavci, ki so bili dlje časa izpostavljeni ropotu, večjemu od 75 dB(A).

Avtorja navajata, da je bil najpomembnejši faktor, ki je najbolj vplival na izgubo sluha, izpostavljenost visokim nivojem ropota, le-temu pa je sledila dolžina delovnega časa ter starost delavcev. Izgube sluha so bile bilateralne, simetrične in so prizadele predvsem sluh v območju 4 kHz. Delavci, ki so bili izpostavljeni ropotu, nižjemu od 90 dB(A), niso utrpeli višjih stopenj izgube sluha, zato potreb po posebnih ukrepih ni bilo. Delavci, ki so delali z motornimi žagami in so bili izpostavljeni ropotu nad 90 dB(A), so utrpeli visoko stopnjo izgube sluha okoli frekvence 4 kHz. Tunay in Melemez zato menita, da je sluh potrebno v prvi vrsti zaščititi pred industrijskim ropotom, saj zdravljenje tako akutne, kot tudi kronične oblike izgube sluha, ni mogoče. Avtorja sta mnenja, da je potrebno delavce informirati, da morajo nositi zaščitna sredstva in vedno, ko je le-to mogoče, uporabljati manj hrupne motorne žage.

### 3.3 SRČNI UTRIP

Lipoglavšek je v svojih raziskavah obravnaval tudi težavnost dela sekačev (Lipoglavšek, 1992). Frekvenčna porazdelitev pulza vseh sekačev je pokazala, da je bila tedanja težavnost dela v povprečju nekaj manjša kot pred leti, ko so sekači še ročno lupili les. Kljub vsemu niso ugotovili bistvene razlike, saj je bil ugotovljeni delovni pulz med produktivnim časom skoraj enak ter hkrati dokaj visok (52 u/min). Delovni pulz je v delovnem času na 56 % delovišč presegel dopustno mejo 35 u/min in je znašal 39 u/min. V raziskavi so se kot najtežavnejše izkazale naslednje delovne operacije: zlaganje vej, beljenje panjev, izdelava prostorninskega lesa, lupljenje, obračanje in sproščanje (delovni pulz 51 - 68 u/min).

Lipoglavšek še ugotavlja, da težavnost dela povečujejo predvsem večji nagib in slabša prehodnost terena, povprečna razdalja med odkazanimi drevesi, temperatura zraka, povprečni volumen drevesa, velikost izdelanih kosov, boljša izraba delovnika, preseganje norme in manjša fizična zmogljivost sekačev. Nasprotno pa ugotavlja, da večja vejnatost dreves, delovni staž in slabša strokovna izobrazba, zmanjšujejo težavnost dela sekačev.

S pomočjo kardiografije (24 urni EKG) so Horvat in Sever (1998) testirali fiziološki stres traktoristov, ki so uporabljali naslednja traktorja: 45 kW ZETOR 7245 in 60 kW ZETOR CRYSTAL 8045. Analiza EKG je pokazala, da so imeli traktoristi največji srčni utrip v različnih časovnih intervalih. Kar 69 – 98 % vseh najvišjih meritev srčnega utripa je bilo izmerjenih v času delovne izmene med deseto in petnajsto uro.

Nekaj let pozneje je tudi Rován (2000) ugotavljal težavnost dela sekačev. Izsledki njegove raziskave so pokazali, da je povprečni delovni pulz sekačev v vseh primerih presegal dopustno mejo 40 u/min. Presežki so znašali od 115 % do 205 %. Rován tako trdi, da je, pri sedanjih načinih dela in pri trenutnih delovnih razmerah, delo pretežavno za povprečno zmogljive sekače. V svoji diplomski nalogi navaja, da je znašal povprečni delovni pulz v delovnem času 61, v produktivnem času 65 in v neproduktivnem času 51 u/min. Če te delovne pulze spremenimo v absolutne pulze, potem je znašal povprečni absolutni pulz v celotnem delovnem času 122, v produktivnem času 126 in v neproduktivnem času 112 u/min.

Rován je ugotovil, da je bila težavnost dela v njegovi raziskavi višja, kot pa je bila pri nekaterih predhodnih raziskavah (Ude (1971), Sušnik (1971) in Lipoglavšek (1992)). Kot možni razlog navaja zelo visoke delovne učinke, ki so normo presegali povprečno za več kot 100 %.

## **4 OBJEKTI IN METODE RAZISKOVANJA**

Diplomska naloga je raziskovalnega značaja, zato smo skušali v tem poglavju natančno opisati celoten potek metode raziskovanja.

### **4.1 OBJEKTI RAZISKOVANJA**

#### **4.1.1 Območje raziskovanja**

Podatke smo pridobili s pomočjo terenskega zbiranja podatkov na območju visokega krasa, na gozdno gospodarskem območju (v nadaljevanju GGO) Postojna, Novo mesto in Kočevje. Za ta območja so značilni izraziti kraški pojavi; uvale, vrtače, brezna ter dokaj velika kamnitost in skalovitost.

Snemanje je potekalo po naslednjem vrstnem redu:

- v ponedeljek, 5.10.2009, na območju GGO Kočevje, v gozdno gospodarski enoti (v nadaljevanju GGE) Grčarice, v oddelku 164. Posneli smo 2 cikla spravila lesa s prilagojenim kmetijskim traktorjem IMT 571 (v nadaljevanju IMT),
- v ponedeljek, 5.10.2009, na območju GGO Kočevje, v GGE Grčarice, v oddelku 157. Posneli smo 3 cikle spravila lesa s specialnim gozdarskim zgibnikom TIMBERJACK 240C (v nadaljevanju TBJ),
- v torek, 6.10.2009, na območju GGO Postojna, v GGE Planina, v oddelku 17. Posneli smo 5 ciklov spravila lesa s prilagojenim kmetijskim traktorjem MASSEY FERGUSON 4345 (v nadaljevanju FERG),
- v torek, 6.10.2009, na območju GGO Postojna, v GGE Planina, v oddelku 14. Posneli smo 3 cikle spravila lesa s prilagojenim kmetijskim traktorjem LIMB LUXS 80 (v nadaljevanju LIMB),
- v četrtek, 8.10.2009, na območju GGO Novo mesto, v GGE Poljane, v oddelku 65. Posneli smo 3 cikle spravila lesa s specialnim gozdarskim traktorjem WOODY 110 (v nadaljevanju WOODY),

- v četrtek, 8.10.2009, na območju GGO Novo mesto, v GGE Poljane, v oddelku 71. Posneli smo 3 cikle spravila lesa s prilagojenim kmetijskim traktorjem JOHN DEERE 6220 ( v nadaljevanju JOHN).

#### 4.1.2 Kategorizacija brezpotja

Zbiranje lesa poteka po brezpotju od mesta privezovanja sortimenta do stojišča traktorja med privlačenjem lesa. Kategorizacijo brezpotja oziroma opredelitev kategorij zbiranja lesa smo povzeli po Odredbi o določitvi normativov za dela v gozdovih (1999) in sicer:

**Neugodno:** Zelo strma in kamnita pobočja z veliko skalovitostjo. Pogosti so skalni bloki. Sem sodijo tudi površine blagih naklonov z izredno veliko (nad 50 %) skalovitostjo v obliki velikih skalnih blokov.

**Srednje:** Strma, kamnita pobočja z majhno skalovitostjo in zelo strma pobočja 30 - 50 % (naklona). Sestoji so velikokrat mešani, dvoslojni.

**Ugodno:** Površje gladko do srednje kamnito (do 50 % površine) s posameznimi skalami in bloki. Povprečni naklon okoli 30 %. Sestoji so pretežno enomerni.

#### 4.1.3 Kategorizacija sekundarnih prometnic

V Odredbi o določitvi normativov za dela v gozdovih (1999) je opredeljena naslednja kategorizacija sekundarnih prometnic:

**Navzgor:** Povprečni naklon vlake nad + 5 % v smeri vlačjenja.

**Ravno:** Vlake brez večjih protivzponov s povprečnim naklonom od - 5 % do + 5 %.

**Navzdol:** Povprečni naklon vlake - 5 % do - 35 % za prilagojene traktorje in do - 45 % za zgibnike in goseničarje.

#### 4.1.4 Kategorizacija stanja vlak

Fizično stanje vlake je zelo pomemben faktor, saj vpliva na vse vrste obremenitev pri traktorskem spravilu lesa. Za potrebe diplomske naloge smo opredelili naslednji stanji vlak:

**Suha:** Vlaka je v suhem stanju, traktor ni podvržen nevarnosti zdrsa koles.

**Blatna:** Vlaka je mokra, razmočena, traktor je podvržen nevarnosti zdrsa koles.

## 4.2 SESTAVINE IN SESTAVA DELOVNEGA ČASA

### 4.2.1 Časovna študija

Proučevanje časa je uporaba določenih metod z namenom, da določimo časovne dimenzije nekega dela in da izračunamo normative časa. Namen preučevanja časa ter metod dela je prispevati k najracionalnejši izrabi človeških in materialnih sil pri vsaki konkretni aktivnosti (Winkler, 1997: 19).

Čas, ki ga je traktorist potreboval za opravljanje ene delovne operacije, smo merili s kontinuirano metodo. Glavna značilnost te metode je nepretrgano merjenje trajanja delovnega procesa od začetka do konca snemanja, pri čemer beležimo le vmesne čase med koncem ene ter začetkom naslednje delovne operacije. Ves čas snemanja merimo tudi kontrolni čas z drugo štoparico. Prednost te metode je, da je celotni čas trajanja snemanja zelo natančno izmerjen, slabost pa, da moramo zabeležene čase med trajanjem dveh delovnih operacij odšteti, da bi dobili skupno trajanje neke delovne operacije. Za razliko od ničelne metode, pri tej metodi snemanja časovne študije, ne moremo ugotoviti napake snemalca.



## 4.2.2 Razčlenitev traktorskega spravila lesa

Vsak delovni proces najlažje snemamo in opišemo, če ga razčlenimo na produktivni in neproduktivni čas, le-tega pa na posamezne delovne operacije.

### Produktivni čas

**Prazna vožnja:** Delovna operacija, v kateri se traktorist pelje v traktorju z namenom, da pripne novo breme. Začne se, ko traktorist vstopi v traktor, konča pa v sestoji, ko traktorist izstopi iz traktorja. Pri tem mora biti le-ta obrnjen v smeri polne vožnje. Prazna vožnja je delovna operacija, s katero se začne nov cikel spravila lesa.

**Razvlačevanje:** Čas, potreben za razvlačevanje jeklene vrvi od traktorja do izbranega sortimenta v sestoji. Začne se, ko strojnik izstopi iz traktorja, konča pa ob dotiku verižne zanke s sortimentom.

**Vezanje:** Delovna operacija, v kateri traktorist priveže sortimente z verigo. Začne se s privezovanjem sortimentov z verižnimi zankami, konča pa v trenutku, ko se začnejo sortimenti premikati (začne se nove delovna operacija - privlačevanje).

**Privlačevanje:** Prične se z navijanjem jeklene vrvi na boben vitla in konča s privlekom bremena do naletne deske traktorja. Traktorist pri tem upravlja vitel traktorja z daljinskim upravljalnikom ter spremlja dogajanje iz varnostne razdalje.

**Privlačevanje (v traktorju):** Začetek in konec delovne operacije sta enaka kot pri privlačevanju, le s to razliko, da se traktorist tekom privlačevanja nahaja v traktorju.

**Premik med zbiranjem:** Delovni postopek, ki se prične, ko se traktor začne premikati iz enega mesta zbiranja lesa na drugo ter konča, ko se traktorist ustavi z namenom, da bi dopolnil breme.

**Polna vožnja:** Začne se s premikom traktorja v sestoju po končanem privlačevanju, konča pa z zaustavitvijo traktorja ter z izstopom traktorista na pomožnem skladišču. To je torej delovna operacija, v kateri se breme vlačí po vlaki vse do pomožnega skladišča ob kamionski cesti.

**Odvezovanje:** Čas, potreben za odvezovanje posameznih sortimentov. Prične se, ko traktorist izstopi iz traktorja na kamionski cesti ter nadaljuje z odpenjanjem verižnih zank. Postopek se konča, ko na naletno desko traktorja z vitlom privlečemo vse odpete zanke.

**Premik po skladišču:** Na pomožnih skladiščih traktorist razvršča les po kakovosti. Premik zaradi razvrščanja sortimentov predstavlja čas, ki je potreben za premik traktorja od enega do drugega pomožnega skladišča. Delovna operacija se začne s premikom in konča s popolno zaustavitvijo traktorja.

**Premik po skladišču (traktorist zunaj):** Značilnost delovne operacije je, da traktorist spremlja premik traktorja med dvema pomožnima skladiščema iz določene varnostne razdalje, traktor pa upravlja s pomočjo daljinskega upravljalnika.

**Rampanje:** Delovna operacija, v kateri traktorist rampa sortimente na pomožnem skladišču. Začne se, ko se traktor začne premikati na pomožnem skladišču, pri tem pa nima več pripetih sortimentov na traktorskem vitlu; konča pa se, ko traktorist zaključi z rampanjem sortimentov na pomožnem skladišču ter se obrne v smer prazne vožnje ali pa izstopi iz traktorja.

**Kleščenje:** Čas, ko traktorist opravlja dodatno kleščenje sortimentov. Začne se, ko traktorist v roke vzame motorno žago in konča, ko jo ugasne oz. pospravi na za to določeno mesto na traktorju.

**Prežagovanje:** Delovna operacija, v kateri traktorist opravi dodatno prežagovanje sortimentov. Delo se opravi samo v sestoju. Začne se z vžigom motorne žage in konča, ko traktorist le - to ugasne oziroma pospravi na za to določeno mesto na traktorju.

**Obrobljanje sortimentov:** Obžagovanje ostrih robov na prednjih koncih sortimentov. Delo se opravlja z namenom, da se breme pri polni vožnji ne zatika v kamenje in skale. Smoter te delovne operacije je med drugim tudi zmanjšanje poškodb na bremenu, ki nastanejo pri polni vožnji in zmanjšujejo kvaliteto sortimentov. Postopek se začne z vžigom motorne žage in traja do trenutka, ko traktorist motorno žago ugasne ali pospravi.

**Dodatno krojenje:** Delovna operacija se začne, ko traktorist vzame v roke motorno žago ter konča, ko jo ugasne ali pospravi. Pri tej delovni operaciji traktorist opravlja dodatno prežagovanje in kleščenje sortimentov na pomožnem skladišču.

### Neproductivni čas

**Zastoj - meritve:** Delovna operacija, pri kateri je delo traktorista moteno z naše strani zaradi nameščanja in pregledovanja merilnih naprav, še bolj pogosto pa zaradi naših meritev (predvsem meritev učinkov).

**Zastoj - organizacija:** Čas, ki se porabi zaradi neustrezne organizacije dela. To je čas, ki nastane zaradi dogovarjanja s sekači, nadrejeno osebo, mimoidočimi, pozabljivosti (na primer pozabljena sekira na vlaki), zaradi nakladanja kamiona na pomožnem skladišču ali pa zaradi kleščanja sekačev na vlaki.

**Zastoj - delovna sredstva:** Čas, ki preteče med popraviljanjem in vzdrževanjem delovnih sredstev, predvsem traktorja in motorne žage. Tipična opravila pri tej delovni operaciji so brušenje verige motorne žage, napenjanje le-te in njena zamenjava ter razna popravila na traktorju. Delavni postopek se je končal, ko so bili odpravljeni vsi razlogi, ki so onemogočali normalen potek dela.

Pri obdelavi podatkov smo **delovni čas** razdelili na **produktivni** in **neproductivni čas**, produktivni čas pa še na **glavni** in **pomožni produktivni čas**. Med glavni produktivni čas štejemo prazno in polno vožnjo, medtem ko med pomožni produktivni čas prištevamo vse ostale delovne operacije v produktivnem času (razvlačevanje, vezanje, kleščenje, prežagovanje, privlačevanje, odvezovanje, dodatno krojenje,).

Pomožni produktivni čas smo nadalje razdelili še na tri delovne postopke in sicer na **dela v sestoji, dela na pomožnem skladišču** ter **pomoč sekaču**. V delovni postopek pomoč sekaču štejemo vse delovne operacije, pri katerih traktorist opravlja delo sekača (prežagovanje, obrobljanje sortimentov, kleščenje ter dodatno krojenje), v delovni postopek dela na pomožnem skladišču pa štejemo odvezovanje, premik po skladišču, premik po skladišču (traktorist zunaj) ter rampanje. Delovne operacije razvlačevanje, vezanje, privlačevanje, privlačevanje (v traktorju) ter premik med zbiranjem prištevamo v delovni postopek dela v sestoji.

**Neproductivni čas** predstavlja čas trajanja zastojev - zastoja zaradi organizacije (delovna operacija zastoj - meritve) ter zastoja zaradi delovnih sredstev (delovna operacija zastoj - delovna sredstva).

**Delovni čas** zajema čas snemanja, v katerem pa nismo upoštevali zastoja zaradi meritev (delovne operacije zastoj - meritve).

#### 4.3 METODA RAZISKOVANJA

Vse meritve smo izvajali sočasno. Na vsakem delovišču smo zbirali podatke vsaj eno uro oziroma vsaj 2 cikla traktorskega spravila lesa. Pri tem smo se osredotočili na:

- snemanje jakosti vibracij,
- snemanje jakosti ropota,
- snemanje fizične obremenitve,
- snemanje učinkov,
- snemanje vzdolžnega profila vlake ter
- snemanje trenutnih vremenskih razmer.

### 4.3.1 Snemanje jakosti vibracij

Tresljaji so pomemben dejavnik delovnega okolja pri delu v gozdu, ki neugodno vplivajo na delavca. To so mehanična gibanja, ki se po različnih materialih - sestavnih delov strojev (tla, pedali, ročice) prenašajo na človeka, ki stroje upravlja ali jih uporablja (Lipoglavšek in Kumer, 1998: 97).

Kadar želimo ugotoviti obremenitev delavca s tresenjem in jo primerjati z dopustnimi mejami, moramo zmeriti jakost in trajanje vibracij med delom ter ob vstopu v telo, v vseh tercnih frekvenčnih pasovih (od 1 - 80 Hz). Jakost vibracij danes v splošnem merimo z efektivno (RMS) vrednostjo pospeškov oziroma kvadratično sredino posameznih nihanj (Lipoglavšek in Kumer, 1998: 100).

Obremenitev traktorista s frekvenčno uteženimi RMS vibracijami (v nadaljevanju vibracijami) smo merili s pomočjo merilnika vibracij BRÜEL & KJAER 4447, akcelerometra BRÜEL & KJAER 4524 ter adapterja za sedež BRÜEL & KJAER 4515-B-002, ki smo ga pritrdili na sedež traktorja. Izmerjene vibracije smo upoštevali le v primeru, ko je bil traktorist v traktorju, saj je bil naš cilj pridobitev podatkov za velikost vibracij traktorja na traktorista.



Slika 1: Adapter BRÜEL & KJAER 4515-B-002 na enem izmed sedežev (Foto: Anton Poje)

Izračune smo naredili na podlagi Pravilnika o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti vibracijam pri delu (2005). Slednji predpisuje naslednje vrednosti izpostavljenosti za vibracije celotnega telesa:

- a) **mejna vrednost dnevne izpostavljenosti**, normalizirana na referenčno obdobje osmih ur, je  $1,15 \text{ m/s}^2$  ter
- b) **opozorilna vrednost dnevne izpostavljenosti**, normalizirana na referenčno obdobje osmih ur, je  $0,5 \text{ m/s}^2$ .

Novejši instrumenti imajo (podobno kot pri merjenju ropota) vgrajene filtre za občutljivost, tako da merijo tehtano jakost vibracij glede na dopustne standarde izpostavljenosti. Za primerjavo med posameznimi stroji včasih računamo tudi vektorsko velikost vibracij, pri tem pa moramo predhodno stehtati prostorske komponente vektorja za različno občutljivost človeka na posamezne smeri oziroma komponente vektorja (Lipoglavšek in Kumer, 1998: 100).

Frekvenčno utežene RMS vibracije smo merili v naslednjih smereh:

- horizontalni (vibracije v smeri vožnje),
- aksialni (bočne vibracije) ter
- vertikalni (vibracije, navpične na vlako).

Poleg frekvenčno uteženih RMS vrednosti vibracij po vseh treh smereh smo pridobili tudi podatek o vektorski velikosti vibracij, ki se izračuna s pomočjo naslednje formule:

$$a = \sqrt{1,4^2 x^2 + 1,4^2 y^2 + 1 z^2} \quad \dots(1)$$

Pri izračunu skupne vektorske velikosti vibracij se upošteva, da imajo vibracije v horizontalni smeri (v našem primeru vibracije v smeri vožnje in vibracije, pravokotne na smer vožnje) večje negativne vplive na človeško telo, zato smo za njih privzeli koeficient vpliva na človeka 1,4. Za vibracije, navpične na vlako, smo privzeli koeficient vpliva na človeka 1, saj imajo manjše negativne vplive na človeško telo.

Za izračun srednje izpostavljenosti vibracijam se uporablja naslednja formula:

$$\bar{a} = \sqrt{\frac{1}{\sum t_i} \times \sum a_i^2 t_i} \quad \dots(2)$$

$\sum t_i$  - vsota časov trajanja vibracij

$a_i^2$  - kvadrat vibracij

$t_i$  - čas

Za izračun dnevne (8-urne) izpostavljenosti vibracijam je v uporabi naslednja formula:

$$\bar{a}(8h) = \sqrt{\frac{1}{8} \times \sum a_i^2 t_i} \quad \dots(3)$$

$a_i^2$  - kvadrat vibracij

$t_i$  - čas

#### 4.3.2 Snemanje jakosti ropota

Zvoki so le redko čisti toni, pač pa seštevke najrazličnejših tonov. Ropot so torej po frekvenci, jakosti in trajanju nepravilna, naključna ali stohastična nihanja zraka, ki iz okolja prihajajo do človekovega ušesa. Takim nepravilnim nihanjem nizke jakosti pravimo šumi, višje jakosti pa ropot ali hrup (Lipoglavšek in Kumer, 1998: 74).

Pri praktičnem ugotavljanju obremenjenosti z ropotom in primerjanju z dopustnimi mejami je pomembno, kje in kako merimo ropot, kaj merimo in kako ugotovimo srednjo jakost ropota oziroma obremenjenost v neki časovni enoti (Potočnik, 2009: 74).

Meritve hrupa smo izvedli na podlagi Pravilnika o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (2006), ki določa naslednje vrednosti izpostavljenosti:

- a) **mejni vrednosti izpostavljenosti**, ločeno za  $L(EX,8h) = 87$  dB(A) in  $p(\text{peak}) = 200$  Pa (140 dB(C)) glede na referenčni tlak  $20 \mu\text{Pa}$ ,
- b) **zgornji opozorilni vrednosti izpostavljenosti**, ločeno za  $L(EX,8h) = 85$  dB(A) in  $p(\text{peak}) = 140$  Pa (137 dB(C)) glede na referenčni tlak  $20 \mu\text{Pa}$ ,
- c) **spodnji opozorilni vrednosti izpostavljenosti**, ločeno za  $L(EX,8h) = 80$  dB(A) in  $p(\text{peak}) = 112$  Pa (135 dB(C)) glede na referenčni tlak  $20 \mu\text{Pa}$ .

Pravilnik o (2006) določa, da mora delodajalec pri določanju dejanske izpostavljenosti delavcev pri mejni vrednosti izpostavljenosti, upoštevati zmanjšanje hrupa zaradi osebne varovalne opreme za varovanje sluha, ki jo nosi delavec, medtem ko za opozorilne vrednosti izpostavljenosti velja, da učinka osebne varovalne opreme ne sme upoštevati.

8. člen določa, da moramo pri izdelavi ocene tveganja zaradi izpostavljenosti delavcev ropotu upoštevati tudi impulzni značaj ropota. Upošteva se ga na način, da se izmerjeni ekvivalentni ravni ropota prišteje razlika med izmerjeno ekvivalentno ravni ropota in povprečno ravni ropota, izmerjeno z dinamiko I (ang. Impulse). Razlika se prišteje le tedaj, če je večja kot 2 dB(A); če pa je razlika večja od 6 dB(A), se ekvivalentni ravni ropota prišteje 6 dB(A). Pri tem je pomembno, da sta obe ravni ropota merjeni istočasno.

Meritve smo izvedli ob traktoristovem levem ušesu s pomočjo mikrofona BRÜEL & KJAER 4189, ki smo ga predhodno pritrdili na zaščitno čelado traktorista. Jakost posnetega zvoka po različnih frekvencah, filtriranega z zvočnima filtroma A in C, je merila in nato še shranila priprava BRÜEL & KJAER 2250. Ropot smo snemali skozi celoten čas snemanja.





Slika 2: Traktorist opremljen s pripravami za snemanje hrupa (Foto: Anton Poje)

Pri ropotu merimo efektivno ali RMS (Root Mean Square) vrednost odmika  $A_{RMS}$ , ki jo preračunamo po enačbi:

$$A_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T A_{(t)}^2 dt} \quad \dots(4)$$

Srednja vrednost pri spreminjajočem ropotu, izračunana na takšen način, ne daje vrednosti, ki bi bila dovolj prilagojena občutljivosti človeškega slušnega organa za zvočne poškodbe. Fiziološkemu učinku nihajočega ropota je prilagojena srednja vrednost jakosti ropota ali ekvivalentna jakost ropota, ki jo je mogoče izračunati iz trajanja ali iz pogostosti ropota različnih jakosti (Potočnik, 2009: 75) po naslednji formuli:

$$LA_{eq} = 10 \times \log\left(\frac{1}{T} \sum (10^{0,1 \times Li} \times ti)\right) \quad \dots(5)$$

LAeq - ekvivalentna jakost hrupa merjena s filtrom A

Li - jakost hrupa i

ti - trajanje hrupa i (s)

T - celoten čas trajanja hrupa

Konično jakost ropota v nekem elementu dela (delovni operaciji, produktivnem ali neproduktivnem času, delovnem času,..) smo izračunali kot maksimum vseh izmerjenih vrednosti konične jakosti ropota v času trajanja izbranega elementa dela.

### 4.3.3 Snemanje fizične obremenitve

Na fizično zmogljivost gozdnih delavcev vplivata, kot kažejo opravljene raziskave, dva dejavnika in sicer: prehranjenost populacije, iz katere izhajajo in velika težavnost dela, ki nezmogljive hitro izloči (Lipoglavšek in Kumer, 1998)

Pulz je odvisen od množice zunanjih in notranjih dejavnikov, tako da je včasih težko določiti pravi vzrok nenavadnih vrednosti pulza. Nanj lahko vplivajo vremenske razmere (mraz, veter, vročina, dež), psihofizična obremenjenost delavca, razvade kot sta nikotin in alkohol, pitje energijskih pijač, različne bolezni srca in ožilja, uživanje različnih zdravil (pomirjeval, antibiotikov, antidepresivov).

Da bi delavec lahko vse življenje delal, naj bi pri težkem dinamičnem delu njegov povprečni pulz ne presejal 50 % razlike od mirovanja do njegove maksimalne vrednosti, po drugih virih pa naj ne bi presejal 40 utripov nad utripanjem srca v mirovanju leže (Potočnik, 2009: 20).

Po drugi strani Lipoglavšek in Kumer (1998) trdita, da mora delo vsebovati najmanj toliko odmorov, da dnevno povprečje obremenitev delavca na presega trajno dopustnih meja (35

ali 40 u/min). Prav tako ne smejo v delovnem dnevu naraščati fiziološki parametri oziroma morajo doseči stalno raven (steady state), sicer prihaja do preutrujanja.

Srčni utrip oziroma pulz med delom smo merili z inštrumentom POLAR S610i. Naprava je sestavljena iz dveh delov; senzoričnega in sprejemnega dela. Senzorični del pritrdimo traktoristu na prsi s pomočjo posebnega pasu. Sprejemni del je oblikovan v obliki zapestne ure, ki jo nosi traktorist na roki. Le - ta beleži in prikazuje podatke, ki mu jih senzorični del predhodno pošlje.



**Slika 3: Sprejemni del instrumenta POLAR 610i v obliki zapestne ure (Foto: Anton Poje)**

POLAR S610i beleži podatke s časovnim intervalom 5 sekund. Le-te smo ročno pregledali ter odstranili vse nesprejemljive podatke (npr. pulz med delom pod 40 u/min in nad 200 u/min). Odstranili smo tudi vse podatke, ki so se dalj časa ponavljali, saj smo menili, da je prišlo do napake merilne tehnike. Tako smo na primer zaporedje 2 enakih meritev pulza med delom privzeli za pravilno, daljše zaporedje pa ne, zato smo odvečne podatke odstranili (če se je meritev pulza med delom 83 u/min pojavila na 4 zaporednih 5 sekundnih intervalih, smo prvi 2 meritvi upoštevali kot pravilni, naslednji 2 pa kot nepravilni in ju zato odstranili iz nabora podatkov).

Zaradi nezmožnosti merjenja dejanskega pulza v mirovanju leže, smo za pulz v mirovanju privzeli kar izhodiščni pulz - najnižjo izmerjeno vrednost pulza med delom v snemalnem času.

Pri obdelavi podatkov smo uporabili naslednje formule:

$$HR_w = HR_{work} - HR_{izh} \quad \dots(6)$$

$HR_w$  - delovni pulz

$HR_{work}$  - pulz med delom

$HR_{izh}$  - izhodiščni pulz

$$HR_w^* = \sum (HR_w \times ni) / \sum ni \quad \dots(7)$$

$HR_w^*$  - povprečni delovni pulz

$HR_w$  - delovni pulz

$ni$  - število meritev  $i$

$$HR_{work}^* = \sum (HR_{work}^i \times ni) / \sum ni \quad \dots(8)$$

$HR_{work}^*$  - povprečni pulz med delom

$HR_{work}$  - pulz med delom

$ni$  - število meritev  $i$

Po obdelavi podatkov smo na podlagi pulza ugotavljali, pri kateri delovni operaciji je delavec najbolj obremenjen. Dobljeni rezultati so pri krajših operacijah manj zanesljivi, saj se pulz spreminja s časovnim zamikom.

#### **4.3.4 Snemanje učinkov pri spravilu lesa**

Učinke dela traktorista smo merili med odpenjanjem bremena na pomožnem skladišču. Pri tem smo bili pozorni, da smo ga pri njegovem delu čim manj ovirali. Za izmero srednjih premerov bremen smo uporabili gozdarsko premerko, za izmero dolžine pa sekaški meter. Premer bremen smo izmerili na polovici dolžine na 1 cm natančno, dolžino pa na 5 cm natančno. Vsa debla so bila v lubju. Iz dobljenih podatkov smo izračunali volumen bremena.

#### **4.3.5 Snemanje vzdolžnega profila vlake**

Merili smo spreminjanje nivelete ter dolžino vlake. Le-to smo izmerili kot razdaljo od začetka polne vožnje, pa vse do polovice dolžine rampnega prostora. Za merjenje naklona vlake smo uporabili trasirke ter padomer, za izmero dolžine posameznega odseka pa tračni meter.

#### **4.3.6 Snemanje trenutnih vremenskih razmer**

Trenutne vremenske razmere v ozračju smo merili s pomočjo prenosne vremenske postaje METREL MI 6041 POLY, ki je podatke zabeležila s 5 sekundnimi intervali. Le-ta je bila postavljena v bližini vlake. V svoj pomnilnik je shranjevala podatke o temperaturi suhega termometra, relativni zračni vlažnosti in hitrosti vetra. Iz pridobljenih podatkov smo izračunali aritmetično povprečje za vse merjene količine. Pri podatkih o vetru smo še privzeli, da je hitrost vetra, manjša od 0,05 m/s, enaka hitrosti 0,00 m/s.

## 5 REZULTATI Z RAZPRAVO

Rezultate opravljene raziskave ter razpravo smo, zaradi večje preglednosti ter sporočilnosti obeh, združili kar v enotno poglavje. V prvem delu tega poglavja smo predstavili lastnosti traktorja, objekta raziskave, traktorista ter vremenske razmere. V drugem delu smo predstavili ugotovitve o obremenjenosti traktoristov po delovnih operacijah, jih primerjali z dosedanjimi raziskavami ter podali ustrezne zaključke, v tretjem delu pa smo podali primerjavo ugotovljenih obremenitev po posameznih traktorjih ter skušali ugotoviti, kateri tip traktorja je z ergonomskega vidika najbolj primeren za delo na kraškem terenu.

### 5.1 LASTNOSTI TRAKTORJA, OBJEKTA RAZISKAVE, TRAKTORISTA TER VREMENSKE RAZMERE

Za lažjo primerjavo različnih lastnosti objekta raziskave, delovnih in vremenskih razmer, smo pomembnejše podatke zbrali v spodnji preglednici (preglednica 5).

Iz omenjene preglednice razberemo tako splošne lastnosti traktorjev (leto izdelave, moč motorja v konjskih močeh (KM), vrsto traktorja), kot tudi terenske razmere (naklon vlake, skalovitost, povprečno dolžino ter stanje vlake, kategorijo zbiranja) ali pa podatke za hitrost prazne in polne vožnje. V raziskavi smo merili tudi učinke ter trenutne vremenske razmere v ozračju, ki so prav tako prikazani v omenjeni preglednici.

Preglednica 5: Pregled pomembnejših lastnosti objektov raziskave, delovnih ter vremenskih razmer

	TIP TRAKTORJA					
	IMT 571	TIMBERJACK 240C	MASSEY FERGUSON 4345	LIMB LUXS 80	WOODY 110	JOHN DEERE 6220
<b>Vrsta traktorja</b>	PKT	zgibni	PKT	PKT	zgibni	PKT
<b>Moč (v KM)</b>	71	100	85	80	110	90
<b>Leto izdelave</b>	2004	2001	2000	2007	2002	2005
<b>Naklon vlake (%)</b>	-15	-18	0	-2	-5	2
<b>Kategorija vlačnja</b>	navzdol	navzdol	ravno	ravno	navzdol	ravno
<b>Povpr. dolžina vlake (m)</b>	630	158	56	481	331	152
<b>Skalovitost (%)</b>	30	30	10	5	40	5
<b>Stanje vlake</b>	suha	suha	suha	suha	suha	suha
<b>Povpr. razdalja zbiranja (m)</b>	10	10	5	10	30	20
<b>Kategorija zbiranja</b>	srednje ugodno	ugodno	ugodno	ugodno	ugodno	ugodno
<b>Hitrost polne vožnje (km/h)</b>	3,7	4,3	2,2	5,6	8,1	5,1
<b>Hitrost prazne vožnje (km/h)</b>	4,3	2,8	2,7	4,9	5,3	4,2
<b>Čas (min)</b>	72,9	67,9	66	84,7	79,7	75,9
<b>Učinek v času snemanja (m<sup>3</sup>)</b>	7,96	26,88	18,57	9,3	14,3	12,99
<b>Normativ (min/m<sup>3</sup>)</b>	9,2	2,5	3,6	9,1	5,5	5,8
<b>Organizacijska oblika</b>	I+0	I+0	I+0	I+0	I+0	I+0
<b>Temperatura zraka (°C)</b>	11	16	16	18	16	18
<b>Relativna zračna vlažnost (%Rh)</b>	90	78	87	77	82	74
<b>Hitrost vetra (m/s)</b>	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2

## 5.2 OBREMENITVE TRAKTORISTA PO DELOVNIH OPERACIJAH

### 5.2.1 Struktura časa

V strukturi delovnega dne imamo dober pregled nad povprečnimi časi posameznih operacij in zastojev pri spravilu lesa (Krivec, 1979).

Iz strukture delovnega časa (preglednica 6) je razvidno, da je traktorist kar slabo polovico svojega delovnega časa prebil v traktorju. Tako sta najbolj zastopani delovni operaciji pri spravilu lesa (prazna in polna vožnja) predstavljali 30 % (vsaka po 15 %), rampanje pa 10 % delovnega časa. Ker so posamezne vrste obremenitev odvisne od strukture delovnega časa, lahko zaključimo, da ima posamezen traktor velik vpliv na skupno obremenitev traktorista z merjenimi parametri.

Delovni postopek (v nadaljevanju DP) pomoč sekaču je predstavljal 6 % delovnega časa, od tega sta največ časa trajali delovni operaciji dodatno krojenje (3 %) in prežaganje (2 %), najmanj pa klešččenje in obrobljanje sortimentov, ki sta skupaj predstavljali 1 % delovnega časa. Oba zastoja skupaj (zastoj zaradi organizacije ter zastoj zaradi delovnih sredstev) sta predstavljala 1 % delovnega časa, kar pomeni, da je tudi neproduktivni čas predstavljal 1 % delovnega časa; iz tega sledi, da je produktivni čas predstavljal kar 99 % delovnega časa.



Preglednica 6: Analiza težavnosti dela ter obremenjenosti z ropotom in vibracijami glede na delovne operacije

	DELOVNA OPERACIJA	Čas (%)	FIZIČNA OBREMENITEV		ROPOT				VIBRACIJE			
			Pulz med delom (u/min)	Delovni pulz (u/min)	LCpeak dB(C)	LAI dB(A)	LA dB(A)	LAeq.kor dB(A)	RMS X (m/s <sup>2</sup> )	RMS Y (m/s <sup>2</sup> )	RMS Z (m/s <sup>2</sup> )	RMS VTV (m/s <sup>2</sup> )
GP Č *	Polna vožnja	14,04	124,47	44,11	136,11	94,91	94,03	94,2	0,67	1	0,69	1,82
	Prazna vožnja	15,57	109,96	28,3	127,06	92,96	91,96	92,2	0,76	1,04	0,77	1,97
DP dela v sestoji	Razvlačevanje	8,14	134,49	49,44	123,36	84,23	76,78	80,6	0	0	0	0
	Vežanje	13,68	143,32	55,93	127,99	82,06	73,29	78,3	0	0	0	0
	Privlačevanje	10,28	139,85	54,15	136,11	82,94	77,1	80,4	0	0	0	0
	Privlačevanje (v traktorju)	1,29	131,38	45,82	119,14	88,86	87,02	88	0,58	1,04	0,94	1,92
	Premik med zbiranjem	3,00	138,04	48,97	127,99	85,55	82,02	84	0,47	0,66	0,49	1,24
DP dela na skladišču	Odvezovanje	13,47	127,23	40,89	136,46	84,72	76,92	81,6	0	0	0	0
	Premik po skladišču	1,91	131,81	42,54	128,96	87,29	84,78	85,9	0,63	0,62	0,44	1,32
	Premik po skladišču (trakt. zunaj)	0,78	122,03	34,03	130,33	87,49	79,82	84,1	0	0	0	0
	Rampanje	10,27	122,44	36,89	127,98	88,41	86,39	87,5	0,76	0,61	0,49	1,45
DP pomoč sekaču	Obrobljanje sort.	0,72	150,79	79,79	118,37	99,56	98,42	98,9	0	0	0	0
	Prežagovanje	2,34	146,03	66,92	130,91	99,63	98,24	98,8	0	0	0	0
	Kleščenje	0,33	136,18	50,34	120,22	93,77	90,46	93,1	0	0	0	0
	Dodatno krojenje	3,04	126,53	49	119,03	99,88	98,68	99,1	0	0	0	0
N Č **	Zastoj - delovna sredstva	0,23	134,18	45,18	116,1	85,91	74,8	80,1	0	0	0	0
	Zastoj - organizacija	0,91	123,86	39	113,62	84,15	81,14	83,3	0	0	0	0
Delovni čas		100,00	<b>128,68</b>	<b>44,22</b>	<b>136,46</b>	<b>91,52</b>	<b>90,1</b>	<b>90,6</b>	<b>0,48</b>	<b>0,62</b>	<b>0,45</b>	<b>1,19</b>
Produktivni čas		98,86	<b>128,71</b>	<b>44,27</b>	<b>136,46</b>	<b>91,55</b>	<b>90,13</b>	<b>90,6</b>	<b>0,48</b>	<b>0,62</b>	<b>0,46</b>	<b>1,19</b>
Neproduktivni čas		1,14	<b>125,95</b>	<b>40,25</b>	<b>116,1</b>	<b>84,73</b>	<b>80,06</b>	<b>82,6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

\*GPC = glavni produktivni čas

\*\*NC = neproduktivni čas

## 5.2.2 Težavnost dela

Z meritvami fizioloških parametrov je mogoče dokaj zanesljivo ugotoviti skupno obremenitev med delom; posamezne vrste obremenitev zaradi vrste dela, fizikalnega ali socialnega delovnega okolja, pa je težje ugotoviti. Zdi se, da je frekvenca srčnega utripa ali pulz najboljše merilo za oceno skupne delovne obremenitve in zahtevnosti (težavnosti) dela (Lipoglavšek, 1991).

### Pulz med delom

Snemanje fizične obremenitve traktoristov je pokazalo, da predstavljajo za traktorista največji fizični napor predvsem delovne operacije v DP pomoč sekaču. Pri teh delovnih operacijah znaša povprečni pulz med delom od 126 u/min pri dodatnem krojenju, pa vse do 151 u/min pri obrobljanju sortimentov. DP dela v sestoji se je izkazal kot drugi največji vir fizičnih obremenitev traktorista. Povprečni pulzi med delom so znašali od 131 u/min pri privlačenju (v traktorju), pa vse do 143 u/min pri vezanju.



Slika 4: Traktorist med vezanjem (Foto: Jernej Jevšenak)

Rezultati so pokazali, da je delovna operacija odvezovanje za traktorista manj fizično obremenjujoča kot premik po skladišču, vezanje pa manj kot razvlačevanje. Vzrok gre iskati predvsem v časovnem zamiku med dejanskimi potrebami telesa po energiji ter odzivnostjo srca.

Ugotovili smo, da je traktorist v produktivnem času najmanj obremenjen v glavnem produktivnem času; to je v času polne in prazne vožnje (pulz med delom 124 in 110 u/min). Pulz med delom je v produktivnem in delovnem času znašal 129 u/min, medtem ko je v neproduktivnem času znašal 126 u/min.

Rovan (2000) je pri ugotavljanju težavnosti dela sekačev prišel do podobnih ugotovitev; v delovnem času je za pulz med delom ugotovil vrednost 122, v produktivnem času 126, v neproduktivnem pa 112 u/min.

Glede na ugotovljene vrednosti za pulz med delom traktorista in sekača, lahko trdimo, da sta oba dela primerljiva po težavnosti dela. Če primerjamo še ugotovljeni pulz med delom iz naše raziskave in Rovanove, lahko sklepamo, da je v našem primeru velika vrednost pulza med delom v neproduktivnem času (126u/min) posledica dejstva, da je bil slednji razbit na zelo majhne časovne fragmente. Pulz se povečuje kot tudi znižuje s časovnim zamikom, posledica tega pa je bila, da se traktoristov pulz ni umiril v toliki meri, kot bi bilo realno pričakovati glede na težavnost dela.

Po fizioloških parametrih za težavnost dela (Lipoglavšek in Kumer, 1998) spada ugotovljena delovna obremenitev 129 u/min za pulz med delom v delovnem času med srednje velike delovne obremenitve, z intervalom obremenitve med 125 in 150 u/min.

### Delovni pulz

V nasprotju s pulzom med delom, je delovni pulz pokazal malce spremenjeno sliko fizičnih obremenitev traktoristov, a še vedno v skladu z ugotovitvami za pulz med delom.

Izkazalo se je, da je za traktoriste najmanj obremenjujoč glavni produktivni ter neproduktivni čas (delovni pulz se je gibal med 28 in 45 u/min), sledi pa jima DP dela na pomožnem skladišču, kjer se je delovni pulz gibal med 34 in 43 u/min. DP pomoč sekaču se je tudi tokrat izkazal kot fizično najbolj obremenjujoč. Delovni pulz traktoristov se je gibal med 49 u/min pri dodatnem krojenju, pa vse do 67 u/min pri prežagovanju, pri obrobljanju sortimentov pa se je povzpел do nenavadno visoke vrednosti – 80 u/min.

Lipoglavšek (1992) kot najtežavnejše delovne operacije pri delu sekača navaja naslednje delovne operacije: zlaganje vej, beljenje panjev, izdelava prostorninskega lesa, lupljenje, obračanje ter sproščanje. Ugotovljeni delovni pulz se je v njegovi raziskavi gibal med 51 in 68 u/min.

Če torej primerjamo obe ugotovitvi, vidimo, da sta si v grobem zelo podobni. Izstopa le ugotovljena vrednost za delovni pulz med obrobljanjem sortimentov, kar pa je lahko posledica psiholoških dejavnikov, saj vzroka med fizikalnimi dejavniki nismo našli.



**Slika 5: Traktorist med obrobljanjem (Foto: Jernej Jevšenak)**

Rezultati raziskave so pokazali, da je znašal delovni pulz v produktivnem in delovnem času 44, v neproduktivnem času pa 40 u/min. Ugotovljen delovni pulz je v vseh naštetih časih presegal dopustno mejo 35 u/min (Lipoglavšek, 1998).

Delovni pulz traktorista je padel pod dopustno mejo 35 u/min le pri dveh delovnih operacijah – pri prazni vožnji ter premiku po skladišču (traktorist zunaj). Ti delovni operaciji skupaj predstavljata le 17 % celotnega delovnega časa in tako prispevata le majhen delež k zmanjšanju skupne obremenitve traktorista.

Delovni pulz presega mejo 35 u/min tudi v neproduktivnem času, vendar bi pri tem radi poudarili, da traktoristi med snemanjem niso imeli daljšega odmora, v katerem bi se jim pulz toliko umiril, da bi se v skupnem povprečju znižal na dopustno raven.

### **5.2.3 Obremenjenost z ropotom**

Z ropotom označujemo en del delovnega okolja, ki nas vedno obdaja, in sicer tisti del, ki je neugoden in prihaja od delovnih sredstev ali predmetov dela (Lipoglavšek in Kumer 1998: 74). Pri tem je obremenjenost delavca odvisna od časovnega deleža hrupnih in tihih elementov dela, oziroma od uporabljene tehnologije in organizacije dela ter od jakosti ropota, ki mu je delavec izpostavljen (Lipoglavšek in Kumer, 1998: 77).

Temeljit pregled dosedanjih raziskav na temo ropota je pokazal, da se večina raziskav osredotoča predvsem na ekvivalentno jakost ropota, merjeno s filtrom A (v našem primeru LAeq) ter na korigirano ekvivalentno jakost ropota (v našem primeru LAeq.kor), pri kateri se upošteva tudi impulzivni značaj ropota (LAReq). Izkazalo se je, da raziskav, v katerih bi proučevali konični (LCpeak) ter impulzivni (LAReq) značaj ropota, sploh ni oziroma jih mi pri svojem raziskovalnem delu na področju dosedanjih raziskav nismo zasledili.

Prav zato podajamo v nadaljevanju za LCpeak le analizo rezultatov naše raziskave ter primerjavo s Pravilnikom o (2006), ne pa tudi primerjave s dosedanjimi raziskavami na

tem področju. Za zelo slabo raziskano se je izkazalo tudi področje impulzivne komponente ropota ( $LA_{Ieq}$ ), zaradi česar pri tovrstnem ropotu podajamo le ugotovitve naše raziskave.

### Konične jakosti ropota ( $LC_{peak}$ )

Z analizo podatkov koničnih vrednosti ropota smo ugotovili, da se najvišje konične jakosti ropota pojavljajo med delovnimi operacijami polna vožnja, privlačenje in odvezovanje. Najvišje konične vrednosti ropota niso le posledica delovanja traktorja in motorne žage, ampak so lahko tudi posledica udarcev hlodov v naletno in rampno desko ali pa udarcev verižnih zank ter traktorskih verig v kamenje.

Pri naštetih delovnih operacijah se je maksimalna konična raven ropota gibala med 136 in 137 dB(C). Vidimo lahko, da je konična jakost ropota, pri zgoraj omenjenih delovnih operacijah, presegla spodnjo opozorilno izpostavljenost 135 dB(C), ni pa presegla zgornje opozorilne izpostavljenosti 137 dB(C) po Pravilniku o (2006).

Najmanjše konične vrednosti ropota (od 118 do 123 dB(C)) so se pojavile v neproduktivnem času ter pri naslednjih delovnih operacijah: razvlačenje, privlačenje (v traktorju), obrobjanje sortimentov, kleščenje ter dodatno krojenje. Presenetljivo majhne vrednosti koničnega ropota se pojavljajo predvsem pri zadnjih treh predhodno omenjenih delovnih operacijah (118 - 120 dB(C)), kar bi pripisali lastnostim delovanja motornih žag.

Traktorist je koničnim vrednostim ropota veliko bolj izpostavljen zunaj traktorja kot v samem traktorju. Slednje sta ugotovila tudi Lipoglavšek in Kumer (1998), ki pravita, da je jakost ropota odvisna od vrste traktorja, njegove moči, števila obratov motorja ter dušenja ropota s kabino traktorja.

Tudi sami smo prišli do podobnega zaključka, saj sta bili delovni operaciji privlačenje ter privlačenje (v traktorju) delovni operaciji z eno najvišjih - 136 dB(C) in eno najnižjih vrednosti - 119 dB(C) konične jakosti ropota. Sklepamo lahko, da je ustrezno izolirana traktorska kabina zadržala znatni delež konične jakosti ropota ter tako pripomogla k varovanju slušnega organa traktorista.

### Impulzivni ropot (LA<sub>Ieq</sub>)

8. člen Pravilnika o (2006) določa, da moramo pri izdelavi ocene tveganja zaradi izpostavljenosti delavcev hrupu upoštevati tudi impulzivni značaj ropota (LA<sub>Ieq</sub>).

Traktorist je bil z impulzivno vrednostjo ropota najbolj obremenjen v glavnem produktivnem času ter v času trajanja DP pomoč sekaču, najmanj pa v neproduktivnem času ter v času trajanja naslednjih delovnih operacij: razvlačevanje, vezanje, privlačevanje, premik med zbiranjem ter privlačevanje (DP dela v sestoji).

### Ekvivalentna jakost ropota, merjena s filtrom A (LA<sub>eq</sub>)

Če odmislimo delo traktorista z motorno žago, sta za traktorista najbolj obremenjujoči delovni operaciji polna in prazna vožnja (92 in 94 dB(A)); če upoštevamo delo traktorista z motorno žago, pa je zanj najbolj obremenjujoč DP pomoč sekaču, kjer znaša tovrstna obremenitev traktorista med 90 in 99 dB(A).



**Slika 6: Traktorist med delovnim postopkom dodatno krojenje (Foto: Jernej Jevšenak)**

Lipoglavšek in Koren (1982) nista ugotavljala obremenitev traktorista z ropotom pri souporabi motorne žage, vendar pa sta za traktor IMT 560 ugotovila naslednjo

ekvivalentno obremenjenost traktorista z ropotom; prazna vožnja 97 ter polna vožnja 95 dB(A). Nasprotno pa Lipoglavšek (1981) ugotavlja naslednje ekvivalentne jakosti ropota za traktor IMT 558; polna vožnja 96 dB(A) ter prazna vožnja 93 dB(A). Če primerjamo posamezne obremenitve vidimo, da je bila ugotovljena jakost ropota pri traktorju IMT 560 in IMT 558 večja od podatkov, pridobljenih v naši raziskavi.

Razlika v ugotovljeni obremenjenosti bi bila lahko rezultat tehničnega napredka, pa tudi napredka v ergonomskem oblikovanju dela, saj so se terenske razmere izpred 30 let pa vse do danes le malo spremenile.

Analiza LAeq je prav tako pokazala, da je za traktorista najmanj obremenjujoč neproduktivni čas ter čas trajanja naslednjih delovnih operacij: razvlačevanje, vezanje, privlačevanje, odvezovanje ter premik po skladišču (traktorist zunaj), v času katerih znašajo obremenitve med 73 in 81 dB(A). V rezultatih smo prišli tudi do podatka, da znaša skupna obremenitev v neproduktivnem času 80 dB(A), v produktivnem času pa 90 dB(A).

#### Korigirana ekvivalentna jakost ropota (LAeq.kor)

Za ovrednotenje obremenitev z ropotom je še najbolj pomembna korigirana ekvivalentna jakost ropota (LAeq.kor), pri kateri se hkrati upoštevata impulzivni značaj ropota (LA<sub>I</sub>eq) in ekvivalentna jakost ropota, merjena s filtrom A (LAeq). Če impulzivnega nihanja zvoka ni (LA<sub>I</sub>eq ni prisoten), sta si LAeq.kor in LAeq enaka; večje kot je impulzivno nihanje zvoka, večja je razlika med obema vrednostima; potrebna je neka nova korigirana ekvivalentna jakost ropota – LAeq.kor, ki upošteva obe vrsti nihanja (tako LA<sub>I</sub>eq kot tudi LAeq). Za reprezentativne rezultate je zato zelo pomemben hkraten čas snemanja. Pri rezultatih tako ne prihaja do časovnega zamika, posledično pa tudi ne do sistematičnih napak pri vrednotenju LAeq.kor.

Rezultati za to vrsto ropota so pokazali, da je traktorist najbolj obremenjen v času DP pomoč sekaču ter v produktivnem času, medtem ko so se najmanjše korigirane ekvivalentne jakosti ropota pojavile v času trajanja DP dela v sestoji ter v neproduktivnem



času. Ugotovljena obremenitev traktorista znaša v produktivnem času 91 dB(A), v neproduktivnem času pa 83 dB(A).

Lipoglavšek (1981) je ugotovil zelo podobne vrednosti za traktor IMT 558 (91 in 82 dB(A)), medtem ko je za gosenični traktor FIAT 505C ugotovil nekoliko manjše vrednosti (90 in 77 dB(A)).

Goglia in sod. (1995) so poročali, da jakost ropota v produktivnem času, pri spravilu s traktorjem ECOTRAC V-1033, ni presegla spodnje opozorilne vrednosti po mednarodnem standardu ISO 4872 in ISO 362, medtem ko je jakost ropota v omenjem času v naši raziskavi presegla celo mejno vrednost izpostavljenosti, v neproduktivnem času pa celo spodnjo opozorilno vrednost glede na Pravilnik o (2006).

#### Dnevna obremenjenost z ropotom

Obremenjenost delavca z ropotom v dnevnem delovnem času ugotovimo tako, da za vsak delovni postopek, pa tudi za vmesna neproduktivna obdobja (npr. odmore), z merjenji ugotovimo srednjo jakost ropota (Lipoglavšek in Kumer, 1998).

Vrednost dnevne obremenitve smo izračunali na podlagi modelnega časa, pri katerem smo predpostavili, da je povprečni 8 urni delavnik traktorista sestavljen iz 6 ur produktivnega ter 2 uri neproduktivnega časa. Za slednjega smo predpostavili, da je traktorist obremenjen z ropotom delovnih sredstev v višini 82,2 dB(A) (Lipoglavšek, 1981), za produktivni čas pa smo upoštevali ugotoljeno obremenjenost iz naše raziskave - 90,6 dB(A). Na podlagi teh podatkov smo izračunali, da je znašala vrednost dnevne obremenitve traktorista z ropotom 89,55 dB(A). Izračunana dnevna obremenitev traktorista je presegla mejno vrednost izpostavljenosti glede na Pravilnik o (2006), kar pomeni, da je bil traktorist v delovnem času osmih ur preobremenjen z ropotom.

## 5.2.4 Obremenjenost z vibracijami

Po daljšem izpostavljanju vibracijam pride v organizmu do trajnih okvar. Najprej jih je mogoče odkriti na želodcu, na spremembah hrbtenice in posameznih sklepov (Lipoglavšek in Kumer, 1998).

### Aksialne, horizontalne ter vertikalne vibracije

Analiza frekvenčno uteženih RMS vibracij je za produktivni čas pokazala, da so najmanjše vertikalne vibracije in znašajo  $0,46 \text{ m/s}^2$ . Nekoliko večje so bile aksialne, kjer so znašale  $0,48 \text{ m/s}^2$ , največje pa so bile horizontalne vibracije ( $0,62 \text{ m/s}^2$ ).

Vidimo lahko, da je obremenitev zaradi horizontalnih vibracij večja kot zaradi vertikalnih vibracij. Vzrok lahko iščemo predvsem v vzmetenju sedeža, ki je vzmeten le v vertikalni smeri (Potočnik, 2009).

### Vektorske vibracije

Največje vektorske velikosti vibracij smo izmerili v času polne in prazne vožnje ( $1,82 - 1,97 \text{ m/s}^2$ ), sledijo pa jim vektorske velikosti vibracij v času privlačevanja (v traktorju) ter rampanja ( $1,92$  ter  $1,45 \text{ m/s}^2$ ). Lipoglavšek in Kumer (1998) sta prav tako ugotovila, da je obremenitev med delovnimi operacijami različna, največja pa je pri polni in prazni vožnji, velika je tudi med privlačevanjem in rampanjem.

Najmanjše vektorske velikosti vibracij smo izmerili v času premika po skladišču ter med privlačevanjem (v traktorju) (od  $1,24 - 1,32 \text{ m/s}^2$ ), kar bi pripisali manjšim voznim hitrostim in delovanju traktorja z manjšimi vrtljaji motorja. Povprečna vektorska velikost vibracij, ugotovljena v produktivnem času, je znašala  $1,19 \text{ m/s}^2$ .

Lipoglavšek in Koren (1982) sta za produktivni čas za traktorja IMT 558 ter IMT 560 ugotovila vrednosti vektorske velikosti vibracij  $2,65$  ter  $4,04 \text{ m/s}^2$ . Vidimo lahko, da so bile

vibracije na sedežu traktorja pred slabimi tridesetimi leti tudi do 4-krat večje kot so v današnjem času. Vzrok lahko iščemo tako v boljšemu vzmetnemu mehanizmu sedeža kot tudi v tehničnih izboljšavah pri razvoju traktorjev.

#### Dnevna obremenjenost z vibracijami

Za primerjavo smo izračunali še modelno vrednost, pri kateri je povprečni delavnik sestavljen iz 6 ur produktivnega ter 2 ur neproduktivnega časa. Za oba časa smo privzeli ugotovljeni vrednosti iz naše raziskave; za produktivni čas 1,19, za neproduktivni čas pa 0 m/s<sup>2</sup>. Ugotovili smo, da je znašala dnevna obremenitev traktorista z vibracijami 1,03 m/s<sup>2</sup>, kar je nad opozorilno ter pod mejno vrednostjo, ki je določena s Pravilnikom o (2005).

### 5.3 ERGONOMSKA PRIMERNOST POSAMEZNEGA TRAKTORJA

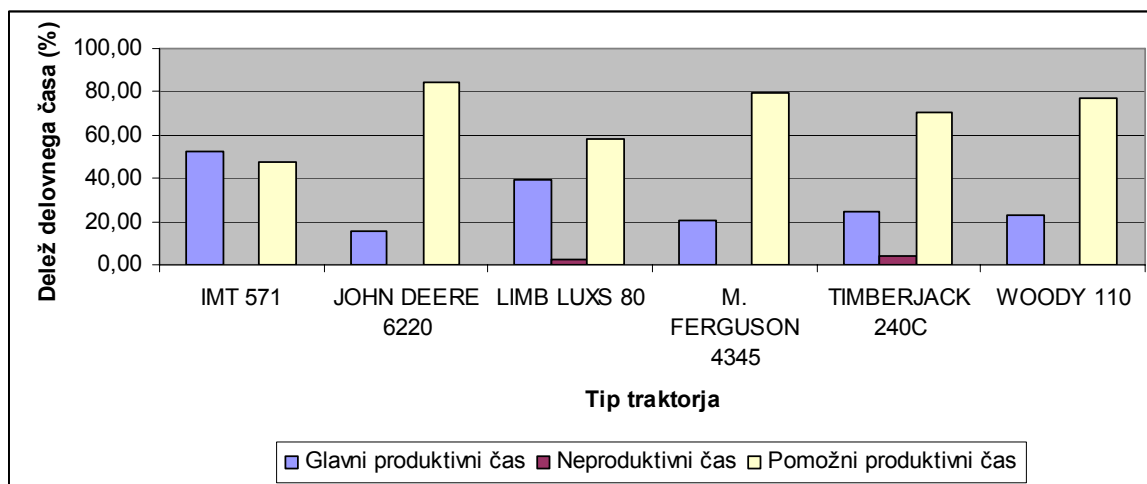
V preglednici spodaj (preglednica 7) smo naredili analizo, s katero smo hoteli primerjati velikost posameznih obremenitev glede na glavne komponente delovnega časa ter glede na vrsto traktorja. Za dovolj reprezentativne rezultate bi morali izvesti meritve na enakih vlakah, pri enakih vremenskih razmerah ter z istimi traktoristi, vendar to v našem primeru zaradi različnih vzrokov ni bilo izvedljivo. Kljub temu smo v nadaljevanju povzeli glavne ugotovitve, ki nam pokažejo splošno sliko pri primerjavi različnih traktorjev.

Preglednica 7: Rezultati za težavnost dela ter obremenjenost z ropotom in vibracijami glede na produktivni, neproduktivni ter delovni čas

	FIZIČNA OBREMENITEV		ROPOT				VIBRACIJE			
	Pulz med delom (u/min)	Delovni pulz (u/min)	LCpeak dB(C)	LAleq db(A)	LAeq dB(A)	LAeq.kor dB(A)	RMS X (m/s <sup>2</sup> )	RMS Y (m/s <sup>2</sup> )	RMS Z (m/s <sup>2</sup> )	RMS VTV (m/s <sup>2</sup> )
<b>Glavni prod. čas</b>	<b>116,79</b>	<b>35,73</b>	<b>136,11</b>	<b>93,95</b>	<b>93,02</b>	<b>93,2</b>	<b>0,72</b>	<b>1,02</b>	<b>0,73</b>	<b>1,9</b>
IMT 571	126,03	55,03	122,65	98,25	97,46	97,55	0,78	0,97	0,64	1,86
JOHN DEERE 6220	123,1	28,1	125,89	77,36	72,99	75,71	0,73	0,99	0,59	1,82
LIMB LUXS 80	102,38	21,38	122,65	81,16	77,22	79,29	0,67	1,05	0,67	1,87
M. FERGUSON 4345	120,39	38,39	136,11	82,45	75,78	79,38	0,74	0,7	0,49	1,51
TIMBERJACK 240C	118,93	29,93	123,49	90,81	89,06	89,76	0,63	0,96	0,67	1,74
WOODY 110	114,5	26,5	120,91	85,99	83,48	85,29	0,74	1,31	1,18	2,42
<b>Pomož. prod. čas</b>	<b>133,86</b>	<b>47,95</b>	<b>136,46</b>	<b>89,94</b>	<b>87,94</b>	<b>88,79</b>	<b>0,33</b>	<b>0,32</b>	<b>0,26</b>	<b>0,70</b>
IMT 571	154,00	83,00	130,91	97,55	96,26	96,72	0,38	0,32	0,2	0,73
JOHN DEERE 6220	139,92	44,92	127,98	82,64	73,63	78,83	0,39	0,33	0,24	0,75
LIMB LUXS 80	126,55	45,55	120,42	86,97	83,58	84,96	0,21	0,16	0,15	0,4
M. FERGUSON 4345	123,82	41,82	136,46	83,64	76,3	80,69	0,42	0,27	0,22	0,73
TIMBERJACK 240C	130,27	41,27	127,45	87,23	83,89	86,05	0,29	0,34	0,27	0,69
WOODY 110	136,04	48,04	130,33	84,6	79,85	82,3	0,28	0,43	0,38	0,81
<b>Neprod. čas</b>	<b>125,95</b>	<b>40,25</b>	<b>116,1</b>	<b>84,73</b>	<b>80,06</b>	<b>82,63</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
LIMB LUXS 80	123,06	42,06	108,79	75,64	71,61	75,27	0	0	0	0
TIMBERJACK 240C	127,98	38,98	116,1	85,43	80,74	83,28	0	0	0	0
<b>Delovni čas</b>	<b>128,68</b>	<b>44,22</b>	<b>136,46</b>	<b>91,52</b>	<b>90,1</b>	<b>90,58</b>	<b>0,48</b>	<b>0,62</b>	<b>0,45</b>	<b>1,19</b>
IMT 571	137,36	66,36	130,91	97,93	96,93	97,18	0,62	0,74	0,48	1,43
JOHN DEERE 6220	137,76	42,76	127,98	82,13	73,53	78,46	0,46	0,49	0,32	1,00
LIMB LUXS 80	116,88	35,88	122,65	84,83	81,32	82,85	0,45	0,67	0,44	1,21
M. FERGUSON 4345	123,14	41,14	136,46	83,43	76,20	80,45	0,50	0,40	0,30	0,94
TIMBERJACK 240C	127,39	38,39	127,45	88,38	85,79	87,24	0,40	0,56	0,40	1,04
WOODY 110	131,15	43,15	130,33	84,97	81,00	83,21	0,43	0,74	0,66	1,37

### 5.3.1 Struktura časa

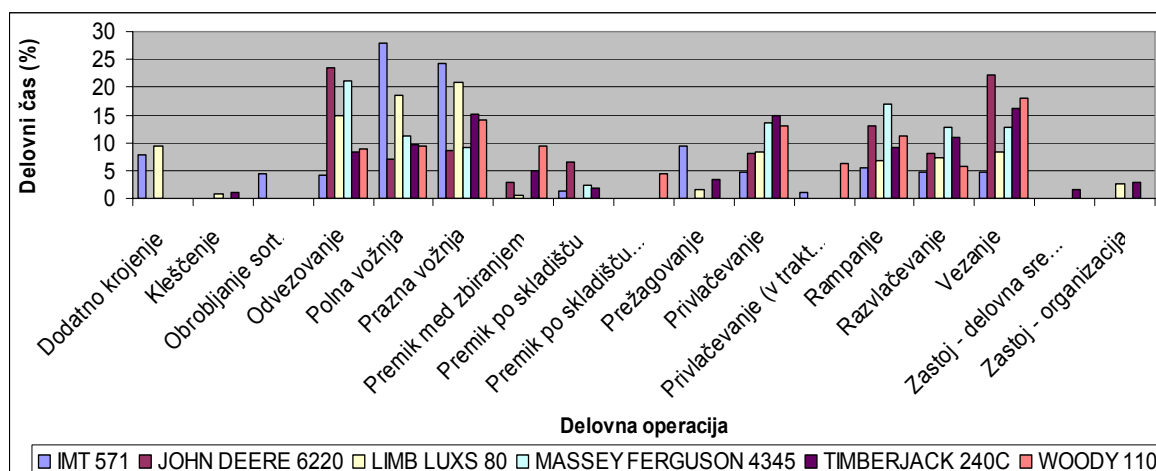
Struktura časa je zelo pomemben faktor, ki vpliva na skupno velikost posameznih obremenitev.



Slika 7: Prikaz strukture delovnega časa po posameznih traktorjih

Analiza strukture posnetih časov je pokazala, da:

- sta imela največji delež glavnega produktivnega časa traktorja IMT ter LIMB. Omenjena traktorja sta imela tako velik delež glavnega produktivnega časa predvsem zaradi velike razdalje vlačjenja (630 ter 480 m),
- je v deležu pomožnega produktivnega časa izstopal traktor IMT, katerega pomožni produktivni čas je znašal 45 % delovnega časa, delež pomožnega produktivnega časa ostalih traktorjev pa se je gibal med 55 in 85 %,
- smo posneli neproduktivni čas samo pri spravilu s traktorjema TBJ ter LIMB.



Slika 8: Prikaz strukture delovnega časa po delovnih operacijah po posameznih traktorjih

Iz zgornje slike razberemo, kakšen delež je imela posamezna delovna operacija v strukturi delovnega časa glede na tip traktorja. Razvidno je, da sta polna in prazna vožnja predstavljali največji delež v strukturi delovnega časa pri traktorju IMT, medtem ko sta imeli najmanjši delež pri traktorju JOHN. Nasprotno pa je imelo odvezovanje največji delež v strukturi delovnega časa pri traktorju JOHN, najmanjši delež pa v strukturi delovnega časa traktorja IMT.

### 5.3.2 Težavnost dela

Analiza vrednosti pulza med delom ter delovnega pulza je pokazala, da je primerjava traktorjev glede na pomožni produktivni, neproduktivni ter delovni čas neprimerna, saj so bile fizične obremenitve traktoristov v tem času odvisne predvsem od delovnih razmer in strukture delovnega časa.

Nekaj boljše, a še vedno zelo orientacijske vrednosti, nam so nam podale vrednosti fizične obremenitve traktorista v glavnem produktivnem času, v katerem je prišla težavnost dela s posameznim traktorjem veliko bolj do izraza.

Rezultate za težavnost dela po posameznem traktorju smo dobili z rangiranjem pulza med delom in delovnega pulza, s čimer smo dobili splošno sliko fizičnih obremenitev posameznega traktorista.

Ugotovili smo, da je bilo najmanj obremenjujoče delo s traktorjem LIMB, sledilo mu je delo z obema zgibnikoma; WOODY-jem ter TBJ, kot najbolj težavno pa se je izkazalo delo s traktorjem IMT.

Pri tem moramo poudariti, da je IMT-jev traktorist v času snemanja podatkov pil energijsko pijačo. Tudi če privzamemo, da je bil njegov pulz zaradi tega do 10 u/min višji kot bi bil sicer, lahko še vedno ugotovimo, da je njegov pulz presegel pulz vseh ostalih traktoristov.

Če pogledamo strukturo delovnega časa za traktor IMT, vidimo, da je v njej prevladoval glavni produktivni čas, ki je za delo najmanj obremenjujoč; iz tega sledi, da bi morale biti delo s traktorjem IMT najlažje.

V naši raziskavi smo kljub temu ugotovili ravno nasprotno - delo s traktorjem IMT je bilo namreč glede na pulz daleč najtežje. Sklepamo lahko, da je bil tako visok pulz posledica težavne polne vožnje z več proti-vzponi ter prevelikega bremena. Vse to kaže na nepravilen način dela traktorista ter na nepravilno izbrano spravilno sredstvo. Posledice naštetega so se izrazile kot psihofizična preobremenjenost traktorista, ki je delal z traktorjem IMT.

### **5.3.3 Obremenjenost z ropotom**

Pri analizi ropota po traktorjih smo primerjali obremenitve traktoristov skozi ves snemalni čas, saj je traktorist pri svojem delu z različnimi traktorji bolj ali manj podobno obremenjen. Pri tem smo zanemarili vpliv ropota motornih žag, saj je predstavljal le manjši delež v strukturi delovnega časa.

#### *Konične jakosti ropota (LCpeak)*

Obremenitev s konično jakostjo ropota (LCpeak) med glavnim produktivnim časom je pokazala, da je bil za traktorista najbolj obremenjujoč traktor znamke FERG, katerega

konična jakost ropota je za las presegla spodnjo opozorilno vrednost 135 dB(C) (Pravilnik o, 2006). Pri vseh ostalih traktorjih je znašala konična obremenitev z ropotom od 120 - 126 dB(C), kar je pod omenjeno spodnjo opozorilno vrednostjo. Obremenitve v neproduktivnem ter delovnem času so bile zelo podobne; traktor FERG je presegel spodnjo opozorilno vrednost, ostali traktorji pa te vrednosti niso presegli.



**Slika 9: Prilagojeni kmetijski traktor MASSEY FERGUSON 4345 (Foto: Gregor Žunič)**

V poglavju Obremenitve traktorista po delovnih operacijah (poglavje 5.2) smo ugotovili, da je bil traktorist s konično jakostjo ropota najbolj obremenjen v času delovnih operacij polna vožnja, odvezovanje ter privlačenje.

Iz strukture delovnega časa po posameznih traktorjih je razvidno, da so imele zgoraj našteje delovne operacije največji delež v strukturi delovnega časa pri spravilu lesa s traktorjem FERG, najmanjšega pa pri spravilu s traktorjem WOODY. Predvidevamo lahko, da je bil traktorist pri delu s traktorjem FERG najbolj, traktorist v traktorju WOODY pa najmanj obremenjen s konično jakostjo ropota.

#### Korigirana ekvivalentna jakost ropota ( $LA_{eq,kor}$ )

Nekoliko spremenjeno sliko obremenitev je pokazala obremenjenost s korigirano ekvivalentno jakostjo ropota ( $LA_{eq,kor}$ ). Traktor IMT je izstopal z največjo obremenitvijo



97 dB(A), ki je presegala mejno vrednost dopustne obremenitve glede na Pravilnik o (2006) za 10 dB(A). Z vrednostjo 87 dB(A), torej na sami mejni vrednosti, mu je sledil TBJ, le-temu pa WOODY, LIMB ter FERG, katerih korigirana ekvivalentna jakost ropota je presegla spodnjo opozorilno vrednost 80 dB(A), ne pa tudi zgornje opozorilne vrednosti 85 dB(A). Traktor JOHN se je izkazal za traktoristova ušesa najbolj prijazen traktor, saj s korigirano ekvivalentno jakostjo ropota 78 dB(A) ni dosegal niti spodnje opozorilne vrednosti glede na Pravilnik o (2006).



**Slika 10: Prilagojen kmetijski traktor IMT 571 (Foto: Jernej Jevšenak)**

V prejšnjem poglavju smo ugotovili, da sta prazna in polna vožnja delavni operaciji, v katerih smo izmerili najvišje korigirane vrednosti ekvivalentne jakosti ropota. Če to ugotovitev povežemo s trajanjem omenjenih delovnih operacij, lahko na podlagi časa izpostavljenosti predvidevamo, da je bil traktorist, ki je delal s traktorjem IMT, najbolj obremenjen s korigirano ekvivalentno jakostjo ropota. Vzrok najdemo v trajanju polne in prazne vožnje, ki sta v strukturi omenjenega traktorja predstavljali kar 55 % celotnega delovnega časa. Po enakem principu lahko predvidevamo, da je bil traktorist, ki je delal s traktorjem JOHN, najmanj obremenjen s korigirano ekvivalentno jakostjo ropota, saj sta prazna in polna vožnja predstavljali le 15 % delovnega časa.

Te ugotovitve potrjujejo dejstvo, da je bila dnevna obremenitev traktorista z ropotom odvisna predvsem od deleža najhрупnejše delovne operacije v strukturi časa - v našem primeru polne in prazne vožnje.

#### **5.3.4 Obremenjenost z vibracijami**

Analiza prostorske komponente vektorja v aksialni smeri je za glavni produktivni čas pokazala zelo majhen razpon velikosti tresenja ( $0,63 - 0,78 \text{ m/s}^2$ ). Podatek je zanimiv predvsem zato, ker so bile ugotovljene vozne hitrosti med prazno in polno vožnjo zelo različne (gibale so se med 2,2 pa vse do 8,1 km/h), prav tako različni pa so bili nakloni vlak ter velikosti prepeljanega bremena. Ta ugotovitev je bila povod, da smo se v nadaljevanju osredotočili predvsem na vibracije, proizvedene v glavnem produktivnem času; tiste v pomožnem produktivnem, produktivnem ter delovnem času pa nismo upoštevali, saj so veliko bolj odvisne od delovnih razmer.

##### Aksialne, horizontalne in vertikalne vibracije

Vibracije v aksialni smeri so se pojavljale na intervalu od  $0,63$  do  $0,78 \text{ m/s}^2$ . Najmanjšo izmerjeno velikost vibracij za aksialno smer smo izmerili pri traktorju TBJ, medtem ko so bile najvišje izmerjene pri traktorju IMT.

V nasprotju z vibracijami v aksialni smeri, pa so imele tiste v horizontalni smeri, nekoliko večji razpon velikosti tresenja ( $0,7 - 1,31 \text{ m/s}^2$ ). Največje vrednosti so bile izmerjene pri zgibnem traktorju WOODY, medtem ko so bile najmanjše izmerjene pri traktorju FERG.

Vibracije v vertikalni smeri so se pojavljale na nekoliko manjšem intervalu ( $0,49 - 1,18 \text{ m/s}^2$ ), pri čemer sta bili obe mejni vrednosti izmerjeni pri traktorju WOODY ter FERG - istima traktorjema kot v horizontalni smeri.

### Vektorske vibracije

Za primerjavo med posameznimi stroji računamo tudi vektorsko velikost vibracij, pri kateri ponderiramo vertikalno, horizontalno in aksialno smer vektorja glede na občutljivost človeka.

Tako kot pri horizontalnih ter vertikalnih vibracijah, se je tudi pri vektorskih vibracijah pokazalo, da se pojavljajo na zelo velikem intervalu. Najnižjo izmerjeno vrednost ( $1,51 \text{ m/s}^2$ ) smo zopet izmerili pri FERG, medtem ko je negativni rekorder še vedno ostal WOODY, katerega skupna vektorska velikost vibracij je dosegla vrednost  $2,42 \text{ m/s}^2$ . Pri ostalih traktorjih so se vrednosti vibracij gibale na podobni ravni in sicer na intervalu od  $1,74 - 1,86 \text{ m/s}^2$ .

V pregledu vibracij po delovnih operacijah (v poglavju 5.2) smo ugotovili, da sta za traktorista najbolj obremenjujoči delovni operaciji polna in prazna vožnja. Le-ti sta predstavljali največji delež v strukturi delovnega časa pri traktorju IMT, kar pomeni, da je bil IMT-jev traktorist največ časa izpostavljen največjim vibracijam. Prazna in polna vožnja sta imeli najmanjši delež v strukturi delovnega časa pri delu s traktorjem JOHN; posledično je bil tudi traktorist pri delu s tem traktorjem najmanj časa izpostavljen največjim vibracijam.

## **6 SKLEPI**

Pri novejših tehničnih sredstvih se pojavljajo manjše ergonomske obremenitve, kar je zelo pomembno za delavca, delodajalca, kot tudi za državo. Obremenitve so zelo različne glede na delovne razmere, delovna sredstva in delovne operacije. Pri novejših delovnih sredstvih so praviloma manjše, pri starejših pa večje in s tem bolj problematične.

V diplomski nalogi smo proučevali obremenitve traktoristov glede na delovne operacije ter obremenitve traktoristov po različnih traktorjih. Pri tem ne smemo pozabiti, da so vse obremenitve odvisne od strukture delovnika, terenskih razmer, načina dela traktorista (npr.

od hitrosti prazne in polne vožnje, organizacijske oblike dela,); težavnost pa je predvsem odvisna od fizične pripravljenosti delavca ter zagnanosti in treme pri snemanju. Vsi pridobljeni rezultati in na njih temelječi spodnji sklepi so tako samo orientacijski.

Proučevanje fizičnih obremenitev traktoristov po delovnih operacijah je pokazalo, da:

- so za traktorista predstavljale največji fizični napor predvsem delovne operacije v delovnem postopku pomoč sekaču,
- je bila delovna operacija odvezovanje za traktorista fizično manj naporna kot premik po skladišču, vezanje pa bolj kot razvlačevanje,
- je bil traktorist znotraj produktivnega časa najmanj obremenjen v glavnem produktivnem času,
- je bila prazna vožnja za traktorista fizično najmanj obremenjujoča,
- je delovni pulz traktorista padel pod dopustno mejo 35 u/min le pri prazni vožnji ter premiku po skladišču (traktorist zunaj).

Pri snemanju obremenjenosti z ropotom po delovnih operacijah smo prišli do ugotovitev, da:

- so se najvišje konične jakosti ropota pojavile med delovnimi operacijami polna vožnja, privlačevanje in odvezovanje,
- smo najnižje konične vrednosti ropota izmerili v neproduktivnem času,
- je bil traktorist koničnim vrednostim ropota veliko bolj izpostavljen zunaj traktorja kot v samem traktorju,
- je bil traktorist z impulzivno vrednostjo ropota najbolj obremenjen v glavnem produktivnem času ter v času trajanja delovnega postopka pomoč sekaču,
- je bil traktorist z ekvivalentno jakostjo ropota, merjeno s filtrom A (LAeq), najbolj obremenjen med polno in prazno vožnjo,
- je merjenje LAeq pokazalo, da je bil za traktorista najmanj obremenjujoč neproduktivni čas ter čas trajanja delovnih operacij: razvlačevanje, vezanje, privlačevanje, odvezovanje ter premik po skladišču (traktorist zunaj),
- je bil traktorist z ekvivalentno jakostjo ropota najbolj obremenjen v produktivnem času ter v času delovnega postopka pomoč sekaču,

- so se najmanjše korigirane ekvivalentne jakosti ropota ( $LA_{eq.kor}$ ) pojavile v neproduktivnem času ter v času trajanja delovnega postopka dela v sestoji,
- sta bili za traktorista z korigirano ekvivalentno jakostjo ropota najbolj obremenjujoči delovni operaciji polna in prazna vožnja (če ne upoštevamo dela z motorno žago); če pa to delo upoštevamo, je bil traktorist najbolj obremenjen v času delovnega postopka pomoč sekaču,
- je dnevna obremenitev traktorista preseгла mejno vrednost izpostavljenosti ropotu glede na Pravilnik o (2006).

Analiza obremenjenosti traktoristov s frekvenčno uteženimi RMS vibracijami po delovnih operacijah je pokazala, da:

- so bile vibracije v produktivnem času najmanjše v vertikalni smeri, nekoliko večje v aksialni smeri, največje pa v horizontalni smeri,
- so se največje vektorske velikosti vibracij pojavile v času polne in prazne vožnje, sledijo pa jim vektorske velikosti vibracij v času privlačevanja (v traktorju) ter rampanja,
- smo najmanjše vektorske velikosti vibracij izmerili v času premika po skladišču ter med privlačevanjem (v traktorju),
- je dnevna obremenitev traktorista z vibracijami znašala  $1,03 \text{ m/s}^2$ , kar je nad opozorilno ter pod mejno vrednostjo, ki je določena s Pravilnikom o (2005).

Iz zgornjih navedb lahko povzamemo, da se vse vrste obremenitev zelo razlikujejo glede na posamezne delovne operacije. Traktoristi so bili, glede na veljavne pravilnike, preobremenjeni z vsemi vrstami raziskovanih obremenitev, s katerimi se srečujejo pri svojem delu. Ugotovili smo (pre)obremenjenost traktoristov tako z ropotom, vibracijami, kot tudi s fizičnim naporom.

V drugem delu diplomske naloge smo raziskovali ergonomsko primernost posameznega delovnega sredstva.

Analiza vpliva proučevanih delovnih sredstev - traktorjev na fizično obremenitev traktorista je pokazala, da je bilo delo s traktorjem LIMB najmanj obremenjujoče, sledilo

mu je delo z obema zgibnima traktorjema - WOODY-jem ter TBJ, kot najbolj težavno pa se je izkazalo delo s traktorjem IMT.

Analiza ropota v delovnem času po posameznih traktorjih je pokazala, da:

- je bila obremenitev s konično vrednostjo ropota (LCpeak) največja pri delu s traktorjem znamke FERG, katerega konična jakost ropota je za las presegla spodnjo opozorilno vrednost 135 dB(C) (Pravilnik o, 2006), medtem ko ostali traktorji te vrednosti niso presegli,
- je traktor IMT izstopal z največjo obremenitvijo 97 dB(A), ki je presegla mejno vrednost dopustne obremenitve za 10 dB(A) glede na Pravilnik o (2006),
- je bil traktor JOHN za traktoristova ušesa najbolj prijazen traktor, saj z ekvivalentno jakostjo ropota 78 dB(A) ni dosegel niti spodnje opozorilne vrednosti glede na Pravilnik o (2006).

Analiza aksialnih, vertikalnih, horizontalnih ter vektorskih velikosti vibracij, izmerjenih med glavnim produktivnim časom, je pokazala, da so bile:

- aksialne vibracije najmanjše pri traktorju TBJ, največje pa pri traktorju IMT,
- horizontalne in vertikalne vibracije največje pri zgibnem traktorju WOODY, najmanjše pa pri FERG,
- vektorske vibracije najmanjše pri traktorju FERG, največje pa pri zgibnem traktorju WOODY.

Sklepamo lahko, da ima vsak traktor svoje optimalno območje delovanja, zaradi česar (pri dosedanjem nivoju znanja) ne moremo zagotovo napovedati, kateri traktor bo v danih delovnih pogojih za traktorista najbolj ergonomsko primeren. Potrebno bi bilo narediti več raziskav, če bi želeli v prihodnosti posegati tudi na to področje načrtovanja dela v gozdovih.

## 5 VIRI

Bilban M. 1999. Medicina dela. Ljubljana, Zavod za varstvo pri delu: 605 str.

Horvat D., Sever S. 1998. Development and use of environmentally acceptable operating techniques and technologies in croatias forests. V: Austria Expert Meeting on Environmentally Sound Forest Operations for Countries in Transition to Market Economies: 20 - 27

Goglia V., Beljo R., Gnjlac D. 1995. Measurement of the airborne noise and the noise at the operator's position emitted by the ECOTRAC V-1033 F forest tractor. Arhiv za higijenu rada i toksikologijo: 45 - 53

Košir B. 1982. Obremenitev traktoristov z vibracijami. Gozdarski vestnik, 40, 1: 12 - 19

Krivec A. 1979. Proučevanje traktorskega spravila lesa. (Strokovna in znanstvena dela, 65). Ljubljana, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo pri Biotehniški fakulteti: 211 str.

Lipoglavšek M. 1981. Obremenitev delavcev z ropotom pri spravilu lesa. Gozdarski vestnik, 39, 10: 425 - 433

Lipoglavšek M. 1991. Ergonomija v gozdarstvu. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 168 str.

Lipoglavšek M. 1992. Težavnost dela sekačev. Gozdarski vestnik, 50, 3: 130 - 136

Lipoglavšek M., Koren I. 1982. Ergonomske značilnosti traktorja IMT - 560 za spravilo lesa. Gozdarski vestnik, 40, 6: 241 - 253

Lipoglavšek M., Kumer P. 1998. Humanizacija dela v gozdarstvu. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehnične fakultete: 214 str.

Odredba o določitvi normativov za dela v gozdu. 1999. Ur. l. RS, št. 11/99

Potočnik I. 2009. Ergonomija: Študijsko gradivo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire

Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu. 2006. Ur. l. RS, št. 17/06

Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti vibracijam pri delu. 2005. Ur. l. RS, št. 94/05

Rovan S. 2000. Učinkovitost ter težavnost dela pri sečnji: diplomska naloga. (Univerza v Ljubljani, BF. Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 56 str.

Shishiuchi M. 1972. Basic Study on the vibration of the Tractor Used in Forestry. <http://rms1.agsearch.agropedia.affrc.go.jp/contents/JASI/pdf/society/06-2318.pdf> (1. 9. 2010)

Tunay M., Melemez. K. 2008. Noise induced hearing loss of forest workers in Turkey. Pakistan journal of Biological Sciences: 2144 - 2148

Winkler I. 1997. Organizacija gozdarskih del. Ljubljana, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire pri Biotehniški fakulteti v Ljubljani: 265 str.



## **ZAHVALA**

Za pomoč pri pisanju diplomske naloge, za koristne nasvete in porabljen čas, se iskreno zahvaljujem somentorju mag. Antonu Poje ter prof. dr. Igorju Potočniku. Prav tako gre zahvala recenzentu prof. dr. Boštjanu Koširju za recenzijo diplomske naloge.

Za koristne pripombe sem dolžan zahvalo tudi Urošu Vranešiču, univ. dipl. inž. gozd., za hiter tehnični pregled naloge pa mag. Maji Božič.

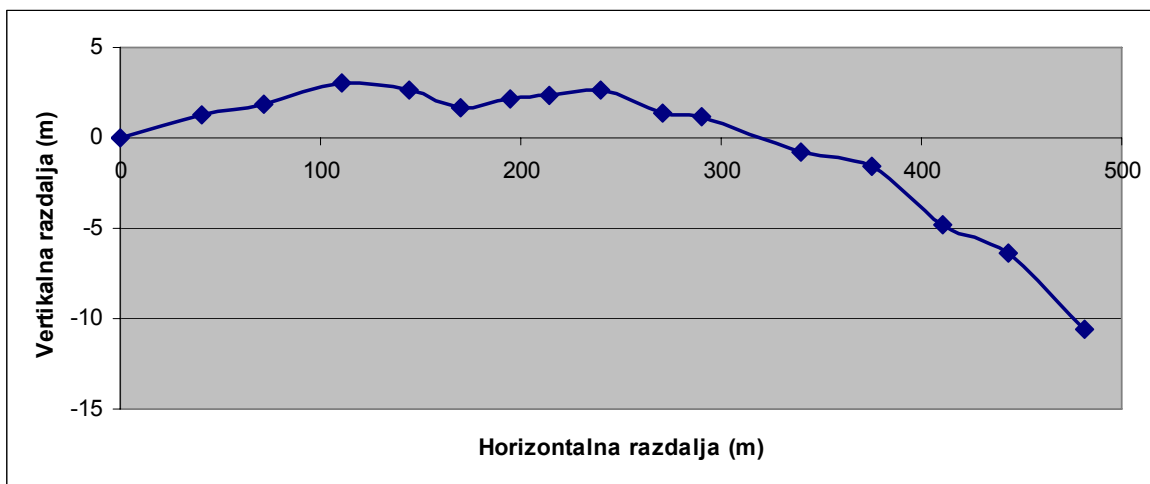
Zahvaljujem se tudi vsem, ki ste mi na kakršenkoli način pripomogli k nastanku tega dela ter vsem sošolcem in prijateljem za pomoč in dobro družbo v celotnem času študija.

Zahvala gre tudi mojim najožjim družinskim članom, ki so me bodrili ter mi stali ob strani v času študija in tudi pri pisanju te diplomske naloge.

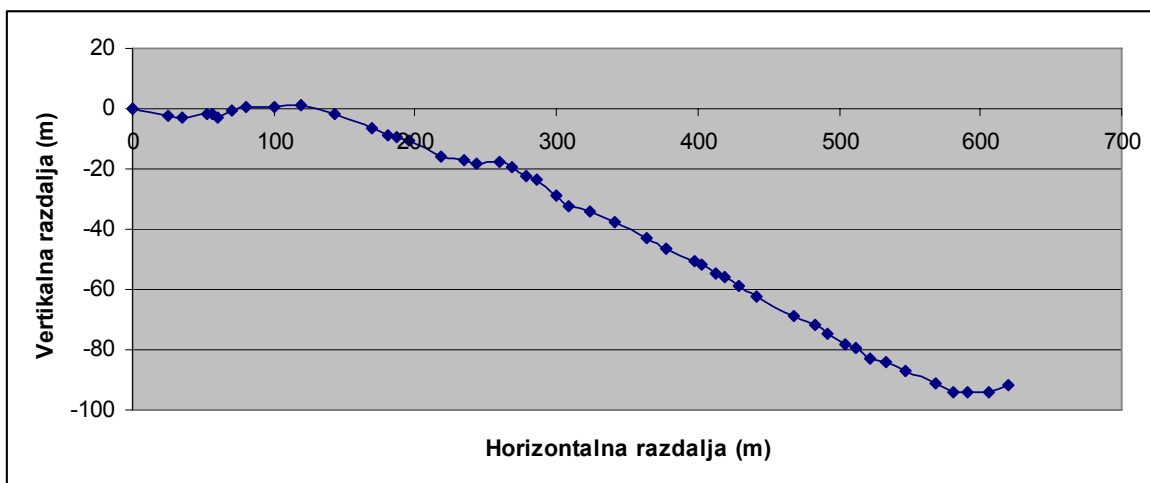
**HVALA VAM!**

## PRILOGE

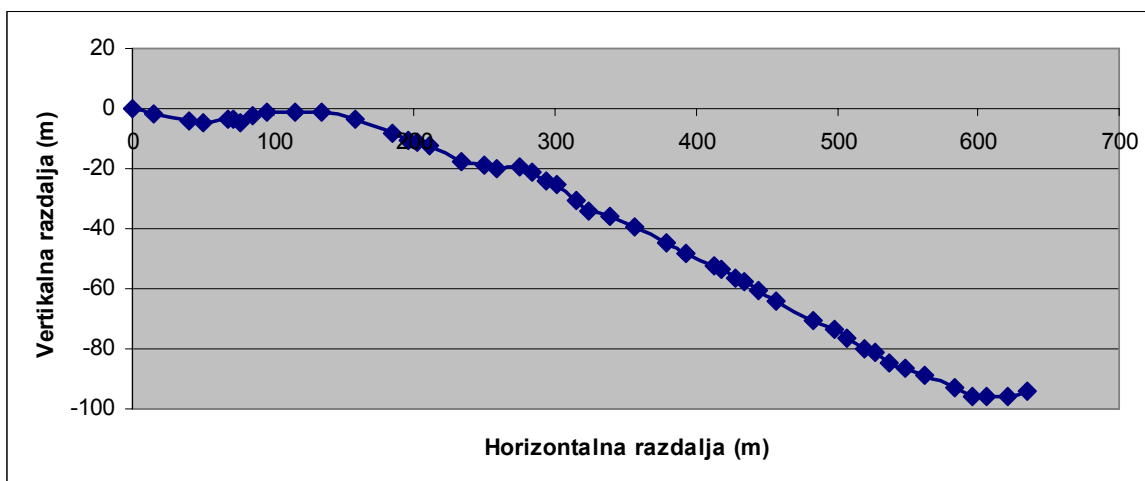
### PRILOGA A: Vzdolžni profili vlak (točka s koordinatama (0,0) predstavlja začetek polne vožnje)



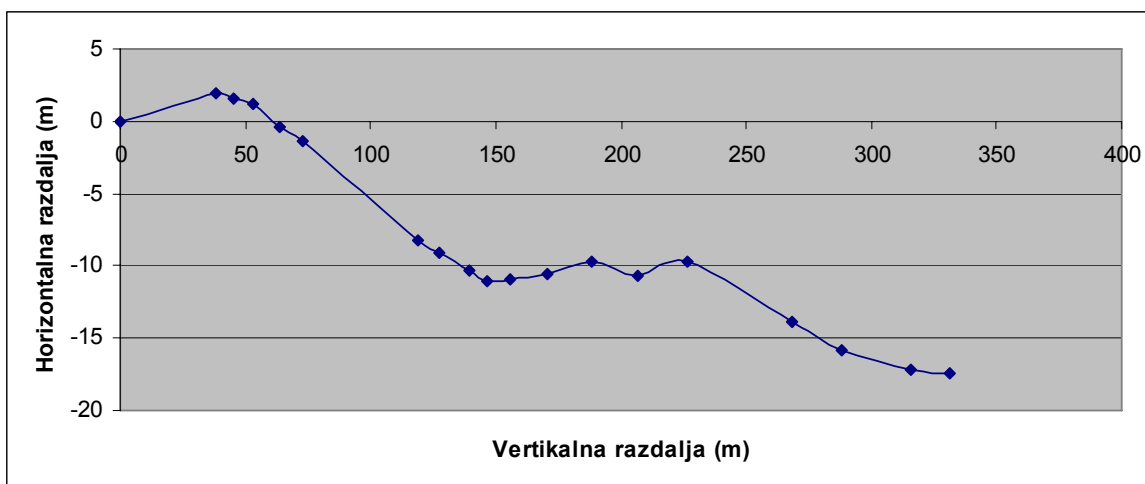
Vzdolžni profil vlake za traktor LIMB LUXS 80 za cikel 1, 2 in 3



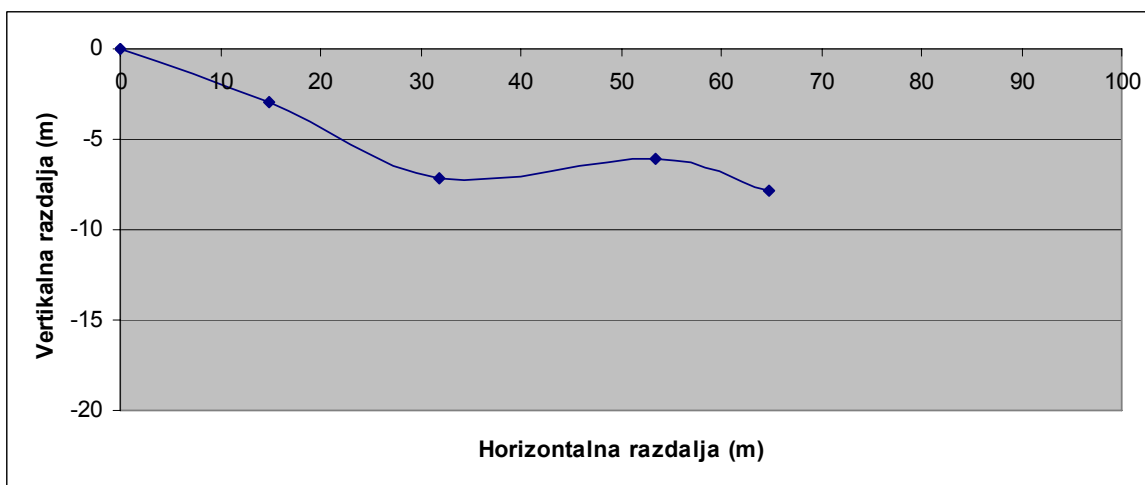
Vzdolžni profil vlake za traktor IMT 571 za cikel 1



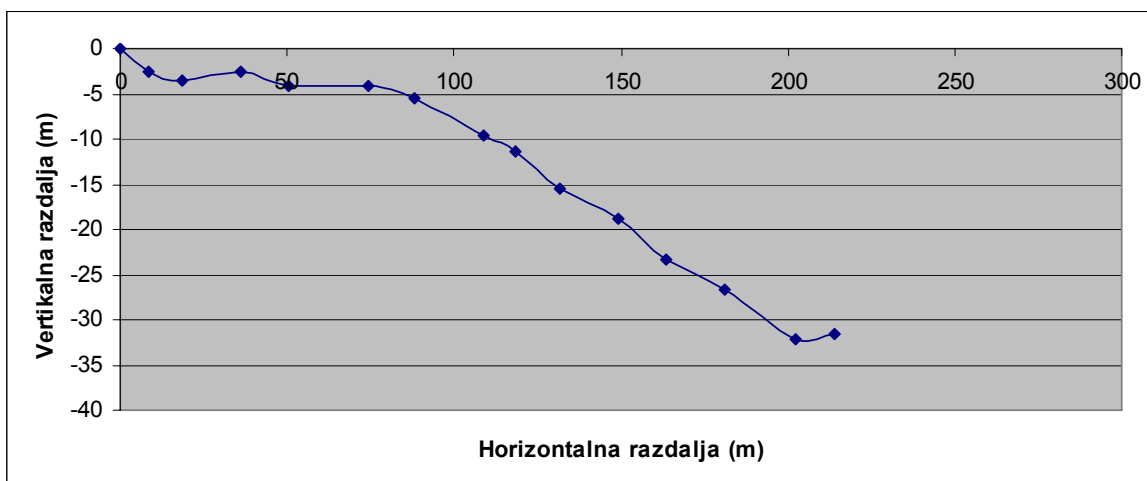
Vzdolžni profil vlake za traktor IMT 571 za cikel 2



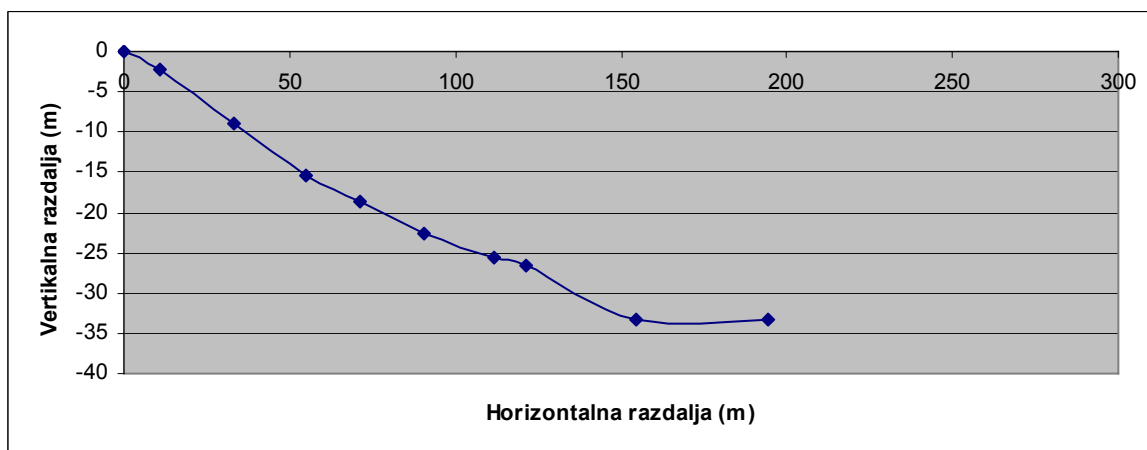
Vzdolžni profil vlake za traktor WOODY za cikel 1, 2 in 3



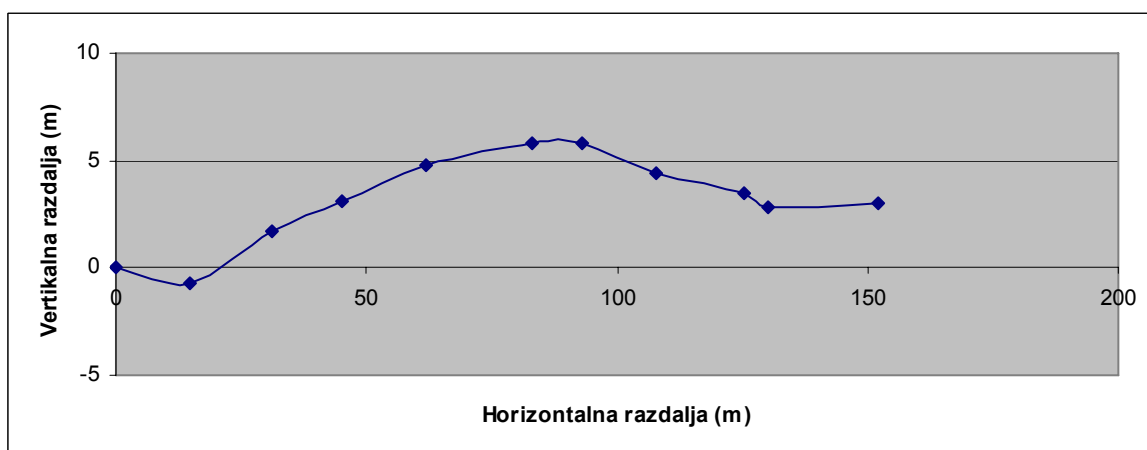
Vzdolžni profil vlake za traktor TIMBERJACK 240C za cikel 1



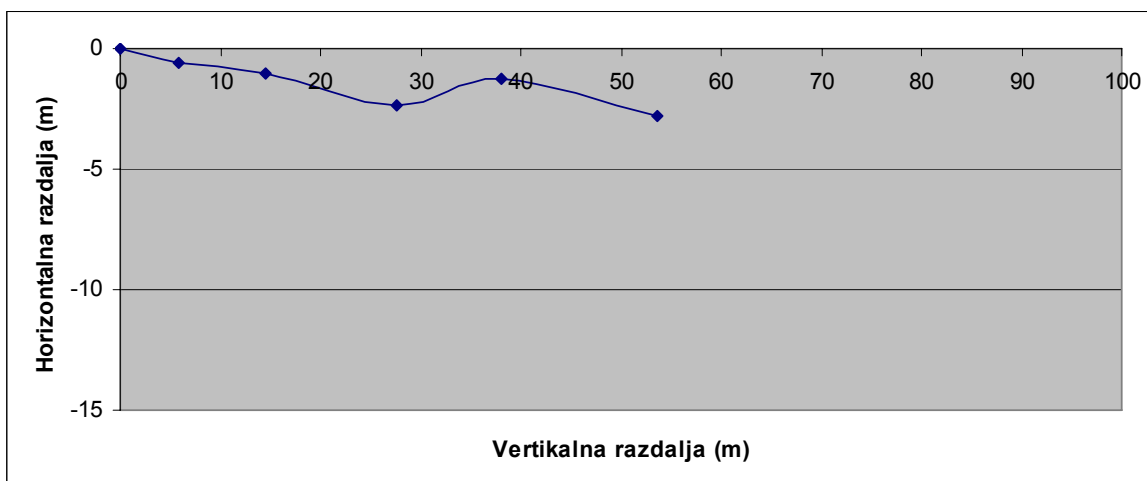
Vzdolžni profil vlake za traktor TIMBERJACK 240C za cikel 2



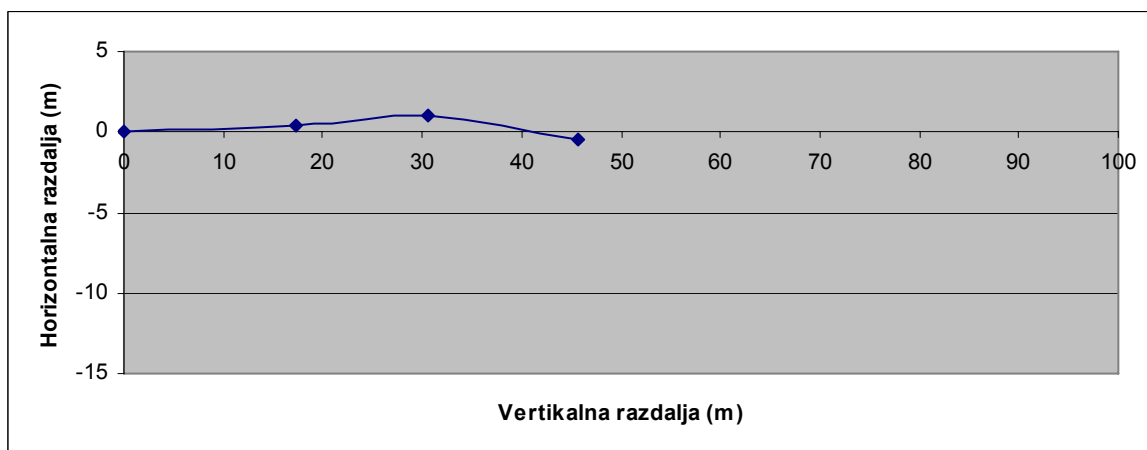
Vzdolžni profil vlake za traktor TIMBERJACK 240C za cikel 3



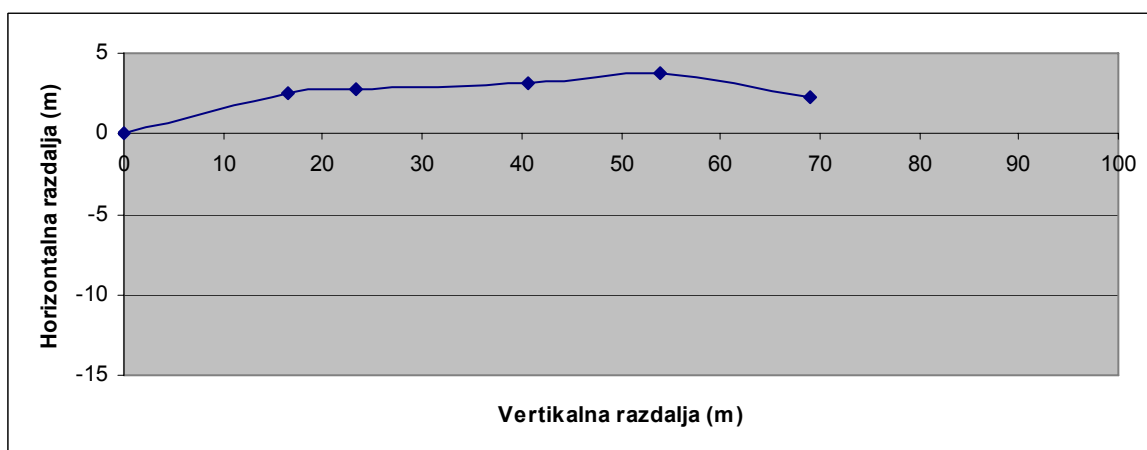
Vzdolžni profil za traktor WOODY 110 za cikel 1 in 2



Vzdolžni profil za traktor MASSEY FERGUSON 4345 za cikel 1 in 2



Vzdolžni profil za traktor MASSEY FERGUSON 4345 za cikel 3 in 4



Vzdolžni profil za traktor MASSEY FERGUSON 4345 za cikel 5





**PRILOGA D: Snemalni list za snemanje splošnih podatkov, lastnosti objekta, stroja, delavca ter vremenske razmere**

<b>Splošni podatki, lastnosti objekta, stroja, delavca ter vremenske razmere</b>	
<b>Splošni podatki</b>	
Datum	
Dan v tednu	
Ura ob začetku snemanja	
Trajanje snemanja	
<b>Lastnosti objekta</b>	
GG območje	
GG enota	
Oddelek	
Odsek	
Tip sestoja	
Skalovitost	
Stanje vlake	
Kategorija vlačjenja	
Kategorija zbiranja	
Povprečna razdalja vlačjenja	
Povprečna razdalja zbiranja	
<b>Lastnosti traktorista</b>	
Starost	
Teža	
Telesna višina	
Stan, družina	
Izobrazba	
Delovni staž - skupaj	
Delovni staž – kot traktorist	
Poškodbe	
Obolenja	
Razvade	
Malica	
Osebna varovalna oprema	
Organizacijska oblika dela	
<b>Lastnosti traktorja</b>	
Vrsta stroja	
Tip stroja	
Moč stroja	
Leto izdelave	
Število obratovalnih ur	
Tip vitla	
Moč vitla	
<b>Vremenske razmere</b>	
Vreme	
Temperatura zraka	
Relativna vlažnost zraka	
Hitrost gibanja zraka	



