

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

Rok ŠENICA

**OBREMENITEV DELAVCEV Z ROPOTOM PRI
SEČNJI IN SPRAVILU LESA**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij – 1. stopnja

Ljubljana, 2012

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

Rok ŠENICA

**OBREMENITEV DELAVCEV Z ROPOTOM PRI SEČNJI IN
SPRAVILU LESA**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij – 1. stopnja

NOISE LOADS OF WORKERS AT FOREST OPERATIONS

B. SC. THESIS
Academic Study Programmes

Ljubljana, 2012

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. Obremenitev gozdarskih delavcev z ropotom pri klasični sečnji/spravilu lesa ter pri strojni sečnji/spravilu lesa ter hkratna študija časa in učinkov je bila izvedena na gozdnogospodarskem območju Kočevje.

Študijska komisija Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire je dne 24. 5. 2011 sprejela temo in za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Igorja Potočnika, dne 24. 8. 2011 pa je za somentorja imenovala dr. Antona Pojeta.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: doc. dr. Jurij Marenče

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire

Član: prof. dr. Igor Potočnik

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire

Član: dr. Anton Poje

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire

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.

Rok Šenica

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Du1
DK	377.44+302(043.2)=1636
KG	ropot/motorna žaga/traktor/harvester/forwarder/dnevna obremenitev
AV	ŠENICA, Rok
SA	POTOČNIK, Igor (mentor) /POJE, Anton (somentor)
KZ	SI – 1000 Ljubljana, Večna pot 83
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
LI	2011
IN	OBREMENITEV DELAVCEV Z ROPOTOM PRI SEČNJI IN SPRAVILU LESA
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij – 1. stopnja)
OP	VIII, 60 str., 12 pregl., 19 sl., 5 pril., 21 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Leta 2010 je bila narejena raziskava obremenitev gozdnih delavcev z ropotom pri različnih delovnih fazah gozdne proizvodnje. Raziskovalni objekti so se nahajali na območju visokega krasa na GGO Kočevje. Obremenitve z ropotom pri klasični sečnji in spravilu ter strojni sečnji in spravilu so bile merjene pri delu z motorno žago, zgibnim traktorjem, strojem za sečnjo ter zgibnim polprikoličarjem. V raziskavi so obravnavane obremenitve z ropotom po delovnih operacijah, izračunane modelne 8-urne vrednosti obremenitve z ropotom, ki so primerjane z veljavno zakonodajo. Ugotovitve kažejo, da obremenitve z ropotom pri sečnji z motorno žago (95,6 dB(A)) ter spravilu lesa z zgibnim traktorjem (83,8 dB(A)) presegajo spodnjo opozorilno mejo dnevne izpostavljenosti (80 dB(A)), pri sečnji z motorno žago pa tudi zgornjo opozorilno izpostavljenost ropotu. Nasprotno pa pri strojni sečnji (68,2 dB(A)) in spravilu lesa (66,9 dB(A)), obremenitve z ropotom ne presegajo dnevnih opozorilnih vrednosti izpostavljenosti.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Du1

DC $377.44 + 302(043.2) = 1636$

CX Noise loads/chainsaw/skidder/harvester/forwarder

AU ŠENICA, Rok

SA POTOČNIK, Igor (supervisor) /POJE, Anton (co-supervisor)

KZ SI – 1000 Ljubljana, Večna pot 83

PB University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources

LI 2011

IN NOISE LOADS OF WORKERS AT FOREST OPERATIONS

TD B. Sc. Thesis (Academic Study Programmes)

OP VIII, 60 p., 12 tab., 19 fig., 5 ann., 21 ref.

IJ sl

JI sl/en

AI Researches were made in year 2010 on chainsaw operator, tractor driver, harvester operator and forwarder operator. Objects were located at the area of Slovenian high carst in GGO Kočevje. Noise loads were measured by felling on chainsaw and harvester and by timber harvest on skidder and forwarder. This gradual thesis presents overall structure of loads by noise by working operations and modular loads (8h). Calculated modular loads by noise were compared with valid standards. The analyzes of results show us that noise loads emitted by chainsaw (95,6 dB(A)) and by tractor (83,8 dB(A)) were above lower day limit of noise exposure (80 dB(A)). On the other hand, harvester operator (68,2 dB(A)) and forwarder operator (66,9 dB(A)) were not over loaded by noise.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	NAMEN IN HIPOTEZE NALOGE	2
3	DOSEDANJE RAZISKAVE	3
3.1	SPLOŠNO	3
3.2	OBREMENITVE Z ROPOTOM PRI SEČNJI Z MOTORNO ŽAGO.....	4
3.3	OBREMENITVE Z ROPOTOM PRI SPRAVILU LESA S TRAKTORJEM.....	7
3.4	STROJNA SEČNJA IN SPRAVILO.....	11
3.5	UKREPI ZA ZMANJŠANJE JAKOSTI ROPOTA.....	13
4	OBJEKTI IN METODE RAZISKOVANJA	14
4.1	SPLOŠNO O OBMOČJU IN OBJEKTU RAZISKOVANJA TER LASTNOSTIH DELAVCEV.....	14
4.1.1	Sečnja z motorno žago ter spravilo lesa s traktorjem	14
4.1.2	Strojna sečnja in spravilo.....	15
4.2	METODE RAZISKOVANJA	17
4.2.1	Izdelava časovne študije	17
4.2.1.1	Razčlenitev sečnje z motorno žago	17
4.2.1.2	Razčlenitev traktorskega spravila lesa.....	18
4.2.1.3	Razčlenitev sečnje s harvesterjem	20
4.2.1.4	Razčlenitev spravila s forwarderjem	21
4.2.2	Meritve jakosti ropota.....	21
4.2.3	Meritve učinkov.....	24
4.2.4	Snemanje vzdolžnega profila vlake.....	25
5	REZULTATI.....	26
5.1	STRUKTURA ČASA.....	26
5.2	OBREMENITEV DELAVCEV Z ROPOTOM PO DELOVNIH FAZAH.....	29
5.2.1	Sečnja z motorno žago.....	29
5.2.2	Spravilo lesa s traktorjem	32
5.2.3	Sečnja s harvesterjem	35
5.2.4	Spravilo s forwarderjem	37
5.3	PRIMERJAVA OBREMENITEV Z ROPOTOM Z DOPUSTNIMI MEJAMI IN MED DELOVNIMI MESTI	39
5.3.1	Primerjava obremenitev z ropotom z dopustnimi mejami	39
5.3.2	Primerjava obremenitev z ropotom med delovnimi mesti.....	42
6	RAZPRAVA.....	48
7	SKLEPI	58
8	VIRI	59

KAZALO SLIK

Slika 1:	Jakost ropota po frekvenčnih območjih, ki jih zazna človeško uho (Čudina, 2001: 5).....	3
Slika 2:	Primer linearnega (črtkano) in C ter A – vrednotenega spektra hrupa (Čudina, 2001: 40).....	4
Slika 3:	Harvester med obratovanjem (Foto: Jure Pokorn)	16
Slika 4:	Forwarder med nakladanjem lesa (Foto: Jure Pokorn)	16
Slika 5:	Struktura delovnega časa – sečnja z motorno žago.....	26
Slika 6:	Struktura delovnega časa – spravilo lesa s traktorjem	27
Slika 7:	Struktura delovnega časa - harvester.....	28
Slika 8:	Struktura delovnega časa – forwarder.....	28
Slika 9:	Frekvenčni spekter ropota pri delih opravljenih z motorno žago.....	31
Slika 10:	Frekvenčni spekter ropota pri delih opravljenih brez motorne žage.....	32
Slika 11:	Frekvenčni spekter ropota, pri delovnih operacijah spravila lesa, izvedenih iz traktorja.....	35
Slika 12:	Frekvenčni spekter ropota, pri delovnih operacijah spravila lesa, izvedenih izven traktorja.....	35
Slika 13:	Frekvenčni spekter ropota po delovnih operacijah sečnje s harvesterjem	37
Slika 14:	Frekvenčni spekter ropota po delovnih operacijah pri spravilu lesa s forwarderjem	39
Slika 15:	Primerjava izmerjene ter modelne (8h) obremenitve z ropotom z dopustnimi mejami	40
Slika 16:	Maksimalna ter povprečna trenutna jakost ropota po delavnih mestih.....	41
Slika 17:	Največja trenutna jakost ropota ter povprečna konična jakost ropota po opraviilih	43
Slika 18:	Primerjava med ekvivalentno jakostjo ropota, impulzivno jakostjo ropota ter ekvivalentno korigirano jakostjo ropota po delovnih operacijah	46
Slika 19:	Primerjava frekvenčnih spektrov po virih ropota.....	47

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Podatki za produkt H31A 300 (Glušniki Peltor, 2011)	5
Preglednica 2:	Obremenitve traktoristov s hrupom pri spravilu lesa (Lipoglavšek, 1981: 428)	8
Preglednica 3:	Analiza obremenjenosti traktorista z ropotom (Žunič, 2010: 30)	9
Preglednica 4:	Obremenjenost delavca z ropotom glede na produktivni, neproduktivni ter delovni čas (Žunič, 2010: 41)	10
Preglednica 5:	Rezultati meritev jakosti ropota v harvesterjih, ki smo jih strnili v preglednico. (Seixas in sod., 1999: 8-13)	11
Preglednica 6:	Vrednosti ekvivalentne jakosti ropota (LAeq) po delovnih operacijah, forwarder Timberjack 1110D (Messingerova in sod., 2005: 82)	12
Preglednica 7:	Tehnični podatki za motorno žago Stihl MS 361 (Stihl Slovenija, 2011)	15
Preglednica 8:	Rezultati učinkov	25
Preglednica 9:	Analiza obremenjenosti z ropotom po delovnih operacijah pri sečnji z motorno žago	29
Preglednica 10:	Analiza obremenjenosti z ropotom po delovnih operacijah pri traktorskemu spravilu lesa	33
Preglednica 11:	Analiza obremenjenosti z ropotom po delovnih operacijah pri sečnji s harvesterjem	36
Preglednica 12:	Analiza obremenjenosti z ropotom po delovnih operacijah pri spravilu lesa s forwarderjem	37

KAZALO PRILOG

PRILOGA A:	Vzdolžni profili vlak (točka s koordinatama (0,0)) predstavlja začetek polne vožnje.....	62
PRILOGA B:	Snemalni list za snemanje obremenitev	65
PRILOGA C:	Snemalni list za snemanje učinkov pri spravilu lesa	66
PRILOGA D:	Snemalni list za snemanje splošnih podatkov, lastnosti objekta, stroja, ...	67
PRILOGA E:	Snemalni list za snemanje prečnega profila vlak.....	68

1 UVOD

»Človek vedno opravlja delo ob skupku vplivov, ki od zunaj delujejo nanj, na njegovo delovno zmogljivost in pripravljenost za delo. Vse zunanje vplive imenujemo delovno okolje.« (Lipoglavšek in Kumer, 1998) Posamezni vplivi delujejo hkrati ali pa vsak zase. Njihov skupni učinek je lahko ugoden ali pa neugoden za delo. V gozdarstvu se nam zdi, da so najpomembnejši fizikalni dejavniki delovnega okolja in sicer neugodni vplivi ropota, vibracij, izpušnih plinov, podnebni in biotski vplivi. Diplomaska naloga bo obravnavala ropot, kot fizikalni dejavnik delovnega okolja.

»Ropot je definiran kot del zvočnega okolja, ki je neugoden in prihaja od delovnih sredstev ali predmetov dela. Ropot je po frekvenci, jakosti in trajanju nepravilno, naključno ali stohastično nihanje zraka, ki iz okolja prihaja v človekova ušesa. V gozdarstvu je problem ropota zelo pomemben. Uporablja se vse več mehanizacije, ki večinoma povzroča ropot z jakostjo nad zdravju škodljivimi mejami.« (Potočnik, 2009) Vseh strojev v gozdarstvu tudi ni mogoče uspešno ograditi z zvočno izolacijo, zato je ključnega pomena, da merimo ropot, saj lahko le tako zaščitimo delavca pred morebitnimi poškodbami sluha. 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).

Prekomerna obremenitev z ropotom v človekovem delovnem in bivalnem okolju ima za posledico najprej zmanjšano slušno razumljivost pri medsebojnem razumevanju, občutek nelagodja in zmanjšano koncentracijo. V daljšem časovnem obdobju pa ima za posledico zmanjšano delovno sposobnost, stres, razne nevroze in delno ali celo popolno izgubo sluha (Bilban, 2011).

2 NAMEN IN HIPOTEZE NALOGE

Splošni namen diplomske naloge je ugotoviti obremenjenost sekača, traktorista, strojnika stroja za sečnjo (v nadaljevanju harvester) in strojnika zgibnega polprikoličarja (v nadaljevanju forwarder) z ropotom pri posameznih delovnih operacijah sečnje/podiranja oz. spravila/prevoza lesa. Ugotoviti obremenitve z ropotom po delovnih operacijah in vzroke za takšne obremenitve, kakšne so obremenitve glede na dopustne meje, kakšne so pravne posledice morebitnih preobremenitev in predlagati praktične ukrepe za zmanjšanje obremenitev z ropotom.

Glede na dosedanje raziskave, namen naloge ter glede na strokovno literaturo smo postavili naslednje hipoteze:

1. Obremenitve delavca z ropotom so največje pri delih, kjer se uporablja motorna žaga.
2. Obremenitve delavca z ropotom pri delu s traktorjem delujejo obremenjujoče na delavca in presegajo dovoljene vrednosti ropota.
3. Pri strojni sečnji in spravilu lesa ne prihaja do preobremenitev delavca z ropotom.

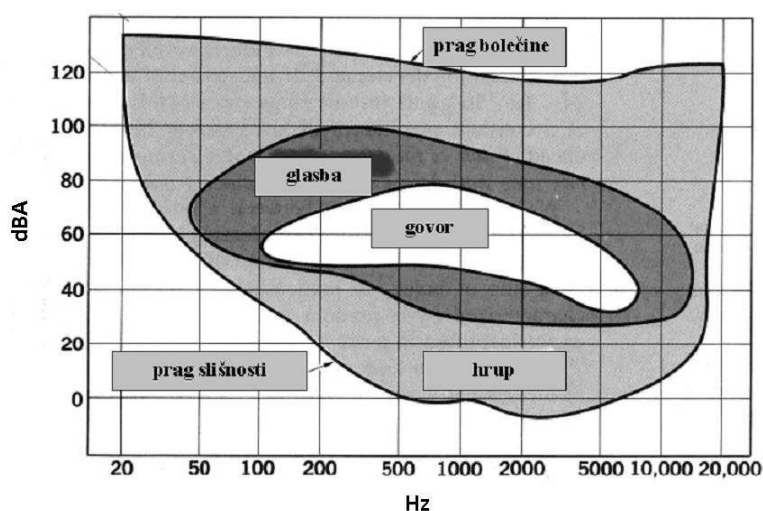
3 DOSEDANJE RAZISKAVE

3.1 SPLOŠNO

»Zvok ali zvočno valovanje je pojav, ki nastane pri mehanskem nihanju materialnih delcev v nekem mediju, ki ima maso in elastičnost, v slišnem področju frekvenc. Nihanja v zraku povzročajo zvočni ali aerodinamični zvok, v tekočinah hidrodinamični zvok in v togih telesih oz. strukturi strukturalni zvok. Nihanja v togih telesih imenujemo tudi tresljaji ali vibracije. Z vibriranjem struktur se nihanja prenašajo na okoliški zrak, ki ga slišimo kot zvok. Hrup je nezaželen oblika zvoka. Je subjektivna kategorija, ki negativno vpliva na zdravje in počutje ljudi. Učinek hrupa je odvisen od njegove ravni in časa izpostavljenosti« (Čudina, 2001: 3).

Okolje, v katerem zvočno valovanje nastaja ali se širi, imenujemo zvočno polje. Pri študiju zvočnega valovanja so pomembni trije elementi zvočnega polja: zvočni vir (emisija), pot širjenja (transmisija) in sprejemnik (imisija) (Čudina, 2001).

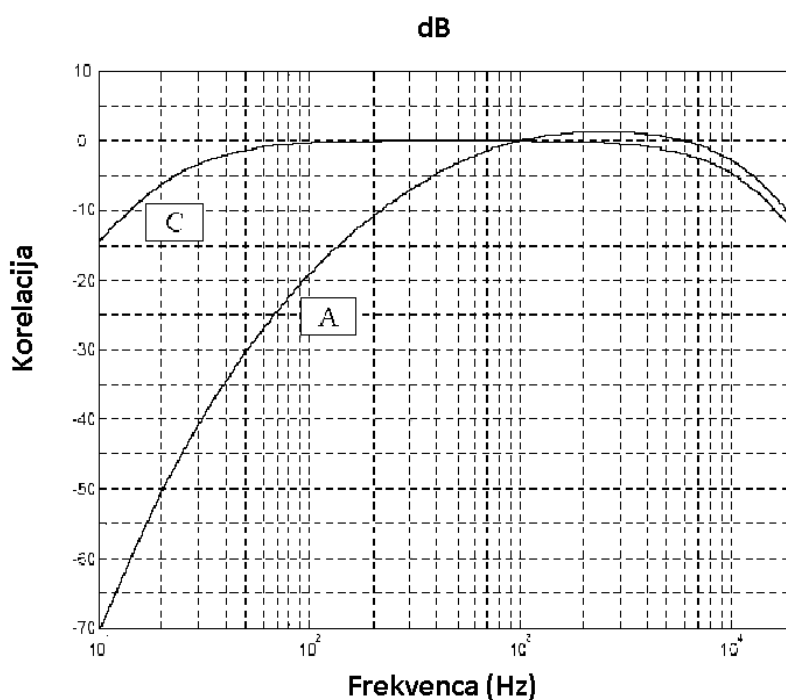
Človeško uho zazna različne tone, zvene, šume in njihove lastnosti, vendar samo v določenem obsegu frekvenc in zvočnega tlaka. Mlad zdrav človek sliši v frekvenčnem območju med 20 in 20000 Hz (Slika 3). Slišna omejenost je omejena tudi na jakosti saj slišimo le zvok z zvočnim tlakom od $2 \cdot 10^{-5}$ Pa (prag slišnosti) do 20 Pa (meja bolečine). Te vrednosti veljajo le pri 1000 Hz. Najnižji prag slišnosti je pri približno 3000 Hz, zato uho najboljše sliši v frekvenčnem območju med 1000 in 4000 Hz. Pod 1000 Hz slišnost ušesa zelo hitro upada (Čudina, 2001: 5).



Slika 1: Jakost ropota po frekvenčnih območjih, ki jih zazna človeško uho (Čudina, 2001: 5)

»Specialni mikrofoni so enako občutljivi pri vseh frekvencah slišnega dela spektra, zato je izmerjena vrednost ravni zvoka linearna in neodvisna od frekvenc« (Čudina, 2001: 40).

Odstopanje slišnosti ušesa od izmerjene vrednosti z mikrofonom korigiramo s pomočjo krivulje A – vrednoteno (LAeq), ki dejansko prilagodi frekvenčno karakteristiko mikrofona frekvenčni karakteristiki človeškega ušesa. Krivulja A – vrednoteno raven zvoka ustrezno oslabi pri nizkih in visokih frekvencah, v območju največje slišnosti, med 1000 in 4000 Hz pa ojača. Pri 1000 Hz ni korekcije (Slika 2).



Slika 2: Primer linearnega (črtkano) in C ter A – vrednotenega spektra hrupa (Čudina, 2001: 40)

Namen frekvenčne analize je ugotoviti pri katerih frekvenčnih sredinah je jakost ropota za delavca najbolj problematična. Za jakost ropota v posameznih frekvenčnih sredinah lahko ugotovimo tudi izvor in tako lahko ukrepamo k zmanjšanju obremenjenosti delavca z ropotom.

3.2 OBREMENITVE Z ROPOTOM PRI SEČNJI Z MOTORNO ŽAGO

Podatke o ropotu motornih žag navajajo že proizvajalci, za katere jakost ropota izmerijo preizkuševalne postaje in inštituti. Jakost merijo 70 cm od nosilnega ročaja oz. v razdalji, ki je ponavadi do sekačevega ušesa. Meritve opravijo v treh stanjih obratovanja; pri prostem teku, pri prežagovanju in pri polnem teku brez obremenitve (Lipoglavšek, 1998).

Za motorno žago uporabljeno v raziskavi, Stihl MS 361, proizvajalec navaja nazivni nivo zvočne moči 113 dB(A), nazivni nivo zvočnega tlaka pa 101 dB(C) (Stihl Slovenija, 2011).

Glušniki lahko v splošnem zadušijo hrup tudi do 40 dB(A). (Čudina, 2001) Na trgu ponujeni glušniki imajo precejšen spekter, v katerem dušijo hrup - od 23-36 dB(A) (Spletna trgovina Schloffer, 2011).

Spodnja preglednica (Preglednica 1) nam kaže vrednosti dušitve po posameznih frekvencah. Opazimo lahko, da glušniki ne zadušijo ropota pri vseh frekvencah enako ter da imajo izmerjene vrednosti dušitve tudi določena odstopanja. Šele vrednost SNR (Single number ratio) ali vrednost dušenja ropota nam pove, za koliko naj bi določeni glušniki zares v povprečju zmanjšali obremenitve z ropotom.

Preglednica 1: Podatki za produkt H31A 300 (Glušniki Peltor, 2011)

	Teža (g)	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	H (dB)	M (dB)	L (dB)	SNR (dB)
Povprečno dušenje	175	10,2	17,1	29,0	34,3	37,2	36,6	35,8	34	25	15	27
Standardni odklon	2,9	2,9	2,9	1,8	2,2	3,70	2,30	4,0				
Prilagojena vrednost	7,3	14,2	14,2	27,2	32,1	33,5	34,3	31,8				

V notranjosti glušnikov imamo posebno izolacijsko peno za dušenje hrupa, okrog pa zunanjo obrobo (blazinica), ki zagotavlja tesnost med glušnikom in predelom glave okrog ušes. Če je blazinica polnjena s peno, zagotavlja boljše tesnjenje pri višjih frekvencah (bolje pri delu z motorno žago), če pa je polnjena s silikonom, pa pri nižjih frekvencah (primernejše za delo s traktorjem). Učinkovitost dušenja je odvisna od mase in prostornine glušnika, tesnosti prilaganja glušnikov k ušesom in materiala, oblike in velikosti obrobe (Čudina, 2001). Za dobro zaščito je potrebno dosledno upoštevati navodila za uporabo glušnikov.

Lipoglavšek je leta 1976 ugotavljal povprečne obremenitve z ropotom v delovnem času pri sečnji z motorno žago. Meritve so potekale v Zvezni Republiki Nemčiji v deželah Baden-Wuerttemberg. Na terenskih snemanjih so uporabili šest vrst motornih žag treh nemških proizvajalcev (Stihl, Dolmar, Solo). V metodiki dela so izbrali in točno opredelili sedem različnih načinov dela sečnje in izdelave sortimentov, od tega 4 načine dela v debeljaku in tri v drogovnjaku, oziroma 5 načinov v enodobnih smrekovih sestojih in 2 v bukovih sestojih.

Vsem motornim žagam je bil pred preizkusom in po njem, v laboratoriju izmerjen ropot pri treh stanjih obratovanja. V prostem teku motorke je ropot znašal (od 79 dB(A) do 89 dB(A)), v polnem teku pod obremenitvijo (od 101 dB(A) do 108 dB(A)), v polnem teku brez obremenitve (od 104 dB(A) do 111 dB(A)). Na osnovi teh raziskav je bila takrat postavljena zgornja meja ropota, ki ga smejo povzročati motorne žage na nemškem tržišču. Obremenitve so za osemurni delavnik znašale med 91 dB(A) in 103 dB(A), v produktivnem času pa med 93 dB(A) in 105 dB(A). Sečnja v smrekovem debeljaku – debelni način (99 dB(A)), sortimentni način (100 dB(A)), sortimentni način z lupljenjem (98 dB(A)). Sečnja v smrekovem drogovnjaku (101-102 dB(A)). Sečnja v bukovem debeljaku – sortimentni način izdelave (98 dB(A)), debelni način izdelave (102 dB(A)).

Starost motorne žage in njena vzdrževanost sta pomembna dejavnika pri ugotavljanju obremenitev sekača z ropotom. Lipoglavšek (1994) ugotavlja, da rabljene motorne žage povzročajo povprečno za 0,7 dB(A) večje dnevne obremenitve z ropotom kot nove motorne žage istega tipa.

Obranovič (2010) v diplomski nalogi ugotavlja, ali pri različnih tehnikah dela prihaja tudi do drugačnih obremenitev sekača s hrupom. Meritve so potekale na gozdnogospodarskem območju Postojna, v gozdnogospodarski enoti Planina, v sestoji smreke s primesjo bukve in jelke. Sekač je uporabljal motorno žago znamke Husquarna (tip 346 XP). Rezultati so pokazali, da med obema tehnikama dela ni bistvenih razlik v obremenitvi z ropotom. Večje razlike v obremenitvah sekača z ropotom so bile znotraj posameznih delovnih operacij. Tako so bile jakosti ropota pri obeh tehnikah dela po kazalniku konične jakosti ropota (LCpeak) v intervalu od 87,1 dB(C) do 142,1 dB(C), po kazalniku ekvivalentne jakosti ropota (LAeq) od 60,2 dB(A), do 101,8 dB(A), po kazalniku impulzivne jakosti ropota (LAImeq) od 65,6 dB(A) do 103,4 dB(A) in po kazalniku korigirane ekvivalentne jakosti ropota (LAeq.kor) od 66,2 dB(A) do 102,6 dB(A). Največje trenutne jakosti ropota (LCpeak) so bile zabeležene pri zlaganju vej v kupe, in sicer 142,1 dB(C). Sledila je delovna operacija klinjenja s 131,8 dB(C). Največje impulzivne jakosti ropota (LAImeq) so bile izmerjene pri podžagovanju in sicer 103,4 dB(A), sledi delovna operacija beljenja panja z izmerjeno jakostjo 102,6 dB(A). Prav tako so bile izmerjene največje ekvivalentne jakosti ropota pri podžagovanju, 101,8 dB(A). Dnevna obremenjenost sekača z ropotom je pri pravilni tehniki dela znašala 98,52 dB(A), pri nepravilni tehniki pa 98,71 dB(A). Med pravilno in nepravilno tehniko dela ni

bistvenih razlik v jakosti ropota, saj se izračunani dnevni obremenitvi razlikujeta le za 0,19 dB(A).

V doktorski disertaciji pa Poje (2011) ugotavlja povprečno obremenitev delavca z ropotom pri klasični sečnji v dejanskem delovnem času, ki je znašala 94,7 dB(A), ter osemurne obremenitve delavcev z ropotom, pri čemer avtor upošteva $L_{Aeq.kor}$ - 95,1 dB(A) in L_{Cpeak} - 139,4 dB(C). V raziskavi je bila uporabljana motorna žaga Stihl 361 C BQ. V splošnem obremenitve z ropotom pri sečnji v produktivnem času presegajo 90 dB(A), pri izdelavi zaseka pa celo 100 dB(A). Izjema so opravila pred podiranjem drevesa, prehod in izbira smeri ter zlaganje sečnih ostankov, kjer so vrednosti obremenitev okoli 85 dB(A). Poleg skupnih obremenitev je avtor po virih ropota, opravih in načinih dela analiziral tudi frekvenčni spekter ropota v območju od 20 do 20000 Hz. Primerjava med viri je pokazala, da ima vsak vir ropota značilno sliko frekvenčnega območja hrupa, ki se razlikuje od slik drugih virov. Motorna žaga ima pomembnejši vpliv v frekvenčnem območju nad 125 Hz. Za motorno žago so značilne največje obremenitve z ropotom v frekvenčnem območju od 400 do 4000 Hz. Pri delu s sekiro oz. naganjanju se pojavljajo značilne obremenitve s hrupom v visokofrekvenčnem območju med 6300 in 8000 Hz.

V raziskavi sta Tunay in Melemetz (2008) raziskovala izgubo sluha pri gozdnih delavcih, ki jo je povzročil ropot pri delu v gozdu. Izgube sluha so bile bilateralne, simetrične. Delavci, ki so delali z motornimi žagami in so bili tekom svoje delovne dobe izpostavljeni ropotu nad 90 dB(A), so utrpeli visoko stopnjo izgube sluha okoli frekvence 4 kHz.

3.3 OBREMENITVE Z ROPOTOM PRI SPRAVILU LESA S TRAKTORJEM

Leta 1981 so v raziskavi ugotavljali obremenitve traktoristov z ropotom pri spravilu lesa z adaptiranimi kolesniki IMT 558, z zgibniki Timberjack ter goseničarji FIAT 505 C (Preglednica 2). Ugotovili so, da so bile obremenitve z ropotom odvisne od strukture delovnega časa, dolžine in naklona vlake, števila kosov v bremenu in organizacije dela. Obremenjenost z ropotom je naraščala z večjo pravilno razdaljo in padala z večjim številom kosov v bremenu. Po njegovih ugotovitvah je bil traktorist, ki je imel pomožnega delavca, bolj obremenjen z ropotom, kot tisti, ki je delo traktorista opravljal samostojno. Obremenitev je bila odvisna od vzdolžnega naklona vlake. Najnižja je bila pri blago navzdol nagnjenih vlakah (Lipoglavšek, 1981).

Preglednica 2: Obremenitve traktoristov s hrupom pri spravilu lesa (Lipoglavšek, 1981: 428)

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

V diplomski nalogi je Žunič (2010) ugotovil, da se najvišje konične jakosti hrupa LCpeak pojavljajo med delovnimi operacijami polna vožnja, privlačevanje in odvezovanje. Konična jakost hrupa se je pri naštetih delovnih operacijah gibala med 136 in 137 dB(C). Najmanjše konične vrednosti ropota (od 118 do 123 dB(C)) so se pojavile v neproduktivnem času ter pri naslednjih delovnih operacijah: razvlačevanje, privlačevanje (v traktorju), obrobjanje sortimentov, kleščenje ter dodatno krojenje. Najvišje konične vrednosti ropota so lahko tudi posledica udarcev hlodov v naletno in rampno desko ali pa udarcev verižnih zank in traktorskih verig v kamenje. Traktorist je koničnim vrednostim ropota veliko bolj izpostavljen zunaj traktorske kabine kot pa v njej. Med glavnim produktivnim časom je bil glede na LCpeak za traktorista najbolj obremenjujoč prilagojeni kmetijski traktor Massey Ferguson 4345, pri katerem je konična jakost ropota presegla spodnjo opozorilno vrednost 135 dB(C). Pri vseh ostalih traktorjih je znašala konična obremenitev z ropotom od 120-126 dB(C). Obremenitve v neproduktivnem in delovnem času so bile podobne, Massey Ferguson 4345 je presegel spodnjo opozorilno vrednost, ostali traktorji pa te vrednosti niso presegli. Z impulzivnim ropotom (LAIeq) je bil traktorist najbolj obremenjen v glavnem produktivnem času ter v času trajanja delovnega postopka pomoč sekaču, najmanj pa v neproduktivnem času ter v času trajanja naslednjih delovnih operacij: razvlačevanje, vezanje, privlačevanje, premik med zbiranjem ter odvezovanje. Ekvivalentna jakost ropota, merjena s filtrom A (LAeq) pokaže, da je za traktorista najbolj obremenjujoč delovni postopek pomoč sekaču (90-99 dB(A)) sledi pa polna in prazna vožnja (92 in 94 dB(A)). Za traktorista je najmanj obremenjujoč neproduktivni čas ter čas trajanja delovnih operacij: razvlačevanje, vezanje, privlačevanje, odvezovanje ter premik po skladišču (traktorist zunaj), v času katerih znašajo obremenitve med 73 in 81 dB(A). Skupna obremenitev v neproduktivnem času znaša 80 dB(A), v produktivnem času pa 90 dB(A). Korigirana ekvivalentna jakost ropota (LAeq.kor)

kaže, da je traktorist najbolj obremenjen v času delovnega postopka pomoč sekaču ter v produktivnem času. Ugotovljena obremenitev traktorista je v produktivnem času znašala 91 dB(A), v neproduktivnem času pa 83 dB(A). IMT 571 je odstopal z najvišjo obremenitvijo 97 dB(A). Z vrednostjo 87 dB(A), mu je sledil Timberjack 240 C, le temu Woody 110, Limb lux 80 ter Massey Ferguson 4548, katerih korigirana ekvivalentna jakost ropota je presegla spodnjo opozorilno vrednost 80 dB(A), ne pa tudi zgornje opozorilne vrednosti 85 dB(A). John Deere 6220 z 78 dB(A) ni dosegel niti spodnje opozorilne vrednosti glede na pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (2006). Dnevna obremenjenost traktorista z ropotom je znašala 89,55 dB(A).

Preglednica 3: Analiza obremenjenosti traktorista z ropotom (Žunič, 2010: 30)

Delovna operacija	LCpeak dB(C)	LAleq dB(A)	LAeq dB(A)	LAeq.kor dB(A)
Polna vožnja	136,11	94,91	94,03	94,2
Prazna vožnja	127,06	92,96	91,96	92,2
Razvlačevanje	123,36	84,23	76,78	80,6
Vezanje	127,99	82,06	73,29	78,3
Privlačevanje	136,11	82,94	77,1	80,4
Privlačevanje (v traktorju)	119,14	88,86	87,02	88
Premik med zbiranjem	127,99	85,55	82,02	84
Odvezovanje	136,46	84,72	76,92	81,6
Premik po skladišču (zunaj traktorja)	130,33	87,49	79,82	84,1
Rampanje	127,98	88,41	86,39	87,5
Obrobljanje sortimentov	118,37	99,56	98,42	98,9
Prežagovanje	130,91	99,63	98,24	98,8
Kleščanje	120,22	93,77	90,46	93,1
Dodatno krojenje	119,03	99,88	98,68	99,1
Zastoj-delovna sredstva	116,1	85,91	74,8	80,1
Zastoj-organizacija	113,62	84,15	81,14	83,3
Delovni čas	136,46	91,25	90,1	90,6
Produktivni čas	136,46	91,55	90,13	90,6
Neproduktivni čas	116,1	84,73	80,06	82,6

Preglednica 4: Obremenjenost delavca z ropotom glede na produktivni, neproduktivni ter delovni čas (Žunič, 2010: 41)

	LCpeak dB(C)	LAIeq dB(A)	LAeq dB(A)	LAeq.kor dB(A)
Glavni produktivni čas	136	93	93	93
IMT 571	122	98	97	97
JOHN DEERE 6220	125	77	72	75
LIMB LUX 80	122	81	77	79
M. FERGUSON 4345	136	82	75	79
TIMBERJACK 240C	123	90	89	89
WOODY 110	120	86	83	85
Pomožni produktivni čas	136	90	88	89
IMT 571	131	97	96	96
JOHN DEERE 6220	128	83	74	79
LIMB LUX 80	120	87	84	85
M. FERGUSON 4345	136	84	76	81
TIMBERJACK 240C	127	87	84	86
WOODY 110	130	85	80	82
Neproduktivni čas	116	85	80	83
LIMB LUX 80	109	76	72	75
TIMBERJACK 240C	116	85	81	83
Delovni čas	136	91	90	90
IMT 571	131	98	97	97
JOHN DEERE 6220	128	82	74	78
LIMB LUX 80	123	85	81	83
M. FERGUSON 4345	136	83	76	80
TIMBERJACK 240C	127	88	86	87
WOODY 110	130	85	81	83

V doktorski disertaciji Poje (2011) ugotavlja jakost ropota traktorja merjenega v kabini med 88 dB(A) in 82 dB(A) pri prazni in polni vožnji, rampanju in premikih. Med zbiranjem in odvezovanjem lesa na pomožnem skladišču so bile izmerjene obremenitve med 79 dB(A) in 83 dB(A), pri opravih, pri katerih je traktorist v traktorski kabini pa so obremenitve med 89 dB(A) in 93 dB(A). Največje obremenitve traktorista so bile izmerjene pri dodatnem prežagovanju. V neproduktivnem času so obremenitve z ropotom v splošnem pod 80 dB(A), le pri posameznih opravih dosežejo do 87 dB(A). Meritve so izvajali na gozdarskem zgibniku Timberjack 240C. Glede na frekvenčni spekter ropota so pri zgibniku v primerjavi z motorno žago ugotovili večje obremenitve v nizkofrekvenčnem območju od 20 do 630 Hz, največje pa pri 63 in 400 Hz. Pri opravih spravila lesa, kjer se delo izvaja iz kabine traktorja so prišli do spoznanja, da se pri vseh opravih v frekvenčnem spektru ropota pri 63 Hz stalno pojavlja lokalni maksimum. Ta je nekoliko višji pri obremenjenem traktorju (polna vožnja, premiki med zbiranjem lesa), kot pri neobremenjenem. Frekvenca ropota lokalnega maksimuma ustreza 1890 obratom štiriktaktnega motorja na minuto. V frekvenčnem območju največjih obremenitev se pri teh pojavlja še en maksimum pri 400 Hz. Pri opravih izvedenih

izven traktorja so obremenitve z ropotom pri nižjih frekvencah lahko posledica ropota traktorja ali motorne žage v prostem teku. Tako se v tem območju pojavljata dva maksimuma, prvi pri 40-50 Hz, drugi pa pri 80 Hz. Pri frekvenci 16000 Hz se pri razvlačevanju, vezanju, odvezovanju in ročnem zbiranju lesa jakost ropota nekoliko poveča, kar lahko pripišemo ropotu verižnih zank.

3.4 STROJNA SEČNJA IN SPRAVILO

V Braziliji so izvedli raziskavo (Seixas in sod., 1999), kjer so analizirali obremenitve z ropotom v kabinah 16 relativno novih strojev pri delu v evkaliptusovih nasadih. Meritve so izvajali z napravo Metrosonics db – 3080 znotraj kabine. Pridobljene podatke so nato obdelali, izračunali povprečje vrednosti obremenitev za vsako delovno operacijo posebej ter povprečje za celoten delovni dan (8h). Rezultati so pokazali, da je bila vrednost ropota pri vseh vrstah strojev pod 85 dB(A), ki je v Braziliji določena kot mejna vrednost. V študijo so bili vključeni trije harvesterji, za katere so ugotovili naslednje rezultate: Valmet 601 je imel pri odprti kabini in prostem teku jakost ropota 68,1 dB(A); Valmet 601 pri zaprti kabini in prostem teku 63,6 dB(A); Cat 320 65,4 dB(A) ter dodatnih 3,7 dB(A) zaradi delovanja klimatske naprave in dodatnih 6,6 dB(A) pri prižganem radiu.

Preglednica 5: Rezultati meritev jakosti ropota v harvesterjih, ki smo jih strnili v preglednico. (Seixas in sod., 1999: 8-13)

Operacije	Valmet 601 – odprta kabina (dB(A))	Valmet 601 – zaprta kabina (dB(A))	Struktura časa (%)	Cat 320 (dB(A))	Struktura časa (%)
Podžagovanje	83,4	74,4	21,50	75,3	18,4
Kleščenje (procesiranje)	84	75	34	75	22,2
Premik roke (glave)	83,6	77	17,1	75,3	9,9
Premik stroja	83,4	75	24,4	74,5	46
Zastoj zaradi delovnih sredstev	76,5	70,6	3	73,7	3,6
Povprečje	83,4	75,1		74,8	

Na Slovaškem, na območju nižavja Zahorie, so opravili meritve (Messingerova in sod., 2005) jakosti ropota na harvesterju FMG 990 Lokomo in forwarderju Timberjack 1110D. Meritve jakosti hrupa so opravili z instrumentom Norsonic Nor 118 znotraj zaprte kabine. Pri harvesterju je meritev trajala 36 minut. Največje jakosti ropota so bile izmerjene med premikanjem kot posledica večjega števila obratov motorja. Pri 22 minuti in 45 sekundah merjenja so prižgali klimo, kar se je odrazilo pri povečanju skupne ekvivalentne jakosti ropota. Ekvivalentna jakost ropota je pri izključeni klimi znašala 69 dB(A), pri vključeni pa

72,7 dB(A). Povprečna konična jakost ropota (L_{Cpeak}) je znašala 116,3 dB(C). Impulzivna jakost ropota (L_{Aeq}) je znašala 73,8 dB(A), maksimalna ekvivalentna jakost ropota ($L_{Aeq,max}$) je znašala 86,1 dB(A), minimalna pa 47,9 dB(A). Izmerjena ekvivalentna jakost ropota harvesterja je za osemurni delovni čas znašala 69,9 dB(A).

Meritve so podobno opravili tudi na forwarderju. Pri ciklu, ki je trajal 25 minut in 52 sekund so posneli obremenitve in jih podali v ekvivalentni jakosti hrupa (L_{Aeq}), ki so prikazane v preglednici 6.

Preglednica 6: Vrednosti ekvivalentne jakosti ropota (L_{Aeq}) po delovnih operacijah, forwarder Timberjack 1110D (Messingerova in sod., 2005: 82)

Delovna operacija	Trajanje (%)	L_{Aeq} dB(A)	$L_{Aeq,max}$ dB(A)
Nalaganje	47,1	72,2	73,7
Polna vožnja	16,9	76,4	78,8
Razkladanje	21	71,9	73,8
Prazna vožnja	15	77,1	78,9

Za delovni čas 6,5 h so pri forwarderju ugotovili naslednje jakosti ropota; ekvivalentna jakost ropota (L_{Aeq}) je znašala 74 dB(A). Maksimalna ekvivalentna jakost ropota je dosegla vrednost 94,2 dB(A), minimalna pa 65 dB(A). Impulzivni ropot (L_{Aeq}) je dosegel jakost 77,4 dB(A), konična jakost (L_{Cpeak}) pa 131,6 dB(C).

V zaključku so kot vzrok za večjo ekvivalentno jakost ropota (4 dB(A)) pri forwarderju navedli, da se v delovnem času forwarder premika pogosteje in hitreje kot harvester, torej deluje forwarder z večjimi obrati motorja. Ekvivalentna jakost ropota za delovni čas tako za harvester kot za forwarder ne presega s pravilnikom določene spodnje opozorilne vrednosti 80 dB(A) (Pravilnik o varovanju delavcev ..., 2006). Glede ropota sta harvester in forwarder kot delovni sredstvi ergonomsko mnogo primernejša kot pa motorna žaga in traktor. Pri delu s harvesterjem in forwarderjem bi bilo smiselno ugotavljati vplive drugih faktorjev delovnega okolja, kot so psihološke in vibracijske obremenitve. Psihofizični dejavniki, ki vplivajo na koncentracijo in posledično na dolžino delovnega časa, lahko privedejo do nezgod ali pa do bolezenskih stanj.

3.5 UKREPI ZA ZMANJŠANJE JAKOSTI ROPOTA

Hrup v splošnem ni zaželen, zato ga skušamo zmanjšati na najnižjo močno raven, ta raven pa ni nič, ampak raven pri kateri se dobro počutimo. Znano je, da popolna tišina tudi ni zaželena. (Bilban, 2011)

Praktični ukrepi za zmanjševanje hrupa (Bilban, 2011; Čudina, 2001) so:

1. Pravno upravni ukrepi:

- Predpisana mejna vrednost za stroje in okolje.
- Periodičen nadzor nad delovnim okoljem.
- Zdravstveni nadzor zaposlenih.

2. Tehnični ukrepi:

2.1. Pri izvoru:

- Z zmanjšanjem sil, ki vzbujajo nihanje z: Zmanjšanjem udarcev ali impulzov, uravnoteženjem gibljivih mas, zmanjšanjem sile trenja s pravilno montažo in mazanjem, izolacijo virov, zmanjšanjem vrtnčenja zraka pri izpustu iz šob.
- S spremembo pri delovnih operacijah: Z zamenjavo hrupnih delovnih operacij ali strojev s tišjimi, opustitev bučnih delovnih operacij.
- Z zmanjševanjem odziva komponent na sile vzburjenja s: Spremembo lastne frekvence resonančnega elementa s povečanjem lastne frekvence ali spremembo dimenzij in mas, elastičnim vpetjem virov.

2.2. Na poti k sprejemnikom:

- Jakost zvoka pada s kvadratom oddaljenosti: lahko zmanjšamo vpliv hrupa na druge delavce, tako da lociramo delavce čim dlje od drugih.
- Dušenje širjenja s pomočjo pregrad.
- Zmanjšamo odbojni (odmevni) hrup s pomočjo akustičnih oblog.

2.3. Pri sprejemniku:

- S sredstvi za osebno varnost (glušniki in čepki).

4 OBJEKTI IN METODE RAZISKOVANJA

Diplomska naloga je raziskovalna naloga, zato v tem poglavju opisujemo celoten potek metode raziskovanja.

4.1 SPLOŠNO O OBMOČJU IN OBJEKTU RAZISKOVANJA TER LASTNOSTIH DELAVCEV

Podatke smo pridobili s pomočjo terenskega dela. Snemanja smo opravili v dveh dneh – vsak dan smo snemali na različnih lokacijah, prvi dan pri klasični sečnji in spravilu, drugi dan pa pri strojni sečnji in spravilu.

4.1.1 Sečnja z motorno žago ter spravilo lesa s traktorjem

Dne 8. 10. 2010 smo opravili meritve na Kočevsko-Ribniškem gozdnogospodarskem območju (Grčarice), oddelek 156. Potekale so v prebiralnih gozdovih rastlinske združbe *Abieti-Fagetum* na visokem krasu. Meritve smo opravili najprej pri sekaču, nato pa smo posneli še 3 cikle spravila z zgibnikom Timberjack 240 C. Vremenske razmere med snemanjem so bile ugodne. Temperatura zraka se je gibala okoli 7-8°C, zračna vlaga med 88 % in 94%, hitrost vetra se je gibala med 0,10 m/s pa do maksimalno 0,50 m/s. Delo je potekalo v suhem, le vlaka je bila razmočena.

Opazovani sekač, Ž.D., je star 28 let. V višino meri 183 cm ter tehta 75 kg. Je samskega stanu. Narejeno ima srednjo šolo, kot sekač pa dela 5 let. Na delovno mesto se vozi sam, oddaljenost doma do delovišča pa je 40 km. Deležen je bil le opeklin, nima obolenj ali ostalih razvad. Med delom zaužije hladno malico. V času meritev je sekač posekal skupno 5 dreves, od tega eno smreko (prsni premer 26 cm), dve bukvi (prsni premer 13 cm ter 53 cm) in dve jelki (prsni premer 55 cm ter 58 cm). Pri njegovem delu nismo opazili večjih nepravilnosti tehnike dela, ocenili smo ga kot prizadevnega.

Sekač je pri delu uporabljal motorno žago Stihl MS 361 (Preglednica 7), po pretrganju verige med delom pa motorno žago Stihl MS 361 C, ki si jo je sposodil od traktorista. Stari sta bili 1 leto, tip verige je STIHL Oilomatic s korakom »3/8«. Motorna žaga Stihl MS 361 C je za 0,2 kg težja kot Stihl MS 361.

Preglednica 7: Tehnični podatki za motorno žago Stihl MS 361 (Stihl Slovenija, 2011)

Tehnični podatki	
Delovna prostornina (cm ³)	59
Moč KW	3,4
Moč KM	4,6
Teža (kg)	5,6
Razmerje med težo in močjo (kg/kw)	1,6
Nivo zvokovnega tlaka (dB(A))	101
Nivo zvokovne moči (dB(A))	113
Nivo vibracij levo/desno (m/s ²)	2,9/3,6
Veriga STIHL Oilomatic - korak	3/8«

Pri meritvah ropota pri spravilu lesa smo posneli 3 cikle spravila z zgibnikom Timberjack 240 C. Traktorist je star 44 let. V višino meri 183 cm ter tehta 77 kg. Je poročen. Narejeno ima srednjo šolo in kot traktorist dela 27 let. Ni imel nobenih poškodb ter obolenj. Je kadilec. Med delom zaužije hladno malico. Pri njegovem delu nismo opazili večjih nepravilnosti tehnike dela, ocenili smo ga kot prizadevnega. Za delo je bil primerno opremljen. Delal je v organizacijski obliki I+1.

Traktor ima 110 konjskih moči, 8000 obratovnih ur. Izdelan je bil leta 2001. Na traktorju je dvo bobenski vitel, tipa Adler, moči 2x80 kN. Delal je v organizacijski obliki I+1.

4.1.2 Strojna sečnja in spravilo

Dne 15. 10. 2010 smo opravili meritve na Kočevsko-Ribniškem gozdnogospodarskem območju, enota Mozelj, oddelek 27. Potekale so v prebiralnih gozdovih rastlinske združbe *Abieti-Fagetum* spremenjene v smrekovja. Meritve smo opravljali na harvesterju John Deere 1470 D, nato pa še na forwarderju John Deere 1410 D posneli 3 cikle spravila.

Temperatura zraka se je gibala okoli 5°C, bilo je oblačno. Delavec je bil v zaščitni kabini, zato nas vremenske razmere ne zanimajo toliko. Vlaka je bila vlažna.

Strojnik harvesterja G. J. je star 36 let. V višino meri 182 cm, težak pa je 110 kg. Narejeno ima srednjo šolo. Ni poročen, vendar je v zvezi. Njegov delovni staž traja že 15 let, od tega kot sekač dela 4 leta na harvesterju. Delovišče je od doma oddaljeno 65 km. Na delovno mesto se vozi s službenim vozilom. Med dosedanjim delom je utrpel zvin gležnja (zaradi zdrsa z gosenic harvesterja), nima obolenj in razvad. Med delom zaužije hladno malico.

Harvester uporablja harvestersko glavo H 480, pripeto na harvestersko roko dosega 10 metrov.



Slika 3: Harvester med obratovanjem (Foto: Jure Pokorn)

S forwarderjem John Deere 1410 D smo posneli 3 cikle. Strojnik je star 31 let. Njegova telesna višina znaša 175 cm, težak pa je 103 kg. Ima zaključeno 3-letno kovinarsko srednjo šolo in dela v podjetju že 11 let, na forwarderju pa 3 leta. Na delo se vozi 60 km daleč in sicer z osebnim avtomobilom. Njegova malica je hladna. Delavec se je izobraževal v Postojni, na simulatorju in nazadnje na terenu.



Slika 4: Forwarder med nakladanjem lesa (Foto: Jure Pokorn)

4.2 METODE RAZISKOVANJA

4.2.1 Izdelava časovne študije

Preučevanje 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 so ga delavci pri klasični sečnji/spravilu in strojni sečnji/spravilu potrebovali za opravljanje ene delovne operacije, smo merili s kontinuirano metodo. Za delo na terenu smo se razdelili v skupine, kjer sta dva študenta opravljala časovno študijo po kontinuirani metodi, druga dva člana skupine, pa sta beležila učinke pri spravilu. S štoparico smo beležili posamezne delovne faze in izmerjene vmesne čase zapisovali na snemalni list. S pomočjo časovne študije smo pozneje prepoznali glavne vzroke za povečano jakost ropota.

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

4.2.1.1 Razčlenitev sečnje z motorno žago

Produktivni čas:

- **Prehod:** Gre za prehod bodisi od začetne točke do delovišča bodisi za prehod med posameznimi drevesi.
- **Pripravljalna dela:** S pripravljalnimi deli sekač, navadno s pomočjo motorne žage, očisti okolico drevesa, ki ga namerava podreti. S tem si zagotovi primeren prostor za izvajanje delovnih operacij, ki sledijo. Pomembna pa so tudi zaradi zagotovitve primerne prostora za umik.
- **Izbira smeri podiranja:** Sekač se na podlagi konkretnih razmer v bližini drevesa odloči za smer podiranja.
- **Izdelava zaseka:** Z izdelavo zaseka sekač določi smer padca drevesa. Ob pravilni obliki ščetine drevo pade vedno v smeri, ki jo narekuje zasek.
- **Podžaganje:** Sekač bodisi s trebušnim bodisi s hrbtnim delom letve izvede vodoravni rez debla nad dnem zaseka.
- **Klinjenje oz. naganjanje drevesa:** Pri podiranju pokončnega drevesa, pri podiranju nazaj in v stran sekač uporablja plastične kline, lahko pa izdela tudi lesenega. Uporabi

vedno dva klina, po potrebi tudi več. Naganjanje poteka z nabijanjem po klinih s pomočjo sekaške sekire, ali pri tanjših drevesih s pomočjo vzvoda.

- **Obdelava korenovca:** Ko sekač varno podre drevo v želeno smer, začne z obdelavo debla. Pri obdelavi se postavi za deblo, saj tako lažje oceni koliko lesa je potrebno odrezati. Najprej odžaga ostanke ščetine na deblu in na panju ter obdela korenovec.
- **Kleščenje:** Kleščenje vej sekač opravi z motorno žago. Kleščenje vej je pri podiranju in obdelavi dreves časovno najdaljša faza.
- **Krojenje in prežagovanje:** Sekač pred pričetkom kleščanja prične z izmero dolžine hloda s pomočjo sekaškega metra. Merjenje opravi istočasno s kleščanjem. Mesto, kjer namerava deblo prežagati si označi z zarezo, v katerega zatakne meter in prične z izmero naslednjega sortimenta. Pri prežagovanju sekač po opravljenem kleščanju in krojenju deblo na mestu, ki si ga je označil predhodno, prežaga na sortimente. Rez izvede pravokotno na os debla. Sekač mora pred pričetkom prežagovanja oceniti napetosti v deblu. Vedno prežaguje najprej stisnjena in nato napeta lesna vlakna.
- **Gozdni red:** Po pravilniku o izvajanju sečnje, ravnanju s sečnimi ostanki, pravilu in zlaganju gozdnih lesnih sortimentov (1994) mora delavec opraviti gozdni red. To opravi bodisi z motorno žago (razžagovanje sečnih ostankov), ko prereže veje na manjše kose bodisi ročno (zlaganje vej), ko posamezne veje in vrhače zlaga v kupe. Po pravilniku je nujno tudi beljenje panja smreke, bora in bresta. Sekač obeli panje tako, da odstrani skorjo na panju.

Neproductivni čas:

Neproductivni čas sestavljajo zastoji zaradi osebnih potreb, skupaj z odmorom ter zastoji zaradi delovnih sredstev.

4.2.1.2 Razčlenitev traktorskega spravila lesa

Productivni 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 vrvi:** Čas, ki je potreben za razvlačevanje jeklene vrvi od traktorja do izbranega sortimenta v sestoju. 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 (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.
- **Premik med zbiranjem:** Delovni postopek, ki se prične v trenutku premikanja traktorja 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.
- **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.
- **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.
- **Pomoč sekaču:** Traktorist opravi delo, ki bi ga sicer sekač. Lahko opravi klesčenje, prežagovanje ali pa obrobljanje sortimentov. Obrobljanje sortimentov pomeni 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 obrobljanja je tudi zmanjšanje poškodb na bremenu, ki nastanejo pri polni vožnji in zmanjšujejo kvaliteto sortimentov. Pomoč sekaču traja od trenutka ko traktorist v roke vzame motorno žago in se konča, 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 zaradi delovnih sredstev:** Čas, ki preteče med popravilanjem in vzdrževanjem delovnih sredstev, predvsem traktorja in motorne žage. Delovni postopek se je končal, ko so bili odpravljeni vsi razlogi, ki so onemogočali normalen potek dela.

4.2.1.3 Razčlenitev sečnje s harvesterjem

Productivni čas:

- **Premik stroja:** Delovna operacija, v kateri se harvester premika z namenom, da pride do položaja v katerem bo lahko dosegel drevo za podiranje z glavo opremljeno z rezili in mečem ter avtomatskim pomikanjem, namenjena pa je podžagovanju in obvejevanju (v nadaljevanju procesorska glava).
- **Premik roke:** Delovni postopek se prične ko se harvester preneha premikati z gosenicami in premakne roko s procesorsko glavo, konča pa se ko se roka preneha premikati in prične podžagovanje in procesiranje.
- **Podžagovanje in procesiranje:** Delovni postopek, ko procesorska glava začne s podžagovanjem drevesa in traja skozi procesiranje (obvejevanje in krojenje sortimentov) do pričetka izvajanja gozdnega reda.
- **Gozdni red:** Strojnik harvesterja s procesorsko glavo razžaga in razprostire sečne ostanke (veje) v »preprogo« po kateri se stroj premika.

Neproductivni čas:

- **Zastoj zaradi delovnih sredstev:** Čas, ki preteče med popravilanjem in vzdrževanjem delovnih sredstev, predvsem menjava verige na procesorski glavi.
- **Zastoj zaradi osebnih potreb**

4.2.1.4 Razčlenitev spravila s forwarderjem

Produktivni čas:

- **Prazna vožnja:** Delovna operacija, v kateri se forwarder pelje v sestoj z namenom, da naloži novo breme. Začne se, ko strojnik vstopi v forwarder, konča pa v sestoju, ko strojnik prične z nalaganjem. Prazna vožnja je delovna operacija, s katero se začne nov cikel spravila lesa.
- **Nalaganje:** Delovna operacija, v kateri strojnik forwarderja premakne nakladalno roko. Začne se s premikom roke, konča pa v trenutku, ko so sortimenti naloženi in strojnik prične s premikom stroja do naslednjega bremena.
- **Premik:** Delovni postopek, ki se prične, ko se forwarder začne premikati iz enega mesta zbiranja lesa na drugo ter konča, ko se forwarder ustavi z namenom, da bi dopolnil breme, ki ga vozi.
- **Polna vožnja:** Začne se s premikom forwarderja v sestoju po končanem nalaganju, konča pa se z zaustavitvijo forwarderja na pomožnem skladišču in pričetkom razkladanja.
- **Razkladanje:** Čas, potreben za razložitev posameznih sortimentov. Prične se, ko strojnik zaustavi stroj na pomožnem skladišču in premakne nakladalno roko. Postopek se nadaljuje dokler strojnik ne razloži vseh sortimentov. Vmes lahko pride tudi do premika med razkladanjem.

4.2.2 Meritve jakosti ropota

Pri sekaču in traktoristu smo meritve izvedli ob delavčevemu desnem ušesu s pomočjo mikrofona BRÜEL & KJAER 4189, ki smo ga predhodno pritrdili na delavčevo zaščitno čelado. Za snemanje jakosti ropota smo poleg strojnika v kabino harvesterja in forwarderja namestili nahrbtnik v katerem je bila naprava s preciznim mikrofonom. Jakost posnetega zvoka po različnih frekvencah, filtriranega z zvočnima filtroma A in C ter brez filtra (Z) je merila in nato še shranila naprava BRÜEL & KJAER 2250. Naprava je ropot beležila za vsako sekundo snemanja. Ropot smo snemali skozi celoten čas snemanja.

Za obdelavo podatkov o jakosti ropota, smo podatke iz merilnih instrumentov prenesli na računalnik, s pomočjo katerega smo dobili izpis v sekundnih intervalih. Uporabili smo naslednje kazalnike: konična jakost ropota (LCpeak), impulzivni ropot (LA_{Ieq}), ekvivalentna jakost ropota (merjena s filtrom A) – LA_{eq}, ter ekvivalentno jakost ropota (merjeno brez filtra

Z) – LZeq za frekvenčni spekter od 20 do 20000 Hz. Prenesli smo jih v bazo, kjer smo predčasno (v programu Excel) izdelali časovno študijo. Podatke smo prilepili ob časovno študijo. Zaradi merilnih naprav smo izmerjene jakosti ropota glede na časovno študijo zamaknili za 4 sekunde, saj so naprave potrebovale toliko časa, da so začele beležiti pravilne podatke. Vsaka vrstica pa predstavlja eno sekundo dela.

Pri izračunavanju in vrednotenju rezultatov se bomo opirali na Pravilnik (2006) o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu, kjer sta predpisani mejni vrednosti izpostavljenosti in opozorilne vrednosti izpostavljenosti v osemurnem delavniku s pripadajočimi koničnimi ravnmi zvočnih tlakov:

- **Mejni vrednosti** izpostavljenosti: ločeno za $LEX_{(8h)} = 87 \text{ dB(A)}$ in $LC_{peak} = 200 \text{ Pa}$ (140 dB(C)),
- **Zgornji opozorilni vrednosti** izpostavljenosti: ločeno za $LEX_{(8h)} = 85 \text{ dB(A)}$ in $LC_{peak} = 140 \text{ Pa}$ (137 dB(C)),
- **Spodnji opozorilni vrednosti** izpostavljenosti: ločeno za $LEX_{(8h)} = 80 \text{ dB(A)}$ in $LC_{peak} = 112 \text{ Pa}$ (135 dB(C)).

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

Konična jakost ropota (LC_{peak}):

Konično jakost ropota v nekem elementu dela smo izračunali kot maksimum vseh izmerjenih vrednosti konične jakosti ropota v času trajanja izbranega elementa dela.

Ekvivalentna jakost ropota, merjena s filtrom A (LA_{eq}):

Srednjo vrednost jakosti ropota, ki ustreza fiziološkemu učinku nihajočega ropota imenujemo ekvivalentna jakost ropota in visoke jakosti, za katere je človek bolj občutljiv, mnogo bolj upošteva kot nizke jakosti ropota enakega trajanja. Lahko jo izračunamo iz trajanja ali iz pogostosti ropota različnih jakosti (Lipoglavšek, 1998: 76) po formuli:

$$L_{ekv} = 10 * \log * \left(\frac{1}{T} \sum (t_i * 10^{0,1L_i}) \right)$$

kjer pomeni:

L_i = jakost ropota

t_i = trajanje ropota

Impulzivni ropot (LA_{Ieq}):

Pravilnik 2006, 8. člen določa, da moramo pri izdelavi ocene tveganja zaradi izpostavljenosti delavcev ropotu upoštevati tudi impulzni značaj ropota (LA_{Ieq}). Podobno kot konično jakost ropota smo izračunali impulzivni ropot v nekem elementu dela kot maksimum vseh izmerjenih vrednosti impulzivnega ropota v času trajanja izbranega elementa dela.

Korigirana ekvivalentna jakost ropota ($LA_{eq.kor}$):

Korigirana ekvivalentna jakost ropota je še najbolj primerna za ovrednotenje obremenitev z ropotom, saj upošteva impulzivni značaj ropota (LA_{Ieq}) in ekvivalentno jakost ropota, merjena s filtrom A (LA_{eq}). Če impulzivnega nihanja zvoka ni, sta si kazalnika LA_{eq} in LA_{Ieq} enaka. Večje kot je impulzivno nihanje zvoka, večja je razlika med obema vrednostima. Impulzivni značaj ropota (LA_{Ieq}) upoštevamo 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.

Dnevna (modelna) osemurna obremenjenitev z ropotom

»Obremenjenost z ropotom v dnevnem delovnem času ugotovimo tako, da za vsak delovni postopek in vmesna neproduktivna obdobja ugotovimo srednjo jakost ropota (L_{ekv}) ter iz njih in trajanja posameznih elementov dela (ponderi) izračunamo ponderirano dnevno obremenjenost«. (Lipoglavšek, 1998: 77) Tako dobimo dejansko obremenjenost za čas snemanja. Ker naše meritve niso trajale ves delovnik, smo za ugotavljanje osem urnih obremenitev upoštevali: Za trajanje 7,5 ure smo upoštevali izmerjeno obremenitev v času meritev; za 0,5 ure (kolikor traja glavni odmor) pa ropot z vrednostjo 70 dB(A).

Frekvenčna analiza (frekvenčni spekter od 20 do 20000 Hz):

Podatke po sredinah frekvenčnih območij je beležila in shranjevala naprava BRÜEL & KJAER 2250. Podatki o jakosti zvoka po sredinah frekvenčnih pasov so bili posneti brez filtra (izmerjena raven ropota je bila linearna in neodvisna od frekvenc). Po obdelavi s pomočjo vrtilne tabele, smo dobili povprečne jakosti ropota po sredinah frekvenčnih razredov. Te podatke je bilo potrebno korigirati (odštevati) s pomočjo krivulje A-vrednoteno, ki dejansko prilagodi frekvenčno karakteristiko mikrofona frekvenčni karakteristiki človeškega ušesa. Krivulja A-vrednoteno raven zvoka ustrezno oslabi pri nizkih in visokih frekvencah, v območju največje slišnosti pa ojača (Slika 2). Po korekciji smo podatke predstavili v grafikonih in jih komentirali.

4.2.3 Meritve učinkov

Učinke dela sekača smo izmerili na delovišču po končani obdelavi debela in v varni razdalji od delovnega območja sekača. Za izmero srednjih premerov podrtih debel smo uporabili gozdarsko premerko, za izmero dolžine pa sekaški meter. Premier bremen smo izmerili na sredini debela na 1 cm natančno, dolžino pa na 5 cm natančno. Debla so bila v lubju. Iz dobljenih podatkov smo izračunali volumen drevja.

Učinke dela traktorista smo izmerili na pomožnem skladišču za vsak cikel posebej. Postopek izmere in izračuna pa je bil enak kot pri sekaču.

Učinke dela harvesterja je izmeril stroj sam. Posebno kolo na glavi za sečnjo in senzorji omogočajo avtomatsko merjenje učinkov pri sečnji. Na začetku smo iz zaslona izpisali vrednost pred začetkom sečnje, po končanem snemanju pa smo ponovno odčitali vrednost na zaslonu. Razlika med začetno in končno vrednostjo nam pove učinke stroja v določenem času.

Pri forwarderju smo učinke določili s pomočjo vzorca. Harvester je vse sortimente obdelal na dolžino 4 m. Po razlaganju forwarderja na pomožnem skladišču smo s pomočjo premerke pobrali srednje premere za približno ducat sortimentov, nato pa še prešteli skupno število sortimentov, ki jih je forwarder odložil. Za teh ducat sortimentov smo izračunali točno kubaturo. S pomočjo procentnega računa smo nato določili kubaturo za vse sortimente. Rezultati učinkov so podani v preglednici 8.

Preglednica 8: Rezultati učinkov

Delovna faza	Cikel			Skupaj
	1	2	3	
Sečnja z motorno žago	9,32 m ³			9,32 m ³
Traktorsko spravilo	4,59 m ³	4,26 m ³	6,55 m ³	15,4 m ³
Sečnja s harvesterjem	9,32 m ³			9,32 m ³
Spravilo lesa s forwarderjem	12,02 m ³	10,4 m ³	4,58 m ³	27 m ³

4.2.4 Snemanje vzdolžnega profila vlake

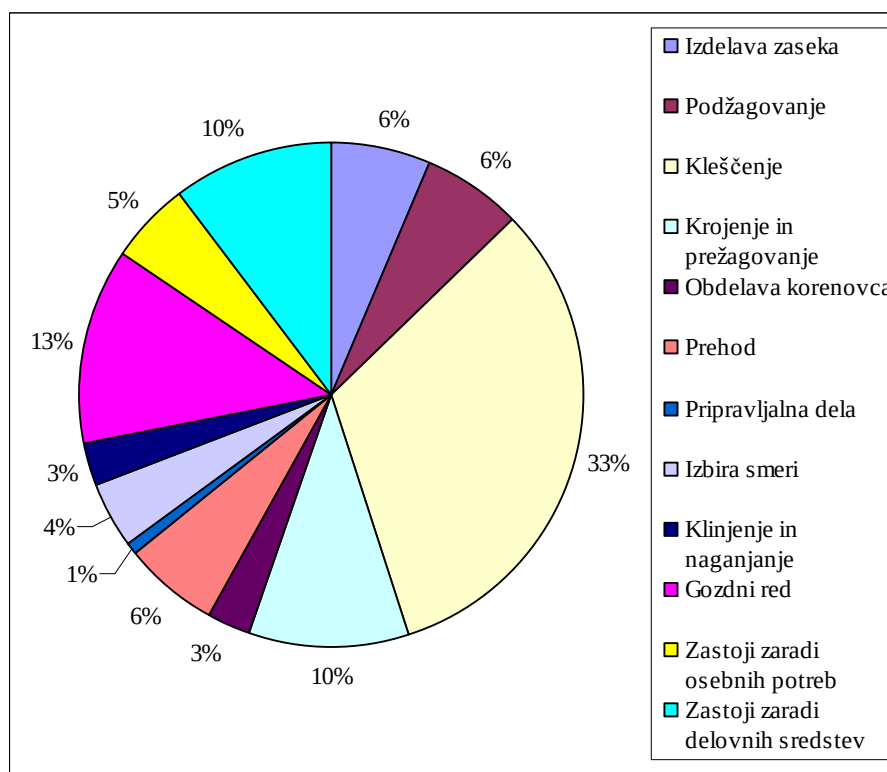
Za traktor in forwarder smo za vsak cikel posneli tudi vzdolžni profil vlake. Merili smo spreminjanje nivelete ter dolžino vlake. Le-to smo izmerili kot razdaljo od začetka polne vožnje, pa vse do polovice dolžine rampnega prostora. Za merjenje naklona vlake smo uporabili trasirke ter padomer, za izmero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

5 REZULTATI

5.1 STRUKTURA ČASA

Struktura časa vpliva na obremenitve delavcev z ropotom, saj obremenitve niso odvisne samo od jakosti ropota, ampak tudi od trajanja izpostavljenosti. V analizi strukture časa in obdelavah nismo upoštevali zastojev, ki so nastali zaradi poteka meritev.

Čas snemanja sečnje z motorno žago je znašal 122 min, delovni čas pa 111,37 min. Iz strukture delovnega časa (Slika 5), je razvidno, da je sekač 84,36 % delovnega časa porabil za produktivni del. Tako je najbolj zastopana delovna operacija pri sečnji kleščanje (33 %) sledi gozdni red (13 %), krojenje in prežagovanje (10 %) prehod, izdelava zaseka, podžagovanje (6 %), izbira smeri (4 %), obdelava korenovca, klinjenje in naganjanje (3 %) ter pripravljala dela (1 %). Neproduktivni čas zavzema 15,64 % delovnega časa, zastoj zaradi delovnih sredstev (10 %) in zastoji zaradi osebnih potreb, kamor spada tudi odmor 5 %.

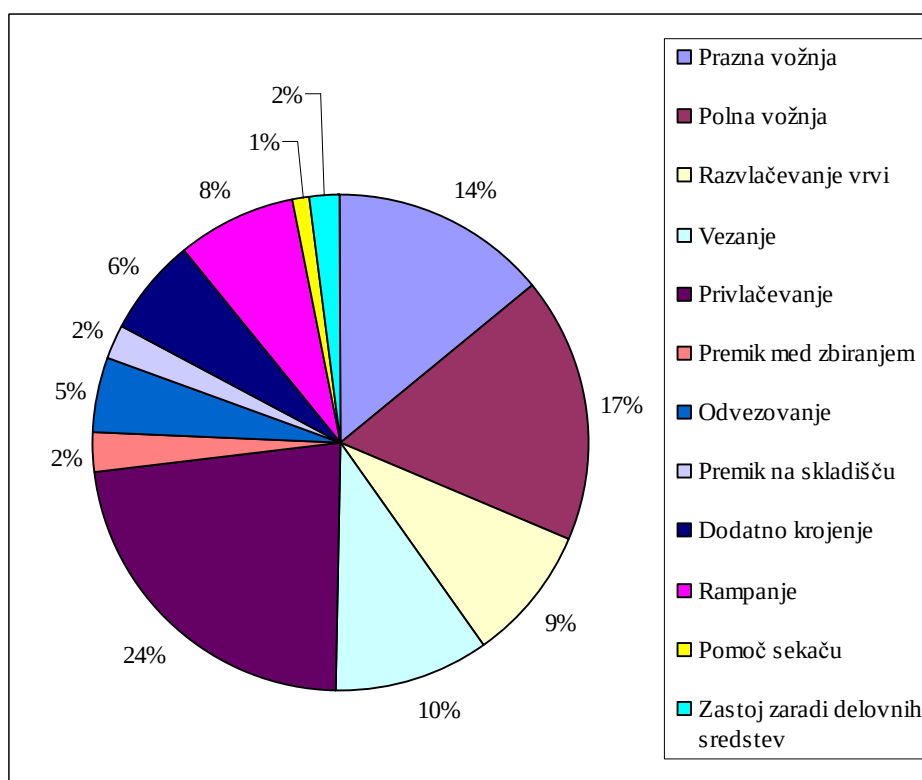


Slika 5: Struktura delovnega časa – sečnja z motorno žago

Čas snemanja pri spravilu lesa s traktorjem je znašal 90,84 min, delovni čas pa 86,92 min. Iz strukture delovnega časa (Slika 6) je razvidno, da je traktorist največ svojega delovnega časa prebil v traktorju. Produktivni čas zavzema 98 % delovnega časa. Tako so najbolj zastopane delovne operacije pri spravilu lesa privlačenje (24 %), prazna (14 %) in polna vožnja (17 %).

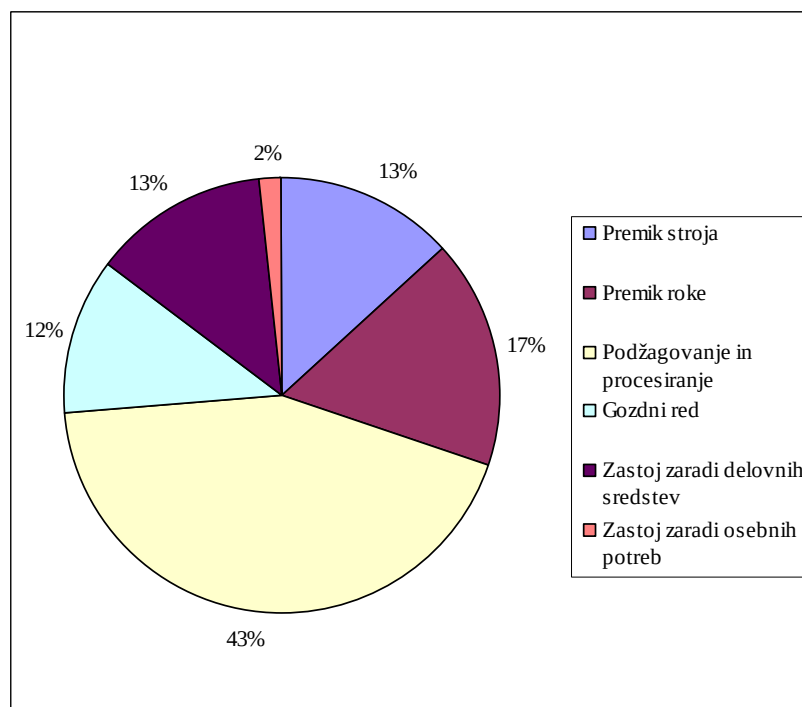
%), ki skupaj predstavljajo 55 % delovnega časa, sledi vezanje (10 %), razvlačevanje vrvi (9 %) in rampanje (8 %). Pomoč sekaču je predstavljala 7 % delovnega časa, od tega je največ časa trajalo dodatno krojenje (6 %). Odvezovanje je traktoristu vzelo 5 % časa. Zastoj zaradi delovnih sredstev predstavlja 2 % delovnega časa, prav toliko tudi premik na skladišču in premik med zbiranjem.

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. Včasih pa je čas prebit na traktorju igral še večjo vlogo, saj še ni bilo daljinca s katerim bi opravljali funkcije kot so: premik traktorja med zbiranjem, privlačevanje, premik na skladišču.



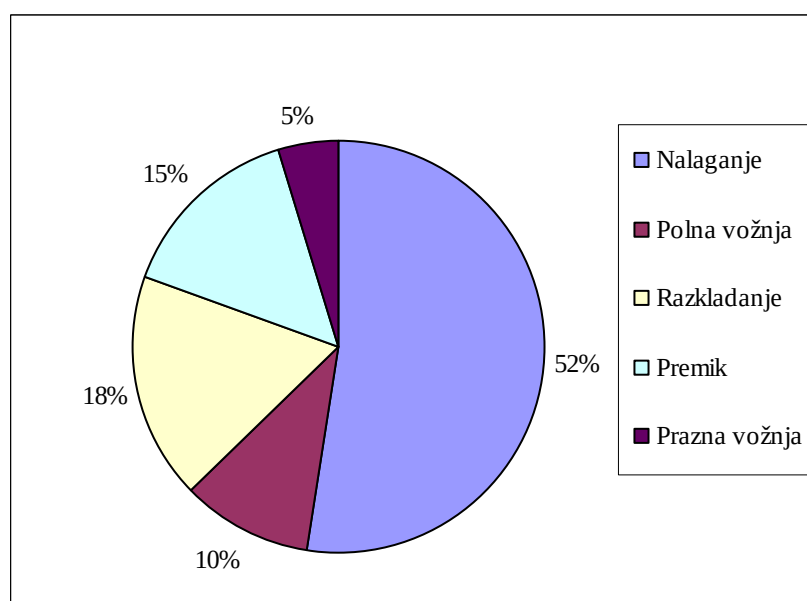
Slika 6: Struktura delovnega časa – spravilo lesa s traktorjem

Pri sečnji s harvesterjem imamo v strukturi delovnega časa (Slika 7) dober pregled nad povprečnimi časi posameznih operacij in zastojev pri sečnji. Vidimo lahko, da je strojnik 85 % delovnega časa porabil za produktivni del. Tako je najbolj zastopana delovna operacija pri sečnji podžaganje in procesiranje (43 %), sledi premik roke (17 %), gozdni red (12 %) ter premik stroja (13 %).



Slika 7: Struktura delovnega časa - harvester

Iz strukture delovnega časa spravila lesa s forwarderjem (Slika 8) je razvidno, da je več kot polovico (52 %) delovnega časa strojnik porabil za nakladanje sortimentov ob sečni poti. Po trajanju delovne operacije je sledilo razkladanje z 18 % delovnega časa. 15 % časa je odpadlo na premik med nakladanjem na sečni poti, 10 % na polno vožnjo in 5% delovnega časa na prazno vožnjo.



Slika 8: Struktura delovnega časa – forwarder

5.2 OBREMENITEV DELAVCEV Z ROPOTOM PO DELOVNIH FAZAH

Preučevana delovna mesta se med seboj razlikujejo po uporabi delovnih sredstev z različnimi emisijami hrupa – motorna žaga, gozdarski zgibnik, harvester in forwarder. Uporaba le teh vpliva na različne obremenitve z ropotom na posameznih delovnih mestih. Preučujemo samo vpliv ropota na delavca, vse ostale dejavnike kot so vremenske razmere, delovni učinek pa smo izpustili. V nadaljevanju bomo opisovali obremenitev delavcev z ropotom glede na različne kazalnike: konična jakost ropota (LCpeak), impulzivni ropot (LA_{Ieq}), ekvivalentna jakost ropota (LA_{eq}), korigirana ekvivalentna jakost ropota (LA_{eq.kor}). Na koncu pa bomo podali tudi dnevno obremenjenost z ropotom (8h). Pri vseh štirih delovnih fazah smo za vsako opravilo izdelali frekvenčno analizo. S frekvenčnim spektrom ropota lahko ugotovimo jakost ropota po 1/3 oktavnih pasovih.

5.2.1 Sečnja z motorno žago

Lipoglavšek (1998) ugotavlja da je obremenitev sekača z ropotom odvisna od značilnosti motorne žage, od načina dela in od delovnih razmer. Obremenitve sekača z ropotom pa niso odvisne samo od vpliva motorne žage, ampak tudi od ostalih delovnih sredstev, ki jih sekač uporablja pri delu (npr. sekira).

Preglednica 9: Analiza obremenjenosti z ropotom po delovnih operacijah pri sečnji z motorno žago

Delovna operacija	Delež delovnega časa (%)	LCpeak (dB(C))	LA _{Ieq} (dB(A))	LA _{eq} (dB(A))	LA _{eq.kor} (dB(A))
Izdelava zaseka	6,41	120,61	100,5	98,97	99,62
Podžagovanje	6,27	133,14	103,97	100,98	101,95
Kleščenje	32,39	122,2	99,34	97,1	98,48
Krojenje in prežagovanje	10,27	118,09	98,02	95,87	97,23
Obdelava korenovca	2,72	119,77	97,36	95,74	96,38
Glavni produktivni čas	58,05	122,37	99,64	97,44	98,66
Prehod	6,09	119,57	96,01	94,12	95,02
Pripravljalna dela	0,84	116,68	96,75	93,07	95,69
Izbira smeri	4,21	123,8	97,91	96,12	96,79
Klinjenje in naganjanje	2,71	137,3	108,61	96,75	101,95
Gozdni red	12,47	118,27	92,51	90,2	91,59
Pomožni produktivni čas	26,31	121,36	95,97	92,82	94,41
Produktivni čas	84,36	122,05	98,5	96	97,34
Zastoji zaradi delovnih sredstev	10,15	123,22	83	78	80,73
Zastoj zaradi osebnih potreb	5,49	111,85	73,15	62,69	68,18
Neproduktivni čas	15,64	119,23	79,54	72,62	76,32
Delovni čas	100,00	121,61	95,53	92,34	94,05

Najvišje konične jakosti ropota (LC_{peak}) se pri sečnji z motorno žago (Preglednica 9) pojavljajo med delovnima operacijama klinjenje in naganjanje ($137,3 \text{ dB(C)}$) ter podžagovanje ($133,1 \text{ dB(C)}$). Delovna operacija izbira smeri je dosegla jakost $123,8 \text{ dB(C)}$, kleščenje $122,3 \text{ dB(C)}$, izdelava zaseka $120,6 \text{ dB(C)}$, obdelava korenovca $119,7 \text{ dB(C)}$, prehod $119,2 \text{ dB(C)}$, gozdni red $118,2 \text{ dB(C)}$, krojenje in prežagovanje 118 dB(C) . Najmanjšo konično jakost ropota v produktivnem času predstavlja delovna operacija pripravljalna dela ($116,6 \text{ dB(C)}$). V produktivnem času se je tako konična jakost zvočnega tlaka gibala med $116,6 \text{ dB(C)}$ in $137,3 \text{ dB(C)}$, v neproduktivnem pa od $111,85 \text{ dB(C)}$ do $123,22 \text{ dB(C)}$. V neproduktivnem času največjo obremenitev za delavca glede na konično jakost predstavlja delovna operacija zastoj zaradi delovnih sredstev ($123,22 \text{ dB(C)}$), sledi pa zastoj zaradi osebnih potreb ($111,85 \text{ dB(C)}$).

V produktivnem času (Preglednica 9) so se vrednosti impulzivnega ropota (LA_{Ieq}) gibale od $96,01 \text{ dB(A)}$ do $108,6 \text{ dB(A)}$. Trenutna jakost ropota – impulzivni ropot je bila ponovno najvišja pri klinjenju in naganjanju ($108,6 \text{ dB(A)}$), sledi podžagovanje ($103,9 \text{ dB(A)}$), izdelava zaseka ($100,5 \text{ dB(A)}$), kleščenje ($99,3 \text{ dB(A)}$), krojenje in prežagovanje (98 dB(A)), izbira smeri ($97,9 \text{ dB(A)}$), obdelava korenovca ($97,3 \text{ dB(A)}$), pripravljalna dela ($96,7 \text{ dB(A)}$) in prehod s 96 dB(A) . Vrednost impulzivnega ropota v neproduktivnem času pa se je gibala od $73,15 \text{ dB(A)}$ – zastoj zaradi delovnih sredstev, do 79 dB(A) – zastoj zaradi osebnih potreb.

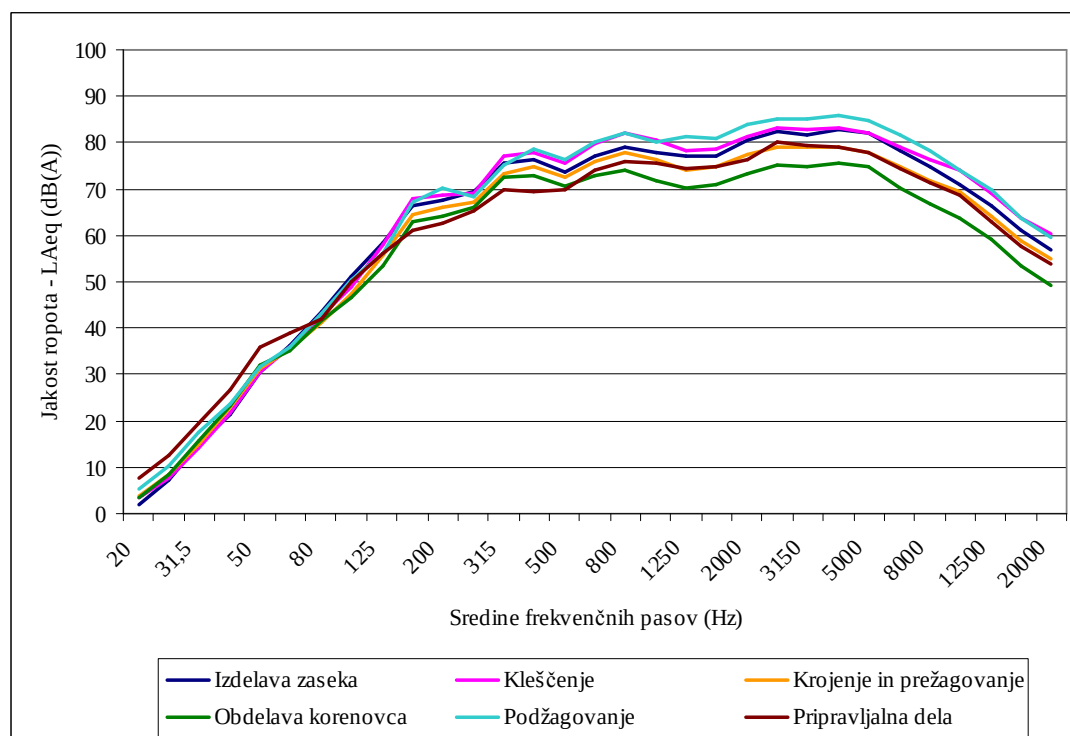
V produktivnem času (Preglednica 9) so znašale jakosti ropota glede na kazalnik LA_{eq} od $89,7 \text{ dB(A)}$ do $100,98 \text{ dB(A)}$. Največjo ekvivalentno jakost ropota smo zabeležili pri podžagovanju ($100,98 \text{ dB(A)}$) sledi pa izdelava zaseka ($98,9 \text{ dB(A)}$), kleščenje ($97,1 \text{ dB(A)}$), klinjenje in naganjanje ($96,7 \text{ dB(A)}$), izbira smeri (96 dB(A)), krojenje in prežagovanje s $95,8 \text{ dB(A)}$, obdelava korenovca ($95,7 \text{ dB(A)}$), prehod ($94,1 \text{ dB(A)}$), pripravljalna dela (93 dB(A)) ter gozdni red $90,2 \text{ dB(A)}$. V neproduktivnem času pa od $62,69 \text{ dB(A)}$ do 78 dB(A) , kjer je bila najnižja vrednost izmerjena pri zastojih zaradi delovnih sredstev.

Korigirana ekvivalentna jakost ropota ($LA_{eq.kor}$) (Preglednica 9) je v produktivnem času znašala od $91,5 \text{ dB(A)}$ do $101,95 \text{ dB(A)}$, kar vse presega mejne vrednosti v pravilniku (2006). Najvišja izmerjena ekvivalentna jakost ropota je bila izmerjena pri delovnih operacijah podžagovanje ter klinjenje in naganjanje – $101,95 \text{ dB(A)}$. Sledi izdelava zaseka z $99,6 \text{ dB(A)}$, kleščenje z $98,5 \text{ dB(A)}$ ter krojenje in prežagovanje s $97,2 \text{ dB(A)}$. Delovni operaciji izbira smeri ter obdelava korenovca sta presegli 96 dB(A) , 95 dB(A) sta presegli delovni operaciji

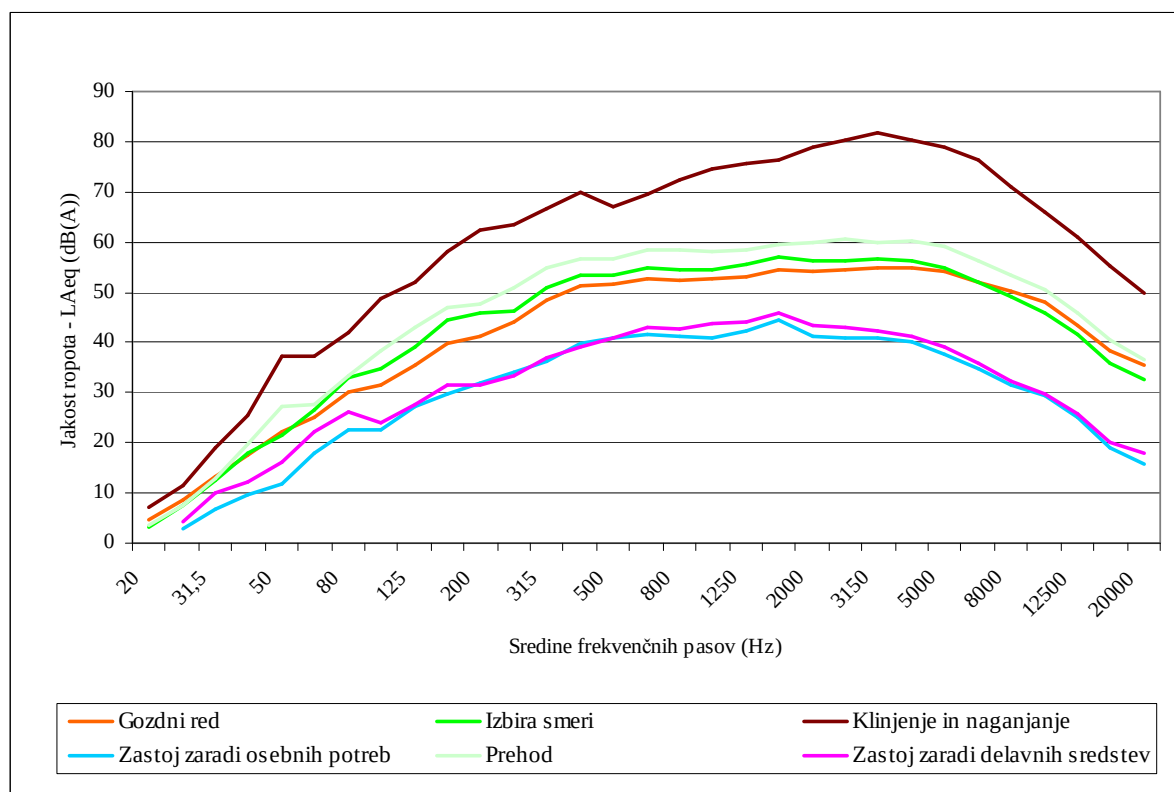
pripravljalna dela ter prehod, mejo 90 dB(A) pa še gozdni red. V neproduktivnem času smo zabeležili korigirano ekvivalentno jakost ropota od 68,18 dB(A) do 80,73 dB(A).

Frekvenčni spekter del, ki so bili opravljeni z motorno žago (Slika 9) ima mnogo manj odstopanj med posameznimi delovnimi operacijami kot pa frekvenčni spekter delovnih operacij, ki so bile opravljene brez motorne žage (Slika 10). To gre pripisati uporabi motorne žage, ki pri vseh delovnih postopkih emitira podobno frekvenčno sliko ropota, jakost le tega pa nekoliko niha. Opazimo, da na sliki frekvenčnega spektra ni lokalnih maksimumov pri nizkih frekvencah, ti se pojavijo šele pri višjih frekvencah. Obremenitve z ropotom pri delih z motorno žago presegajo mejo 80 dB(A) in to v frekvenčnem območju od 630 Hz do 8000 Hz, največje obremenitve pri delu pa so v frekvenčnem območju od 400 do 4000 Hz, najbolj pri frekvenci 4000 Hz.

Frekvenčni spektri brez uporabe motorne žage (Slika 10) imajo delovne operacije gozdni red, izbira smeri ter prehod zopet podoben frekvenčni spekter oz. med seboj malo odstopajo, ker gre za opravila, ki povzročajo ropot pri hoji (udarci nog, šumenje, listja, vej) in zlaganju vej (šumenje in udarci vej). Najbolj odstopa delovna operacija klinjenje in naganjanje, ki povzroča največjo jakost ropota med 2500 in 5000 Hz vrh pa doseže pri frekvenci 3150 Hz.



Slika 9: Frekvenčni spekter ropota pri delih opravljenih z motorno žago



Slika 10: Frekvenčni spekter ropota pri delih opravljenih brez motorne žage

5.2.2 Spravilo lesa s traktorjem

Jakost ropota traktorja je odvisna od vrste traktorja, moči, dušenja ropota, številom obratov med posamezno delovno operacijo, od vrste tehnologije in delovnih razmer (Lipoglavšek, 1998). V splošnem pa obremenitve z ropotom naraščajo s starostjo traktorja vrsto in tipom traktorja (Žunič, 2010).

Pri spravilu s traktorjem (rezultati so podani v preglednici na naslednji strani (Preglednica 10)) smo v produktivnem času ugotovili vrednosti konične jakosti zvočnega tlaka (LC_{peak}) od 107 dB(C) do 122,9 dB(C), v to strukturo spada tudi neproduktivni čas (zastoj zaradi delovnih sredstev – 110,7 dB(C)). Največjo konično jakost zvočnega tlaka pri obremenitvi traktorista predstavlja delovna operacija rampanje (122,9 dB(C)). Traktorist se nahaja v kabini ali pa dlje od izvora ropota, tako je tudi manj izpostavljen, očitno pa tudi ne prihaja do takih pokov, kot jih povzroča naganjanje pri sekaču. Sledi prazna vožnja (121,8 dB(C)), polna vožnja in premik na skladišču s 119,9 dB(C) ter 119 dB(C). Premik med zbiranjem, vezanje, privlačenje, pomoč sekaču, dodatno krojenje in razvlačevanje vrvi pa dosegajo vrednosti od 115 dB(C) do 117,5 dB(C).

Preglednica 10: Analiza obremenjenosti z ropotom po delovnih operacijah pri traktorskemu spravilu lesa

Delovna operacija	Delež delovnega časa (%)	LCpeak (dB(C))	LAeq (dB(A))	LAeq (dB(A))	LAeq,kor (dB(A))
Prazna vožnja	14,29	121,84	88,92	86,73	87,92
Polna vožnja	17,12	119,97	90,10	89,05	89,20
Razvlačevanje vrvi	8,74	115,04	80,15	71,19	76,03
Vezanje	10,12	117,43	82,79	79,71	81,24
Privlačevanje	22,84	116,54	82,81	79,26	81,11
Premik med zbiranjem	2,34	117,54	88,02	86,45	86,99
Odvezovanje	5,22	107,65	77,08	70,56	74,70
Premik na skladišču	2,15	119,01	88,40	86,99	87,36
Dodatno krojenje	6,39	115,23	96,56	94,92	95,61
Rampanje	7,84	122,95	90,03	87,77	89,13
Pomoč sekaču	1,04	116,22	97,46	96,07	96,62
Skupaj produktivni čas	98,08	117,90	86,30	83,14	84,76
Zastoj zaradi delovnih sredstev	1,92	110,77	80,44	74,60	76,90
Skupaj neproduktivni čas	1,92	110,77	80,44	74,60	76,90
Delovni čas	100,00	117,76	86,19	82,97	84,61

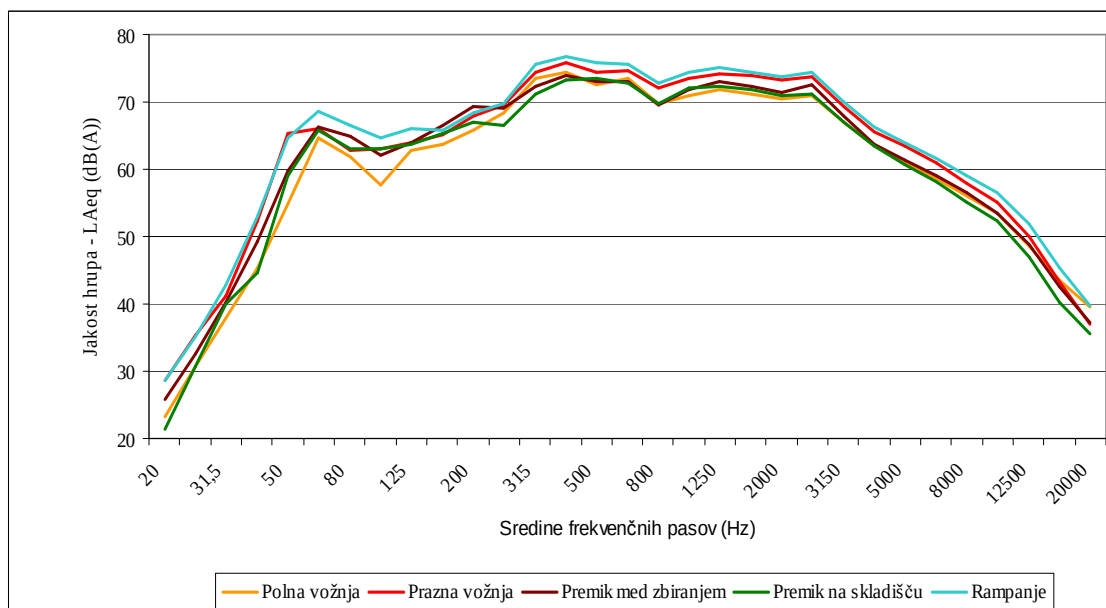
Impulzivni ropot (LAeq) je pri spravilu s traktorjem znašal od 77 dB(A) do 97,4 dB(A) (Preglednica 10). Najbolj obremenjujoča za delavca je bila delovna operacija pomoč sekaču, sledi pa ji dodatno krojenje 96,5 dB(A). Delovne operacije izvedene iz traktorja so imele impulzivni ropot v intervalu od 88 dB(A) do 90,1 dB(A). Najbolj obremenjujoča je bila delovna operacija polna vožnja, sledi ji rampanje (90 dB(A)), prazna vožnja (88,9 dB(A)), premik na skladišču (88,4 dB(A)), premik med zbiranjem (88 dB(A)). Jakost impulzivnega ropota je pri opravljenih izvedenih izven traktorja znašala od 77 dB(A) do 82,8 dB(A).

Ekvivalentna jakost ropota (LAeq) je znašala od 70,5 dB(A) do 96 dB(A) (Preglednica 10). Najvišje jakosti so bile ponovno izmerjene pri delovnih operacijah, kjer so se dela izvajala z motorno žago. Delovni operaciji pomoč sekaču in dodatno krojenje imata izmerjeno ekvivalentno jakost ropota 96 dB(A) oz. 94,9 dB(A). Pri delih izvedenih iz traktorja je obremenitev z ropotom znašala od 86,4 dB(A) do 89 dB(A), najbolj obremenjujoč je bil postopek polna vožnja (89 dB(A)), sledi pa rampanje (87,7 dB(A)), prazna vožnja 86,7 (dB(A)), premik na skladišču (86,9 dB(A)) ter premik med zbiranjem (86,4 dB(A)). Dela izven traktorja so zavzela glede na kazalnik LAeq interval od 70,5 dB(A) do 79,2 dB(A), to zajema privlačevanje, vezanje, razvlačevanje, odvezovanje in zastoj zaradi delovnih sredstev.

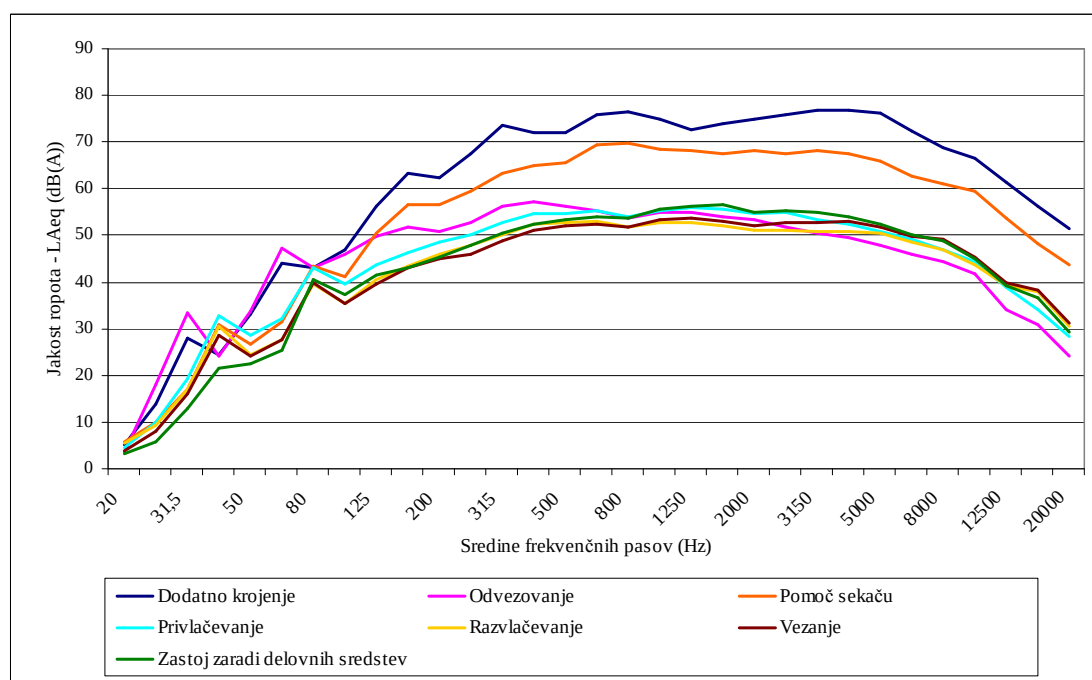
Pri traktorskem spravilu se korigirana ekvivalentna jakost ropota (Slika 10) giblje v intervalu od 74,7 dB(A) do 96,6 dB(A). Tako kot pri vseh ostalih kazalnikih sta tudi pri korigirani ekvivalentni jakosti ropota najbolj obremenjujoči delovni operaciji pomoč sekaču in dodatno

krojenje 96,6 dB(A) oz. 95,6 dB(A). Pri delih izvedenih iz kabine je razpon kazalnika LAeq.kor od 86,9 dB(A) do 89,2 dB(A), najbolj je obremenjujoča polna vožnja sledi rampanje, prazna vožnja, premik na skladišču in premik med zbiranjem. Pri delih izvedenih izven kabine pa znaša kazalnik LAeq.kor od 70 dB(A) do 79,7 dB(A), najbolj je obremenjujoče vezanje in privlačevanje z 81 dB(A).

Frekvenčna analiza ropota je pokazala, da imajo delovne operacije izvedene iz traktorja (obremenjen motor) med seboj zelo podoben frekvenčni spekter, iz česar lahko sklepamo, da je taka homogenost spektrov posledica ropota traktorskega motorja. Prvi maksimum se pojavi pri 63 Hz. Nato pa pri višjih frekvencah okoli 315 Hz ter 2500 Hz. Pri delovnih operacijah, opravljenih izven traktorja (Slika 12), se spekter, ki pripada delovanju motorne žage (dodatno krojenje in pomoč sekaču), lepo razlikuje (višje obremenitve) od spektrov, ki pripadajo delovnim operacijam, pri katerih motorna žaga ni bila uporabljena. Zabeležili smo dva vrha, prvega pri 31,5 Hz ter drugega pri 63 Hz, ki sta verjetno posledica delovanja motorne žage v prostem teku. Traktor pa je imel pri nizkih frekvencah tudi dva lokalna maksimuma, prvega pri 40 Hz in drugega pri 80 Hz. Obremenitve z ropotom pri nižjih frekvencah so lahko posledica ropota traktorja ali motorne žage v prostem teku. Pri razvlačevanju, vezanju, odvezovanju in zastoju zaradi delavnih sredstev se pri frekvenci 16000 Hz jakost ropota nekoliko poveča, kar bi lahko pripisali ropotu verižnih zank. Frekvenčni spekter za delovno operacijo odvezovanje je pri nižjih frekvencah podoben spektru dodatno krojenje, kar bi lahko pripisali emisijam ropota motorne žage v prostem teku, pri višjih frekvencah pa dobi obliko, ki jo povzročajo emisije traktorja v prostem teku. Obratno pa je frekvenčni spekter pri delovni operaciji pomoč sekaču pri nizkih frekvencah podoben emisijam traktorja v prostem teku, pri višjih frekvencah pa dobi obliko, ki jo povzročajo emisije motorne žage pod obrati, le da je jakost ropota pri teh frekvencah nekoliko nižja, kar lahko pripišemo rahli oddaljenosti traktorista od sekača, ki je upravljal z motorno žago.



Slika 11: Frekvenčni spekter ropota, pri delovnih operacijah spravila lesa, izvedenih iz traktorja



Slika 12: Frekvenčni spekter ropota, pri delovnih operacijah spravila lesa, izvedenih izven traktorja

5.2.3 Sečnja s harvesterjem

Največje jakosti ropota glede na kazalnik LC_{peak} (127 dB(C)), LA_{Ieq} (76 dB(A)) in LA_{eq} (68 dB(A)) so bile izmerjene pri delovnih operacijah zastoj zaradi delovnih sredstev in zastoj zaradi osebnih potreb. Ker pa strojnik v tem času ni bil v kabini, smo te obremenitve izločili. To pa pomeni, da rezultati veljajo za obremenitev delavca v kabini stroja.

Preglednica 11: Analiza obremenjenosti z ropotom po delovnih operacijah pri sečnji s harvesterjem

Delovna operacija	Delež delovnega časa (%)	LCpeak (dB(C))	LA _{Ieq} (dB(A))	LA _{eq} (dB(A))	LA _{eq.kor} (dB(A))
Premik stroja	15,49	105,46	74,34	65,74	71,07
Premik roke	20,11	105,24	69,86	63,15	67,20
Podžagovanje in procesiranje	50,75	112,22	69,16	63,68	67,34
Gozdni red	13,65	104,53	72,06	64,99	68,73
Delovni čas	100,00	108,72	70,40	64,07	68,07

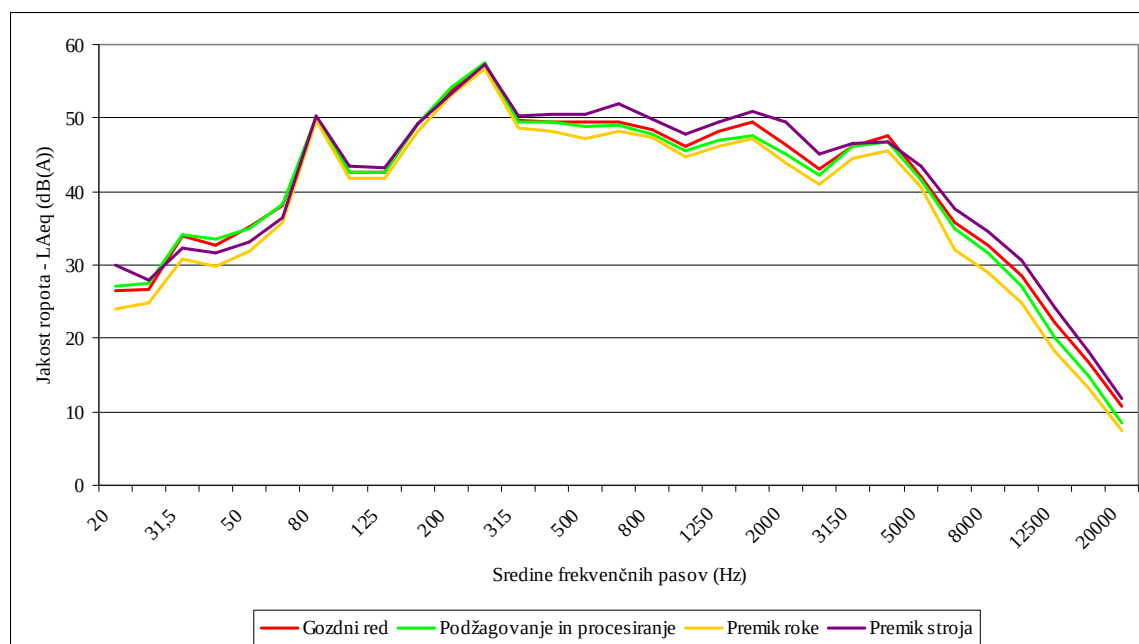
Najmanjše konične vrednosti ropota (LC_{peak}) (Preglednica 11), se pojavljajo pri podžagovanju in procesiranju (112,2 dB(C)), sledi premik stroja in premik roke s 105 dB(C), ter gozdni red s 104 dB(C).

Strojnik je bil z impulzivno vrednostjo ropota (LA_{Ieq}) (Preglednica 11) najbolj obremenjen pri premiku stroja s 74,4 dB(A) (verjetno zaradi nenadnega povečanja obratov), sledi gozdni red (72 dB(A)), premik roke (69,8 dB(A)) ter podžagovanje in procesiranje (69,1 dB(A)). Najmanj je bil obremenjen pri gozdnem redu.

Ekvivalentna jakost ropota (LA_{eq}) (Preglednica 11) se je gibala od 63,1 dB(A) do 68 dB(A). Za strojnika je najbolj obremenjujoč delovni postopek premik stroja 66 dB(A). V rezultatih smo prišli tudi do zaključka, da znaša skupna obremenitev 64 dB(A).

Rezultati za korigirano ekvivalentno jakost ropota (LA_{eq.kor}) (Preglednica 11) kažejo, da je strojnik najbolj obremenjen v času trajanja delovnih operacij premik stroja ter premik roke (71,07 dB(A) oz. 67,2 dB(A)). Sledi podžagovanje in procesiranje (67,3 dB(A)) ter gozdni red (68,7 dB(A)). Skupna obremenitev pa znaša 68 dB(A).

V frekvenčnem spektru ropota pri delu s harvesterjem (Slika 13) lahko opazimo podobno frekvenčno sliko jakosti ropota pri delovnih operacijah, ki so posledica ropota motorja, medtem ko je strojnik v zaščitni kabini. Pri nižjih frekvencah se prvi vrh pojavi pri 31,5 Hz, drugi pa pri 80 Hz. Največja jakost ropota pa se pojavi pri frekvenci 250 Hz, kjer krivulje dosežejo vrh, nato pa še pri 630 Hz, 1600 Hz ter 4000 Hz. Ker se maksimumi po delovnih operacijah pojavijo pri istih frekvencah, lahko sklepamo, da harvester deluje pri vseh delovnih operacijah s konstantnimi obrati motorja.



Slika 13: Frekvenčni spekter ropota po delovnih operacijah sečnje s harvesterjem

5.2.4 Spravilo s forwarderjem

Podobno kot pri harvesterju smo tudi pri forwarderju merili jakost ropota znotraj kabine.

Preglednica 12: Analiza obremenjenosti z ropotom po delovnih operacijah pri spravilu lesa s forwarderjem

Delovna operacija	Delež delovnega časa	LCpeak (dB(C))	LAeq (dB(A))	LAeq (dB(A))	LAeq.kor (dB(A))
Nalaganje	52,47 %	119,07	62,88	67,44	65,38
Polna vožnja	10,26 %	112,01	69,71	75,26	71,72
Razkladanje	17,71 %	110,52	63,15	65,58	64,78
Premik	14,80 %	116,08	66,08	70,57	68,64
Prazna vožnja	4,77 %	106,63	68,83	73,11	71,21
Delovni čas	100,00 %	115,79	64,39	68,65	66,68

Konična jakost zvočnega tlaka (LCpeak) (Preglednica 12) se pri forwarderju razteza na intervalu od 106,6 dB(C) do 119 dB(C). Z analizo podatkov koničnih vrednosti ropota smo ugotovili, da se najvišje konične jakosti ropota pojavljajo pri delovni operaciji nalaganje (119 dB(C)), kar bi lahko bila posledica udarcev sortimentov ob železno konstrukcijo kesona.

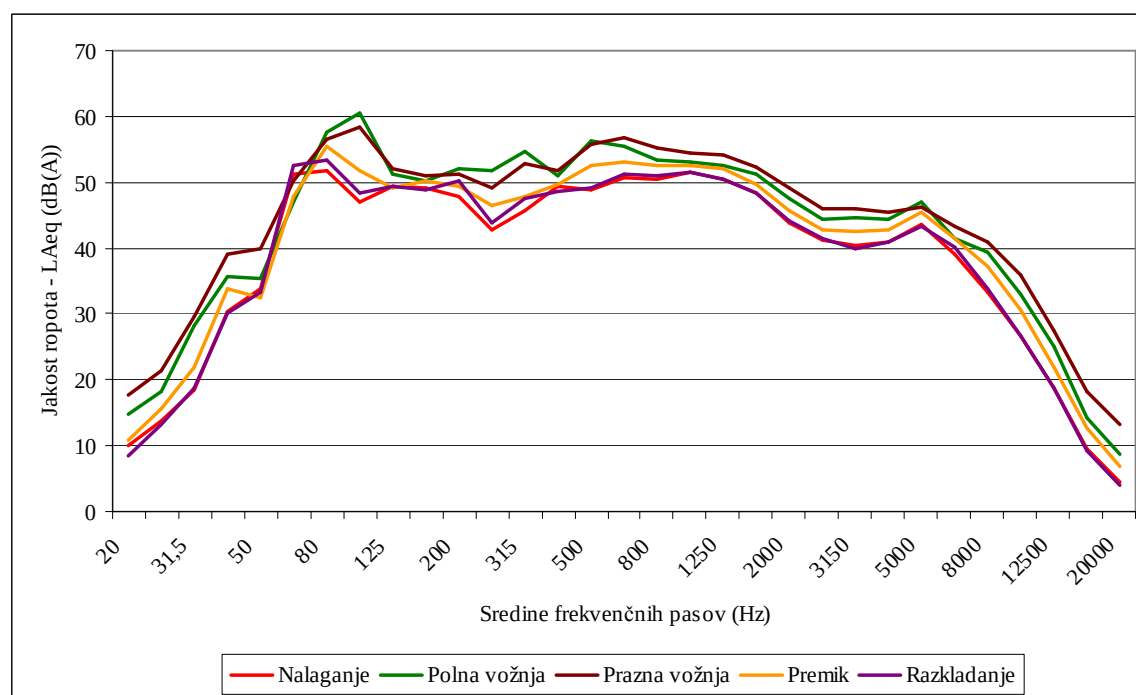
Impulzivna jakost ropota (LAeq) (Preglednica 12), se je pri forwarderju gibala od 62,8 dB(A) do 69,7 dB(A). Največja jakost je bila zabeležena pri polni in prazni vožnji, 69,7 dB(A) oz. 68,8 dB(A). Na sredino se je uvrstila delovna operacija premik s 66 dB(A).

Najmanjša impulzivna jakost ropota pa je bila zabeležena pri razkladanju oz. nalaganju, 63,1 dB(A) oz. 62,8 dB(A).

Ekvivalentna jakost ropota (L_{Aeq}) (Preglednica 12) je znašala od 65,5 dB(A) do 75 dB(A). Najvišje jakosti so bile ponovno izmerjene pri polni in prazni vožnji (75,2 dB(A) oz. 73,1 dB(A)). Pri delovni operaciji premik stroja je ekvivalentna jakost ropota dosegla 70,5 dB(A), pri nakladanju in razkladanju pa so bile jakosti manjše od 67,4 dB(A).

Korigirana ekvivalentna jakost ropota ($L_{Aeq.kor}$) (Preglednica 12) je bila v intervalu od 64,7 dB(A) do 71,7 dB(A). Pri korigirani ekvivalentni jakosti opazimo da so delovne operacije v paru in imajo skoraj enako jakost ropota. Delovni operaciji polna in prazna vožnja presegata 71 dB(A), premik 68,6 dB(A), delovni operaciji nalaganje in razkladanje pa 65,3 dB(A) oz. 64,7 dB(A).

Frekvenčni spekter ropota pri forwarderju (Slika 14) kaže, da največje jakosti ropota povzročata polna vožnja in prazna vožnja v celem spektru, na sredini je premik. Zelo homogeni sta delovni operaciji nalaganje in razkladanje, kateri tudi najmanj obremenjujeta delavca z ropotom. Prvi maksimum se pri vseh delovnih operacijah pojavi pri frekvenci 40 Hz, kar bi lahko pripisali delovanju motorja v prostem teku. Drugi maksimum pa je glede na delovne operacije različen, so pa pri njem vse delovne operacije dosegle največjo jakost ropota. Drugi maksimum je za razliko od prvega verjetno posledica povečanja obratov motorja. Vidimo lahko, da je pri različnih delovnih operacijah drugi maksimum pri različnih frekvencah, kar kaže na to, da se za določeno delovno operacijo obrati ne povečajo vedno enako. Polna in prazna vožnja imata drugi maksimum pri 100 Hz, kar kaže na največjo obremenjenost motorja, premik, pri katerem gre očitno za kratkotrajno povečanje obratov motorja doseže drugi maksimum pri 80 Hz, jakost zvoka pa je manjša kot pri polni in prazni vožnji. Od ostalih dveh oblik pa se loči tudi frekvenčni spekter delovnih operacij nakladanja in razkladanja, kateri se pri nizkih frekvencah odvijata pri najnižjih obratih motorja, saj drugi vrh dosežeta pri frekvenci 63 Hz. Forwarder doseže pri polni in prazni vožnji še najvišje jakoti pri 315 Hz, 500-630 Hz, ter zadnjega pri 5000 Hz.



Slika 14: Frekvenčni spekter ropota po delovnih operacijah pri spravilu lesa s forwarderjem

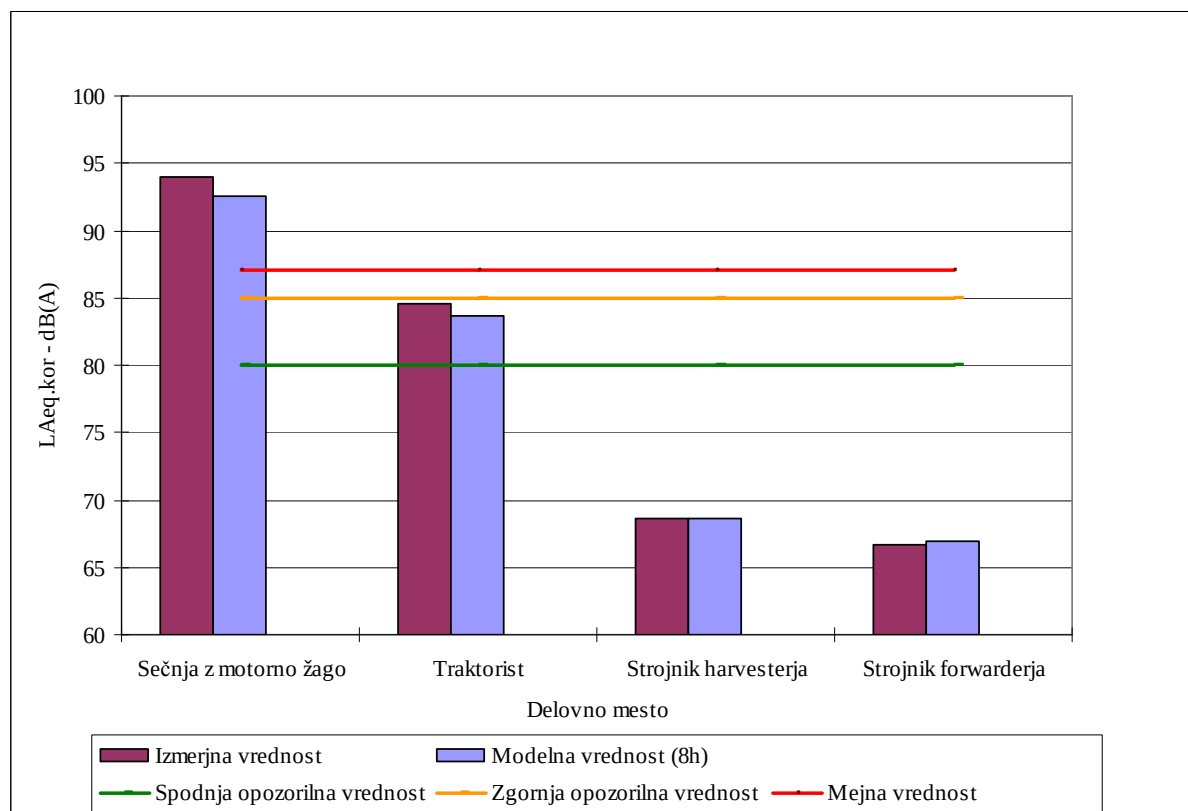
5.3 PRIMERJAVA OBREMENITEV Z ROPOTOM Z DOPUSTNIMI MEJAMI IN MED DELOVNIMI MESTI

5.3.1 Primerjava obremenitev z ropotom z dopustnimi mejami

Obremenitve z ropotom po delovnih mestih (Slika 15) smo primerjali z dnevnimi dopustnimi mejnimi in opozorilnimi vrednostmi za osemurni delovni čas. S primerjavo smo ugotovili, da je z ropotom najbolj obremenjen delavec pri delu z motorno žago, sledi traktorist, strojnik harvesterja ter strojnik forwarderja. Izračun obremenitev z ropotom je namreč pokazal, da je ropot pri delu z motorno žago dosegel 94,05 dB(A), pri delu s traktorjem 84,61 dB(A), pri sečnji s harvesterjem 68,59 dB(A) in pri spravilu s forwarderjem 66,68 dB(A). Vse obremenitve so podane glede na korigirano ekvivalentno jakost ropota. Vrednosti osemurnih obremenitev so bile med 66,89 dB(A) pri forwarderju in 92,54 dB(A) pri sečnji z motorno žago. Pri harvesterju (68,67 dB(A)) ter pri spravilu s traktorjem (83,69 dB(A)) pa so bile vrednosti obremenitev nekje vmes.

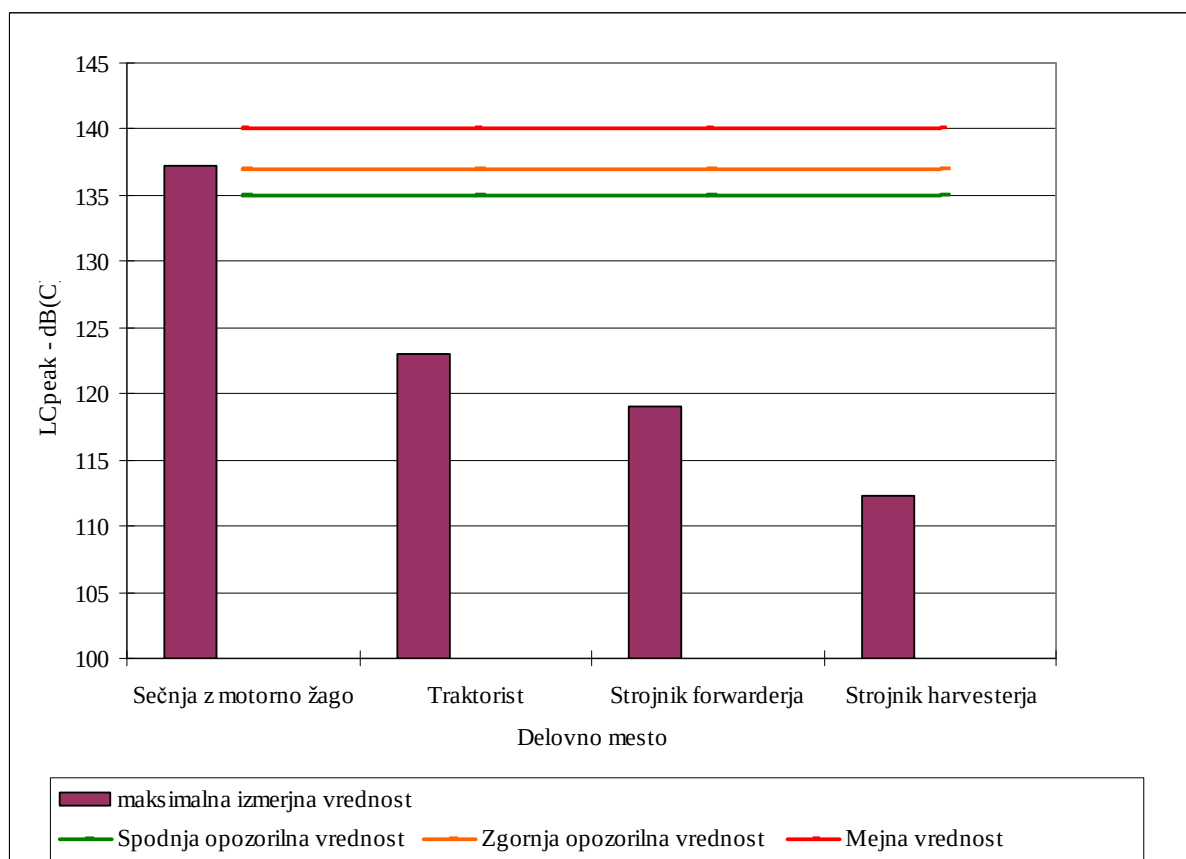
Glede na delovni čas so se obremenitve v modelnem času (8h) zmanjšale za 1,5 dB(A) pri motorni žagi ter za 0,91 dB(A) pri traktorju. Pri sečnji s harvesterjem in spravilu s forwarderjem pa so modelne osemurne obremenitve malenkost večje od izmerjenih, kar je pričakovano, saj je bila izmerjena jakost ropota v delovnem času nižja od 70 dB(A).

Pri preseganju mejnih vrednosti, moramo, glede na pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (Pravilnik o varovanju ..., 2006), upoštevati tudi učinek osebne varovalne opreme za zaščito proti hrupu, ki jo v primeru sečnje in spravila lesa predstavljajo glušniki. Glede na to, da glušniki ob pravilni izbiri in uporabi zmanjšajo jakost ropota v povprečju za 27 dB(A) lahko zaključimo, da v primeru uporabe le-teh delavci pri delu z motorno žago ter traktorjem niso preobremenjeni z ropotom.



Slika 15: Primerjava izmerjene ter modelne (8h) obremenitve z ropotom z dopustnimi mejami

Maksimalna trenutna jakost ropota (Slika 16) je najbolj problematična pri sečnji z motorno žago, kjer doseže vrednost 137,3 dB(C) ter tako presega zgornjo opozorilno vrednost – 137 dB(C) glede na pravilnik (Pravilnik o varovanju ..., 2006). Pri ostalih delavnih sredstvih maksimalne trenutne jakosti ropota ne povzročajo preobremenitev saj so pod spodnjo opozorilno mejo, ki znaša 135 dB(C) in dosegajo naslednje vrednosti; delo s traktorjem 122,95 dB(C), delo s forwarderjem 119,07 dB(C) ter delo s harvesterjem 112,22 dB(C).

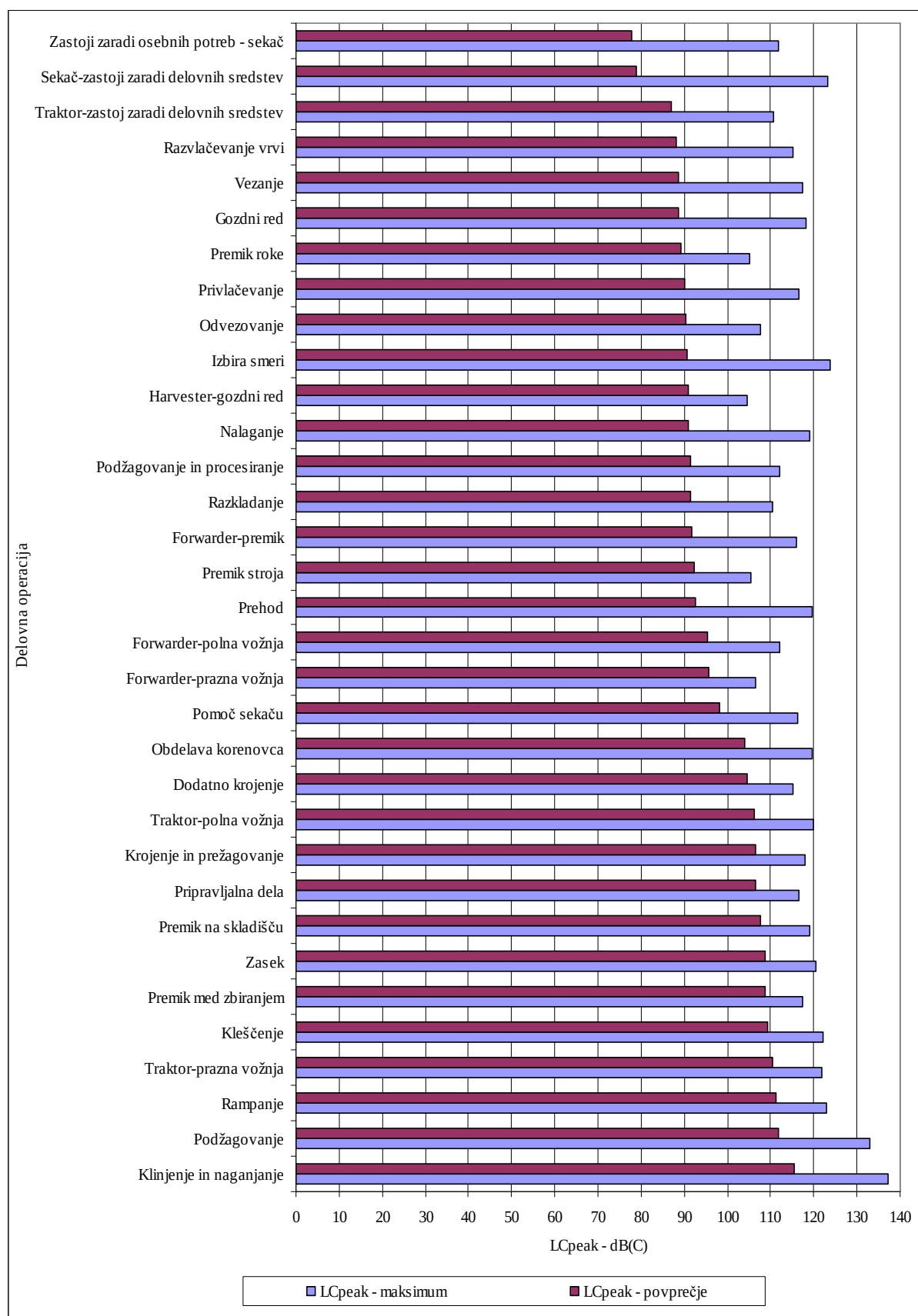


Slika 16: Maksimalna ter povprečna trenutna jakost ropota po delavnih mestih

5.3.2 Primerjava obremenitev z ropotom med delovnimi mesti

Konične vrednosti jakosti ropota (LCpeak) po opravilih, zabeležene kot maksimalne trenutne vrednosti obtežene s filtrom C, kažejo na impulzivni značaj ropota (Slika 17). Lahko opazimo, da tudi pri tihih opravilih prihaja do visokih trenutnih obremenitev delavca z ropotom. Tako lahko ugotovimo, da prihaja do visokih maksimalnih trenutnih vrednosti ropota pri zastojih – zastoj zaradi delovnih sredstev pri sečnji z motorno žago (123,22 dB(C)), kjer prihaja tudi do največjega nihanja med povprečjem ter maksimalno trenutno konično jakostjo. Visoke trenutne jakosti ropota se pojavijo tudi v produktivnem času sečnje z motorno žago in traktorskega spravila lesa. Maksimalna trenutna jakost ropota je tako zabeležena pri delovni operaciji klinjenje in naganjanje (137,3 dB(C)), kot posledica udarcev sekire na naganjalni klin. Sledi podžagovanje (133,14 dB(C)), kjer so visoke trenutne jakosti ropota posledica delovanja motorja motorne žage. Pri traktorskem spravilu lesa prihaja do najvišjih koničnih jakosti zaradi delovanja motorja pri delovni operaciji rampanje (122,95 dB(C)), pri spravilu s forwarderjem pa zaradi udarcev hlodov ob kovinsko konstrukcijo ali pa nenadnega povečanja obratov motorja pri nalaganju (119,07). Pri sečnji s harvesterjem prihaja do zelo nizkih trenutnih obremenitev z ropotom.

Opazimo, da glede na razliko med maksimalno konično jakostjo ropota ter povprečno konično jakostjo ropota prihaja do velikih razlik med LCpeak ter LCpeak.povp pri delovnih operacijah, kjer vir ropota ne oddaja konstantne jakosti ropota. Nizka povprečna vrednost trenutnih jakosti ropota, pomeni, da do visokih trenutnih jakosti ropota prihaja razmeroma redko. Velika nihanja med povprečno trenutno vrednostjo in maksimalno trenutno vrednostjo ropota opazimo pri sečnji z motorno žago (klinjenje in naganjanje, izbira smeri, zastoj zaradi delovnih sredstev, zastoj zaradi osebnih potreb, prehod, gozdni red), pri spravilu lesa s traktorjem (zastoj zaradi delovnih sredstev, razvlačevanje vrvi, privlačevanje, vezanje), sečnji s harvesterjem (podžagovanje in procesiranje) ter pri spravilu s forwarderjem (razkladanje, premik, nalaganje).



Slika 17: Največja trenutna jakost ropota ter povprečna konična jakost ropota po opravilih

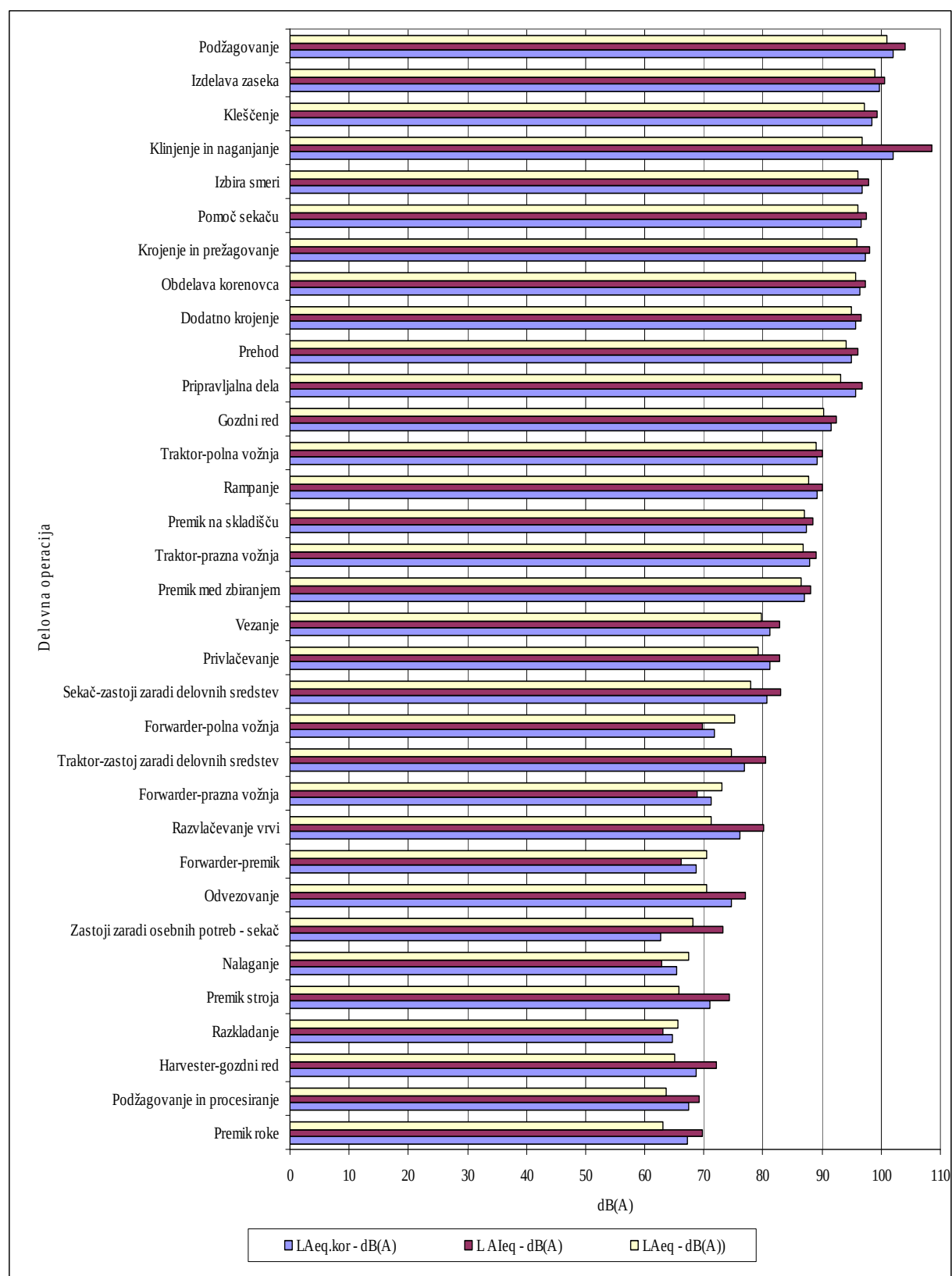
Razlike med impulzivno ekvivalentno jakostjo ropota (LA_{Ieq}) in ekvivalentno jakostjo ropota (LA_{eq}) nam kažejo na impulzivnost zvočnega valovanja (Slika 18). Največje variabilnosti jakosti ropota pri sečnji z motorno žago smo zaznali pri delovni operaciji klinjenje in naganjanje (11,8 dB(A)) ter pri zastoju zaradi delovnih sredstev (5 dB(A)). Pri ostalih delavnih operacijah sečnje z motorno žago so razlike manjše od 4 dB(A), po večini pa tudi manjše od 2 dB(A).

Pri traktorskem spravilu prihaja do največjih razlik pri delovnih operacijah razvlačevanje vrvi (8,96 dB(A)), odvezovanje (6,52 dB(A)), zastoj zaradi delovnih sredstev 5,85 dB(A). Pri glavnem produktivnem času klasične sečnje in spravila lesa prihaja do najnižjih odstopanj med LA_{Ieq} ter LA_{eq} . Kot vidimo, prihaja do največjih impulzivnih jakosti ropota kot posledica raznih udarcev – pri sečnji z motorno žago so to udarci sekire, pri traktorskemu spravilu pa ropot verižnih zank ter udarcev verižnih zank in hlodov v kamenje.

Zanimivo, da prihaja pri strojni sečnji in spravilu v povprečju do najvišjih nihanj impulzivne jakosti ropota, saj je pri vseh opravih strojne sečnje in spravila lesa razlika med LA_{Ieq} ter LA_{eq} večja od 2 dB(A). Najvišje razlike med LA_{Ieq} ter LA_{eq} se na splošno pojavljajo pri harvesterju, saj se pri vseh delovnih operacijah pojavljajo razlike od 5 dB(A) do 8,6 dB(A), najvišja razlika pa je bila opažena pri delovni operaciji premik stroja (10,2 dB(A)). Pri spravilu s forwarderjem so nihanja nižja kot pri harvesterju ter višja kot pri glavnem produktivnem času sečnje in spravila lesa. Nihanja se pri vseh delovnih operacijah gibljejo med 2,4 dB(A) ter 5,5 dB(A), najvišje nihanje pa se pojavi pri polni vožnji. Največje impulzivne jakosti ropota so pri strojni sečnji in spravilu verjetno posledica udarcev sortimentov (nakladanje, razkladanje), udarcev vej ob nože na procesorski glavi pri obvejevanju, drobljenja vej pri izvajanju gozdnega reda, ali pa nenadnega povečanja obratov motorja.

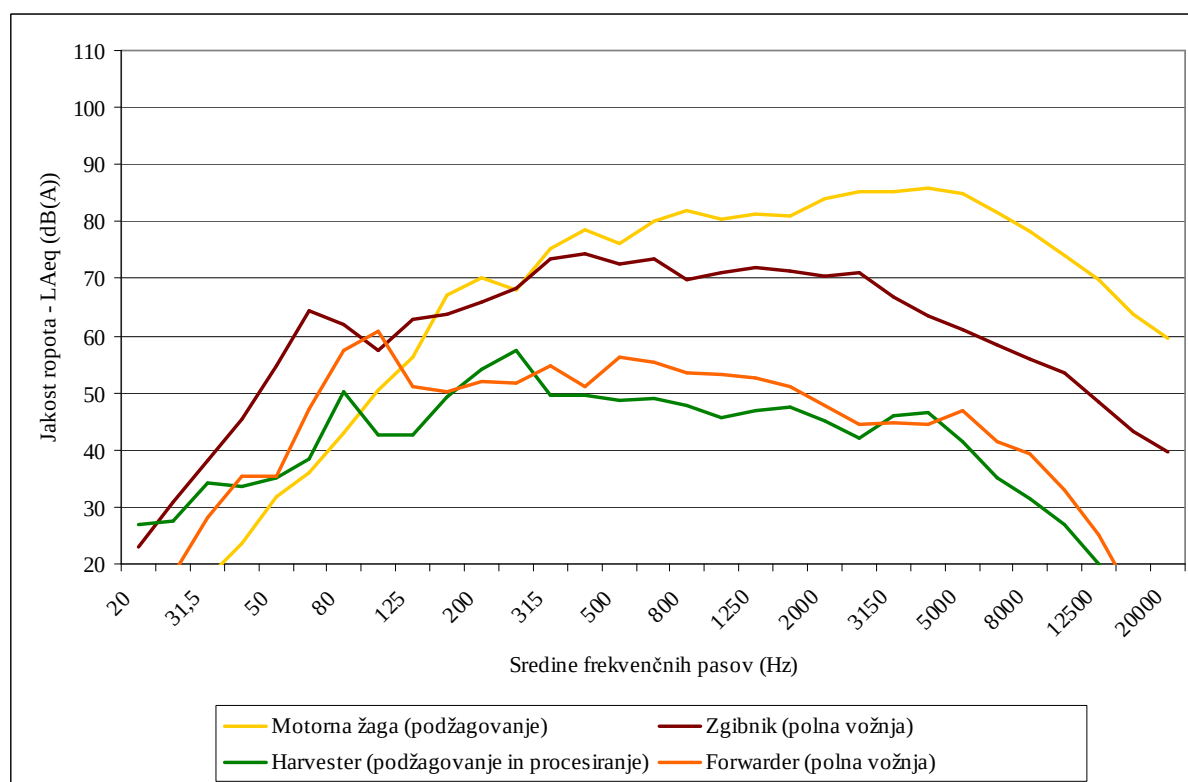
Po kazalniku ekvivalentne jakosti ropota se pojavljajo najvišje vrednosti pri glavnem produktivnem času sečnje z motorno žago (od 95,7 dB(A) do 100,9 dB(A)) ter traktorskega spravila lesa – dela izvedena v traktorski kabini (od 86,4 dB(A) do 87,7 dB(A)) najnižje pa pri neproduktivnem času sečnje z motorno žago in delih izvedenih izven traktorja, razen delovnih operacij pomoč sekaču (94,9 dB(A)) ter dodatno krojenje (96 dB(A)). Pri strojni sečnji in spravilu je ekvivalentna jakost ropota produktivnem času najmanjša - forwarder od 65,5 dB(A) do 75,5 dB(A) ter harvester od 63 dB(A) do 68 dB(A).

Korigirana ekvivalentna jakost ropota je še najbolj primerna za ovrednotenje obremenitev z ropotom, saj upošteva impulzivni značaj ropota (LA_{Ieq}) in ekvivalentno jakost ropota. Če impulzivnega nihanja zvoka ni, sta si kazalnika LA_{eq} in LA_{Ieq} enaka s tem pa tudi $LA_{eq.kor}$. Večje kot je impulzivno nihanje zvoka, večja je razlika med ekvivalentno jakostjo ropota ter korigirano ekvivalentno jakostjo ropota. Delovne operacije, pri katerih prihaja do največjih nihanj in nihanja smo opisali že na strani 44, kar povzroča tudi razlike med LA_{eq} in $LA_{eq.kor}$. Ponovno prihaja do najvišjih obremenitev z ropotom v produktivnem času sečnje z motorno žago (od 91,5 dB(A) do 101,95 dB(A)) pri traktorskem spravilu pa od 74,7 dB(A) do 96,6 dB(A). Najnižje korigirane ekvivalentne jakosti ropota pa smo zabeležili pri strojni sečnji in spravilu ki so bile v intervalu od 63,1 dB(A) do 71,7 dB(A).



Slika 18: Primerjava med ekvivalentno jakostjo ropota, impulzivno jakostjo ropota ter ekvivalentno korigirano jakostjo ropota po delovnih operacijah

Iz primerjave frekvenčnih spektrov virov ropota po posameznih delovnih mestih (Slika 19), lahko razberemo, pri katerih frekvencah je posamezno motorno delovno sredstvo za delavca najbolj moteče. Pri nizkih frekvencah (pod 160 Hz) najbolj obremenjujoče deluje zgibnik (najbolj pri 63 Hz) ter harvester (najbolj pri 80 Hz) in forwarder (pri 100 Hz), najmanj pa motorna žaga. Pri visokih frekvencah (nad 160 Hz) pa najbolj obremenjujoča postane motorna žaga – zaradi višjih obratov motorja, najbolj pri frekvenci 4000 Hz, sledi pa zgibnik z maksimumom pri 315 Hz. Harvester in forwarder delujeta pod nižjimi obrati kot zgibnik v celotnem območju frekvenčnega spektra. Pri višjih frekvencah harvester doseže vrh pri 250 Hz ter 4000 Hz, forwarder pa pri 315 Hz, 500 Hz ter 5000 Hz. Zaščitna kabina ter ostali ukrepi zmanjševanja ropota pri harvesterju in forwarderju v primerjavi z zgibnikom precej zadušijo ropot v srednjem delu frekvenčnega spektra.



Slika 19: Primerjava frekvenčnih spektrov po virih ropota

6 RAZPRAVA

Kot širši pojem za poimenovanje neprijetnega zvočnega valovanja stroka navaja izraz hrup. V gozdarstvu pa tudi po do sedanjih objavah uporabljajo izraz ropot (Lipoglavšek in Kumer, 1998). Problem ropota zajema več znanosti, med njimi so gozdarstvo, strojništvo, medicina dela, ki se vsaka na svojem področju ukvarjajo s prepoznavanjem, diagnosticiranjem, preprečevanjem in odpravljanjem težav, ki jih povzroča ropot na delovnem mestu.

V preteklosti je bilo pri gozdarskih delavcih ugotovljenih veliko okvar sluha, kot posledica izpostavljenosti prekomernemu ropotu. Zato je pomembno, da se osebna varovalna oprema in ostali ukrepi za zmanjševanja vplivov ropota dosledno upoštevajo, za kar je po Zakonu o varnosti in zdravju pri delu (1999) odgovoren delodajalec. Poleg obveznosti iz zakona pa pravilnik (Pravilnik o varovanju ..., 2006) določa, da je v primeru preseganja opozorilnih vrednosti delodajalec dolžan izdelati in izvesti program tehničnih in/ali organizacijskih ukrepov, s katerimi zmanjšamo izpostavljenosti delavcev ropotu na delovnem mestu. V diplomski nalogi smo tako izvedli analizo jakosti ropota, ki služi ugotavljanju obremenjenosti delavcev z ropotom, nato pa glede na pravilnik (Pravilnik o varovanju ..., 2006) oblikujemo ustrezne ukrepe.

Rezultati raziskave so pokazali, da se najvišje konične jakosti ropota pojavljajo pri sečnji brez uporabe motorne žage med delovno operacijo klinjenje in naganjanje (137,3 dB(C)). Glede na dosedanje raziskave smo dobili nižjo vrednost konične jakosti ropota, saj Obranovič (2010) ugotavlja konične jakosti ropota do 142,1 dB(C) – zlaganje vej, pri klinjenju in naganjanju je ugotovil vrednost 133,8 dB(C), Poje (2011) pa ugotavlja vrednost konične jakosti ropota do 139,4 dB(C) ravno pri naganjanju, kleščanje pa še presega to vrednost. Največjo vrednost konične jakosti ropota pri uporabi motorne žage pa smo opazili pri podžagovanju (133,1 dB(C)), podobno vrednost pri tej delovni operaciji ugotavljata tudi Poje (2011) (133,9 dB(C)) in Obranovič (2010) pri nepravilni tehniki dela (128 dB(C)). Pri spravilu lesa sta avtorja Poje (2011) in Žunič (2010) ugotovila, da je traktorist v enakem traktorju, kot smo ga uporabili v naši raziskavi - Timberjack 240C, obremenjen v glavnem produktivnem času do 123 dB(C), kar lepo sovпада tudi z našimi ugotovitvami. V produktivnem času smo ugotovili vrednosti konične jakosti ropota do 122,9 dB(C) - rampanje, sledi prazna vožnja (121,8 dB(C)), polna vožnja in premik na skladišču s 119,9 dB(C) ter 119 dB(C).

Konična jakost zvočnega tlaka se pri harvesterju giblje od 104,5 dB(C) do 112,22 dB(C). Najvišja konična jakost se pojavi pri podžagovanju in procesiranju. Glede na dosedanje raziskave lahko vidimo, da so na Slovaškem na harvesterju FMG 990 Lokomo (Messingerova in sod., 2005) ugotovili povprečno konično jakost ropota 116,3 dB(C). Konična jakost zvočnega tlaka je pri forwarderju v intervalu od 106,6 dB(C) do 119 dB(C), najvišje konične jakosti ropota se pojavljajo pri delovni operaciji nalaganje (119 dB(C)), kar bi lahko bila posledica udarcev sortimentov ob železno konstrukcijo kesona. Pri istem tipu forwarderja so na Slovaškem (Messingerova in sod., 2005) zabeležili maksimalno konično jakost 131,6 dB(C).

Iz rezultatov lahko povzamemo, da do najvišjih trenutnih jakosti ropota prihaja kot posledica raznih udarcev oz. pokov. Pri sečnji z motorno žago tako do najvišjih trenutnih jakosti prihaja kot posledica udarcev sekire na naganjalni klin, ali pa pri polni moči motorja. Traktorist se za razliko od sekača nahaja v kabini ali pa dlje od izvora ropota, tako, da je tudi manj izpostavljen koničnim jakostim ropota. Pri sečnji s harvesterjem ter spravilu s forwarderjem ne prihaja do prevelikih koničnih jakosti ropota – izpostavimo lahko le spravilo s forwarderjem, kjer prihaja do najvišjih koničnih jakosti ropota pri nalaganju, kar bi lahko bila posledica udarcev sortimentov ob železno konstrukcijo kesona.

V splošnem so se v produktivnem času sečnje z motorno žago vrednosti impulzivnega ropota gibale od 96,01 dB(A) do 108,6 dB(A). Trenutna jakost ropota – impulzivni ropot je bil ponovno najvišji pri klinjenju in naganjanju (108,6 dB(A)), sledi podžagovanje (103,9 dB(A)). V primerjavi z raziskavami smo dobili pri klinjenju in naganjanju najvišjo vrednost impulzivnega ropota saj je znašala kar 108,6 dB(A), Obranovič (2010) 101,6 dB(A) in Poje (2011) 105,3 dB(A). Avtorja v raziskavah ugotavljata jakosti impulzivnega ropota od 65,5 dB(A) do 103,4 dB(A) – Obranovič, Poje pa od 64,1 dB(A) – prihod, do 105,3 dB(A) pri naganjanju.

Največje variabilnosti jakosti ropota (razlika med LAeq in LAIeq) pri sečnji z motorno žago smo zaznali pri delovni operaciji klinjenje in naganjanje (11,8 dB(A)) ter pri zastoju zaradi delovnih sredstev (5 dB(A)). Pri ostalih delavnih operacijah sečnje z motorno žago so razlike manjše od 4 dB(A), po večini pa tudi manjše od 2 dB(A). Pri glavnem produktivnem času klasične sečnje in spravila lesa prihaja do najnižjih odstopanj med LAIeq ter LAeq. Kot

vidimo, prihaja do največjih impulzivnih jakosti ropota kot posledica raznih udarcev – pri sečnji z motorno žago so to udarci sekire.

Impulzivni ropot pri traktorskem spravilu je znašal od 77 dB(A) do 97,4 dB(A). Najbolj obremenjujoča za delavca je bila delovna operacija pomoč sekaču, sledi pa ji dodatno krojenje 96,5 dB(A). Delovne operacije izvedene iz traktorja so imele impulzivni ropot v razmaku od 88 dB(A) do 90,1 dB(A), izven traktorja pa od 77 dB(A) do 82,8 dB(A). Ugotovitve glede na kazalnik LA_{Ieq} se skladajo z dosedanjimi raziskavami, ugotovili pa smo nekoliko nižje vrednosti impulzivnega ropota saj Žunič (2010) ugotavlja vrednosti do 94,9 dB(A). Pri traktorskem spravilu prihaja do največjih razlik med LA_{Ieq} ter LA_{Ieq} pri opravih izvedenih izven traktorske kabine pri delovnih operacijah razvlačevanje vrvi (8,96 dB(A)), odvezovanje (6,52 dB(A)) ter zastoj zaradi delovnih sredstev (5,85 dB(A)). Opazimo, da pri traktorskemu spravilu največja nihanja impulzivne jakosti ropota povzročajo udarci verižnih zank ter hlodov v kamenje.

Strojnik harvesterja je bil z impulzivno vrednostjo ropota najbolj obremenjen pri premiku stroja s 74,4 dB(A) (verjetno zaradi nenadnega povečanja obratov), na Slovaškem (Messingerova in sod., 2005) pa so v raziskavi na harvesterju FMG ugotovili maksimalno vrednost LA_{Ieq} 73,8 dB(A), kar je nekoliko nižje kot pri naši raziskavi. Zanimivo, da prihaja pri strojni sečnji do najvišjih nihanj impulzivne jakosti ropota, saj je pri vseh opravih strojne sečnje in spravila lesa razlika med LA_{Ieq} ter LA_{Ieq} večja od 2 dB(A). Najvišje razlike med LA_{Ieq} ter LA_{Ieq} se na splošno pojavljajo pri harvesterju, saj se pri vseh delovnih operacijah pojavljajo razlike od 5 dB(A) do 8,6 dB(A), najvišja razlika pa je bila opažena pri delovni operaciji premik stroja. V primerjavi z delom z motorno žago ki je po kazalniku LA_{Ieq} dosegla vrednosti od 65,6 dB do 103,4 dB pa je delo s harvesterjem zelo tiho in z ropotom neobremenjujoče za strojnika, sploh če primerjamo podžagovanje in kleščenje (motorna žaga) ter podžagovanje in procesiranje (harvester).

Impulzivna jakost ropota se je pri forwarderju gibala od 62,8 dB(A) do 69,7 dB(A). Največja jakost je bila zabeležena pri polni in prazni vožnji, 69,7 dB(A) oz. 68,8 dB(A). V raziskavi na Slovaškem (Messingerova et. al., 2005: 83) je impulzivni ropot dosegel jakost 77,4 dB(A), kar pomeni, da smo v naši raziskavi dobili nižje vrednosti impulzivnega ropota, kljub temu, da smo uporabili popolnoma enak stroj (John Deere 1110). Pri spravilu s forwarderjem so nihanja med LA_{Ieq} ter LA_{Ieq} nižja kot pri harvesterju ter višja kot pri glavnem produktivnem

času sečnje in spravila lesa. Nihanja se pri vseh delovnih operacijah gibljejo med 2,4 dB(A) ter 5,5 dB(A), najvišje nihanje pa se pojavi pri polni vožnji. Največje impulzivne jakosti ropota so pri strojni sečnji in spravilu verjetno posledica udarcev sortimentov (nakladanje, razkladanje), drobljenja vej (procesiranje) ali popravil med zastoji (menjava verige).

Pri motorni žagi, traktorju, harvesterju ali forwarderju pri najvišjih obratih ne prihaja do najvišjih impulzivnih nihanj, povzroči pa jih nenadno povečanje obratov. Najvišje impulzivne jakosti ropota imajo vzrok pri motorni žagi podoben kot najvišje vrednosti LCpeak (naganjanje), pri traktorskemu spravilu največja nihanja impulzivne jakosti ropota povzročajo udarci verižnih zank ter hlodov v kamenje. Največje impulzivne jakosti ropota so pri strojni sečnji in spravilu verjetno posledica udarcev sortimentov (nakladanje, razkladanje), udarcev vej ob nože na procesorski glavi pri obvejevanju, drobljenja vej pri izvajanju gozdnega reda ali pa nenadnega povečanja obratov motorja.

Pri kazalniku ekvivalentne jakosti ropota se pojavljajo najvišje vrednosti pri glavnem produktivnem času sečnje z motorno žago (od 95,7 dB(A) do 100,9 dB(A)) ter traktorskega spravila lesa – dela izvedena v traktorski kabini (od 86,4 dB(A) do 87,7 dB(A)) najnižje pa pri neproduktivnem času sečnje z motorno žago in delih izvedenih izven traktorja, razen delovnih operacij pomoč sekaču (94,9 dB(A)) ter dodatno krojenje (96 dB(A)).

Pri strojni sečnji in spravilu je ekvivalentna jakost ropota v glavnem produktivnem času najmanjša - forwarder od 65,5 dB(A) do 75,5 dB(A) ter harvester od 63 dB(A) do 68 dB(A). Najvišje ekvivalentne jakosti ropota so posledica delovanja motorne žage pod polnim plinom. Podobne vrednosti so dobili tudi v dosedanjih raziskavah. Poje (2011) ugotavlja jakost ropota pri klasični sečnji do 100,4 dB(A) (izdelava zaseka), Obranovič (2010) pa do 101,8 dB(A). Traktorist je najbolj obremenjen v času pomoči sekaču ter dodatnem prežagovanju. Žunič (2010) ugotavlja vrednosti do 99,5 dB(A), Poje pa do 95 dB(A). Na Slovaškem (Messingerova in sod., 2005) so za delovni čas pri harvesterju ugotovili ekvivalentno jakost ropota 70 dB(A), pri istem tipu forwarderja pa so ugotovili vrednosti od 72,9 dB(A) do 77,1 dB(A), kar je lahko posledica drugačnih delavnih razmer.

Korigirana ekvivalentna jakost ropota je še najbolj primerna za ovrednotenje obremenitev z ropotom, saj upošteva impulzivni značaj ropota (LA_{Ieq}) in ekvivalentno jakost ropota. Če impulzivnega nihanja zvoka ni, sta si kazalnika LA_{eq} in LA_{Ieq} enaka s tem pa tudi $LA_{eq.kor}$.

Večje kot je impulzivno nihanje zvoka, večja je razlika med ekvivalentno jakostjo ropota ter korigirano ekvivalentno jakostjo ropota. Najvišje ekvivalentne jakosti ropota so bile izmerjene pri delovnih operacijah, kjer se je uporabljala motorna žaga - od 91,5 dB(A) do 101,95 dB(A), kar vse presega mejne vrednosti (Pravilnik o varovanju ..., 2006). V neproduktivnem času pa smo zabeležili korigirano ekvivalentno jakost ropota od 67,3 dB(A) do 92,2 dB(A). Glede na dosedanje raziskave smo dobili primerljive rezultate. Pri naši obdelavi smo dobili vrednosti $L_{Aeq.kor}$ v intervalu od 67,3 dB(A) do 101,95 dB(A), Obranovič (2010) v intervalu od 60,2 dB(A) do 101,8 dB(A), kjer so imele najvišjo vrednost delovne operacije podžagovanje, kleščenje, prežagovanje ter izdelava zaseka; Poje (2011) pa od 61,4 dB(A) do 101 dB(A), kjer sta imeli najvišjo vrednost izdelava zaseka ter podžagovanje.

Pri traktorskem spravilu je kazalnik $L_{Aeq.kor}$ v intervalu od 74,7 dB(A) do 96,6 dB(A). Tako kot pri vseh ostalih kazalnikih je tudi pri korigirani ekvivalentni jakosti ropota najbolj obremenjujoča delovna operacija pomoč sekaču in dodatno krojenje, 96,6 dB(A) oz. 95,6 dB(A). Pri delih izvedenih iz kabine je razpon kazalnika $L_{Aeq.kor}$ od 86,9 dB(A) do 89,2 dB(A). Pri delih izvedenih izven kabine pa znaša kazalnik $L_{Aeq.kor}$ od 70 dB(A) do 79,7 dB(A). Žunič (2010) za traktor Timberjack 240 C ugotavlja naslednje povprečne vrednosti $L_{Aeq.kor}$: glavni produktivni čas (89 dB(A)), pomožni produktivni čas (86 dB(A)) ter za neproduktivni čas 83 dB(A). Poje (2011) pa navaja pri istem tipu traktorja maksimalni ropot v kabini po kazalniku $L_{Aeq.kor}$ med 89 ter 93 dB(A), kar je nekoliko več kot pri naših meritvah. Pri delih izvedenih izven kabine pa ugotavlja vrednosti med 79 dB(A) in 88 dB(A). Žunič (2010) pri traktorju John Deere 6220 je v delovnem času ugotovil ekvivalentno jakost ropota, ki ni presegala spodnje opozorilne vrednosti glede na pravilnik (Pravilnik o varovanju ..., 2006) in je znašala 78,46 dB(A).

Pri harvesterju prihaja do najvišjih obremenitev pri premiku stroja (71 dB(A)). Ugotovljena obremenitev strojnika znaša v produktivnem času 68,5 dB(A). Korigirana ekvivalentna jakost ropota za forwarder je v intervalu od 64,7 dB(A) do 71,7 dB(A). V raziskavah pri harvesterju in forwarderju nismo zasledili analize ropota po kazalniku $L_{Aeq.kor}$, tako da dobljenih vrednosti ne moremo primerjati, so pa vse obremenitve z ropotom zelo nizke (v produktivnem času so jakosti $L_{Aeq.kor}$ tolikšne kot pri sečnji z motorno žago ter pri traktorskem spravilu lesa v neproduktivnem času).

Pri analizi frekvenc ugotavljamo razlike emitiranja ropota delovnih sredstev, načinom delovanja (mirovanje, polna moč), delovnim časom (neproduktivni, produktivni), ter v katerem območju (nizke ali visoke frekvence) je ropot najbolj problematičen.

Pri frekvenčnem spektru brez uporabe motorne žage najbolj odstopa delovna operacija klinjenje in naganjanje, ki povzroča največjo jakost ropota med 2500 Hz in 5000 Hz vrh pa doseže pri frekvenci 3150 Hz. Motorna žaga presega mejo 80 dB(A) in to v frekvenčnem območju od 630 Hz do 8000 Hz, največje obremenitve z ropotom pa so za motorno žago značilne v frekvenčnem območju od 400 Hz do 4000 Hz, najbolj problematična pa je ravno frekvenca 4000 Hz, ki tudi po dosedanjih raziskavah velja za frekvenčno sredino pri kateri obstaja največja možnost okvar sluha (Tunay in Melemetz, 2008).

V dosedanjih raziskavah so ugotovili, da ropot pri motornih žagah povzročajo predvsem trije viri: izpuh, žagalni deli in uplinjač. Najbolj neugodno je sesanje zraka, ker ima najvišje frekvence ropota, kjer je človek najbolj občutljiv. (Lipoglavšek in Kumer, 1998). Poje (2011) pa pri klinjenju oz. naganjanju opazi značilne obremenitve s hrupom v visokofrekvenčnem območju med 6300 in 8000 Hz. Za motorno žago med delovanjem pa je ugotovil podobno sliko frekvenčnega spektra kot smo jo ugotovili v naši raziskavi.

Frekvenčna analiza ropota pri delovnih operacijah izvedenih iz traktorja (obremenjen motor) kaže na podoben frekvenčni spekter delovnih operacij, katerih slika je posledica ropota traktorskega motorja. Prvi maksimum se pojavi pri 63 Hz. Nato pa pri višjih frekvencah okoli 315 Hz ter 2500 Hz.

Pri delovnih operacijah opravljenih izven traktorja razlikujemo frekvenčni spekter, ki pripada delovanju motorne žage (dodatno krojenje in pomoč sekaču) od spektrov, ki pripadajo delovnim operacijam, pri katerih motorna žaga ni bila uporabljena. Zabeležili smo dva vrha, prvega pri 31,5 Hz ter drugega pri 63 Hz, ki sta verjetno posledica delovanja motorne žage v prostem teku. Traktor pa je imel pri nizkih frekvencah tudi dva lokalna maksimuma, prvega pri 40 Hz in drugega pri 80 Hz. Obremenitve z ropotom pri nižjih frekvencah so lahko posledica ropota traktorja ali motorne žage v prostem teku. Pri razvlačevanju, vezanju, odvezovanju in zastoju zaradi delavnih sredstev se pri frekvenci 16000 Hz jakost ropota nekoliko poveča, kar bi lahko pripisali ropotu verižnih zank. Frekvenčni spekter za delovno operacijo odvezovanje je pri nižjih frekvencah podoben spektru dodatno krojenje, kar bi lahko

pripisali emisijam ropota motorne žage v prostem teku, pri višjih frekvencah pa dobi obliko, ki jo povzročajo emisije traktorja v prostem teku. Obratno pa je frekvenčni spekter pri delovni operaciji pomoč sekaču pri nizkih frekvencah podoben emisijam traktorja v prostem teku, pri višjih frekvencah pa dobi obliko, ki jo povzročajo emisije motorne žage pod obrati, le da je jakost ropota pri teh frekvencah nekoliko nižja, kar lahko pripišemo rahli oddaljenosti traktorista od sekača ki je upravljal z motorno žago.

Pri dosedanjih frekvenčnih analizah so ugotovili, da večina traktorjev povzroča za razliko od motorne žage najmočnejši ropot pri nizkih frekvencah, zelo pomemben je vpliv pod 125 Hz (Poje, 2011). Podobno smo ugotovili tudi mi. Frekvenčni spekter ropota pri zgibnikih je najmočnejši pri 63 Hz, kjer krivulje dosežejo prvi vrh (Lipoglavšek, Kumer, 1998). Pri doktorski disertaciji (Poje, 2011) je avtor dobil podobne oblike spektrov in ugotavlja, da se v tem območju pojavljata dva lokalna maksimuma, prvi pri 40 Hz, drugi pa pri 80 Hz, kar je identično kot v naši raziskavi. Pri razvlačevanju, vezanju, odvezovanju in zastoju zaradi delavnih sredstev Poje (2011) ugotovi, da se pri frekvenci 16000 Hz jakost ropota nekoliko poveča, kar bi lahko pripisali ropotu verižnih zank, kar smo pri visokih frekvencah opazili tudi mi.

V frekvenčnem spektru ropota pri delu s harvesterjem (Slika 13), lahko opazimo podobno frekvenčno sliko jakosti ropota pri delovnih operacijah, ki so posledica ropota motorja, ko je strojnik v zaščitni kabini. Pri nižjih frekvencah se prvi vrh pojavi pri 31,5 Hz, drugi pa pri 80 Hz. Največja jakost ropota pa se pojavi pri frekvenci 250 Hz, kjer krivulje dosežejo vrh, nato pa še pri 630 Hz, 1600 Hz ter 4000 Hz. Ker se maksimumi po delovnih operacijah pojavijo pri istih frekvencah, lahko sklepamo, da harvester več ali manj deluje pri vseh delovnih operacijah s konstantnimi obrati motorja.

Slika frekvenčnega spektra za forwarder pokaže, da imata polna in prazna vožnja prvi maksimum pri 40 Hz, drugega pri 100 Hz, pri teh delovnih operacijah je bila tudi jakost ropota najmočnejša. Svoj spekter ima delovna operacija premik, pri katerem gre očitno za kratkotrajno povečanje obratov motorja, saj drugi maksimum pri nizkih obratih doseže pri 80 Hz, jakost zvoka pa je manjša kot pri polni in prazni vožnji. Od ostalih dveh oblik pa se loči tudi frekvenčni spekter delovnih operacij nakladanja in razkladanja, kateri se pri nizkih frekvencah odvijata pri najnižjih obratih motorja, saj drugi vrh dosežeta pri frekvenci 63 Hz.

Forwarder doseže pri visokih frekvencah pri polni in prazni vožnji še najvišje jakosti pri 315 Hz, 500-630 Hz, ter zadnjega pri 5000 Hz.

Iz rezultatov in dosedanjih objav lahko sklepamo, da pri nizkih frekvencah najbolj obremenjujoče deluje zgibnik ter harvester in forwarder, najmanj pa motorna žaga. Pri visokih frekvencah pa najbolj obremenjujoča postane motorna žaga – zaradi višjih obratov motorja. Opazimo lahko, da imata harvester in forwarder skozi celoten spekter podobno krivuljo – pri vseh sredinah frekvenčnih razredov imata podobno jakost ropota, kar pomeni, da verjetno tehnični ukrepi (zaščitna kabina) močno blažijo jakost ropota pri višjih frekvencah.

Pri analizi frekvenc lahko zaključimo, da je motorna žaga najbolj problematična saj pri njej kot pri edinem motornem delovnem sredstvu sečnje in spravila lesa ekvivalentna jakost ropota presega mejo 80 dB(A) in to v frekvenčnem območju od 630 Hz do 8000 Hz.

Modelne osemurne obremenitve z ropotom po delovnih mestih kažejo, da je z ropotom najbolj obremenjen delavec pri delu z motorno žago (95,63 dB(A)), sledi traktorist (83,84 dB(A)), strojnik harvesterja (68,2 dB(A)) ter strojnik forwarderja (66,89 dB(A)). Glede na dosedanje raziskave smo dobili nižje vrednosti dnevnih obremenitev, saj Poje (2011) pri sečnji z motorno žago za delovni čas ugotavlja LAeq,kor 96,1 dB(A), Obranovič (2010) pa nad 98 dB(A) pri pravilni in nepravilni tehniki dela. S traktorjem Timberjack 240 C ugotavljata Žunič (2010) dnevno obremenitev 89,76 dB(A) ter Poje (2011) 93,4 dB(A). Pri harvesterju so ugotovili dnevno obremenjenost (Messingerova in sod., 2005) glede na LAeq 69,9 dB(A) pri forwarderju pa 74 dB(A) vendar so to vrednosti ekvivalentne jakosti ropota, mi pa smo dnevno obremenitev računali z ekvivalentno korigirano jakostjo ropota.

Maksimalna trenutna jakost ropota je najbolj problematična pri sečnji z motorno žago, kjer doseže vrednost 137,3 dB(C) ter tako presega zgornjo opozorilno vrednost – 137 dB(C) glede na pravilnik (Pravilnik o varovanju ..., 2006). Pri ostalih delavnih sredstvih maksimalne trenutne jakosti ropota ne povzročajo preobremenitev, saj so pod spodnjo opozorilno mejo, ki znaša 135 dB(C) in dosegajo naslednje vrednosti; delo s traktorjem 122,95 dB(C), delo s harvesterjem 127,28 dB(C), delo s forwarderjem 119,07 dB(C).

Iz rezultatov lahko zaključimo, da smo glede na dosedanje raziskave dobili pri vseh delovnih sredstvih in opravilih nižje obremenitve z ropotom. Kljub temu pa so pri sečnji z motorno

žago, zaradi presežene opozorilne vrednosti dnevne izpostavljenosti in pri traktorskem spravilu lesa zaradi preseženih mejnih vrednosti glede na pravilnik (Pravilnik o varovanju ..., 2006) obvezna uporaba osebne varovalne opreme za zaščito sluha.

Predlagani ukrepi za zmanjševanje hrupa so:

- Posodobitev delovnih sredstev. Novi traktorji in motorne žage povzročajo veliko nižje obremenitve z ropotom. Tako npr. zgibnik Timberjack 240 C letnik 2001 v delovnem času povzroča ropot glede na LAeq.kor 84,61 dB(A), prilagojen kmetijski traktor John Deere 6220 letnik 2008 pa le 78,46 dB(A).
- Zmanjšanje sil, ki vzbujajo nihanje in posledično ropot. Tako predvidevamo, da je pri naganjanju ustrezneje uporabiti klin, pri katerem bi se sproščale nižje jakosti ropota.
- Pravilna montaža, redno vzdrževanje in mazanje. S tem zmanjšamo sile trenja in posledično prenašanje le-teh na material in med materialom (kar se odrazi kot ropot).
- Poskrbeti moramo za periodičen nadzor nad delovnim okoljem ter zdravstveni nadzor zaposlenih.
- S sredstvi za osebno varnost. Kjer ni možno izvesti preostalih ukrepov nam preostane le uporaba glušnikov in ušesnih čepkov. Pri uporabi le-teh, je pomembna izbira materiala, ki sestavlja blazinico glušnikov. Za dušenje ropota pri višjih frekvencah (delo z motorno žago) mora biti blazinica glušnikov polnjena s peno, za dušenje ropota pri nizkih frekvencah (delo s traktorjem) pa mora biti polnjena s silikonom.
- Poleg glušnikov obremenitev z ropotom za približno 5 dB(A) zmanjša že uporaba zaščitne čelade, saj zvok prehaja tudi prek lobanjskih kosti. (Tustin in inglis, 1971)
- Dodatna ukrepa za zmanjševanje obremenitev sekača z ropotom sta nastavitve in redno vzdrževanje uplinjača. (Lipoglavšek, 1994)
- Skupinsko delo sekača in traktorista zmanjšuje težavnost dela in povečuje produktivnost. Vzrok za zmanjšanje težavnosti dela je v večjem deležu neproduktivnega časa sekača zaradi čakanja na traktorista, ki ga sekač izkoristi za odmor. (Lipoglavšek, 1992)

Pri motorni žagi nam za zmanjševanje jakosti ropota za enkrat preostanejo le sredstva za osebno varnost (obvezna na območju predpisanega mejnega hrupa – nad 85 dB(A), priporočljivo pa bi jih bilo uporabljati že pri hrupu nad 80 dB(A). Pri manjših preseganjih mejnih vrednosti lahko delavci uporabljajo ušesne čepke (zmanjšajo hrup za 15 dB(A)), če pa je jakost hrupa večja od 95 dB(A), niso več primerni. V našem primeru bi traktorist lahko uporabljal ušesne čepke, razen pri delovni operaciji pomoč sekaču, kjer bi moral zaradi večje

jakosti ropota uporabljati glušnike, ki bolje dušijo ropot (povprečno 27 dB). Pri harvesterju in forwarderju pa so po naših ugotovitvah uspešni tehnični ukrepi zmanjševanja hrupa pri izvoru in na poti k sprejemniku, tako da delavci ne potrebujejo osebnih varoval sluha.

V 20. stoletju je bilo pri sečnji in spravilu več problemov zaradi neustrezne uporabe varnostne opreme, večjih zvočnih emisij virov ropota - delovnih sredstev. Danes lahko vidimo, da je še vedno najbolj problematično delovno mesto sekača, saj so obremenitve z ropotom nanj tolikšne, da mora uporabljati varovala sluha. Traktorist je najbolj obremenjen pri delovnih operacijah pomoč sekaču, v splošnem pa bi lahko kot varovalo sluha uporabljal ušesne čepke. Lahko pa opazimo, da gre razvoj svojo pot in se s tem obremenitve, ki jih povzroča ropot z leti zmanjšujejo, izjema so le delovne operacije, ki se izvajajo na enak način in z enakimi delovnimi sredstvi kot pred desetletji.

Pri harvesterju in forwarderju ne prihaja do preobremenitev z ropotom pri delu. Zanimivo, da radio ali vključena klima (Messingerova in sod., 2005) povečata ropot v kabini za povprečno nekaj manj kot 4 dB(A), to pa pomeni malenkost več kot enkratno povečano obremenitev z ropotom na delavca (enkratna povečana jakost znaša 3 dB(A)).

7 SKLEPI

Problem ropota na posameznih delavnih mestih bomo strnili z odgovori na postavljene hipoteze:

1. Obremenitve delavca z ropotom so največje pri delih, kjer se uporablja motorna žaga.

V naši nalogi, kot tudi pri prejšnjih raziskavah smo prišli do enakih zaključkov. Pri sečnji z motorno žago je prihajalo v celotnem delovnem času do največjih koničnih, ekvivalentnih in impulzivnih jakosti ropota. Prav tako je do največjih vrednosti pri traktorskem spravilu prihajalo ravno pri delovnih operacijah, kjer je traktorist uporabljal motorno žago (pomoč sekaču, dodatno krojenje). Hipoteza je potrjena.

2. Spravilo s traktorjem deluje obremenjujoče na delavca in presega dovoljene vrednosti ropota.

To hipotezo nam potrdi dnevna obremenjenost. Opazimo pa, da za razliko od motorne žage (pri vseh delovnih operacijah kjer se uporablja prihaja do preobremenitev) pri traktorskem spravilu ne prihaja do preobremenitev pri vseh delovnih operacijah. To lahko opazimo pri razvlačevanju vrvi ter odvezovanju. V splošnem pa, zaradi pomoči sekaču ter zaradi ropota traktorja pri polnem plinu pri traktorskem spravilu, pride do preobremenjenosti z ropotom. Hipoteza je potrjena.

3. Pri strojni sečnji in spravilu lesa ne prihaja do preobremenitev delavca z ropotom.

Iz rezultatov lahko vidimo, da je dnevna obremenjenost za 10 dB(A) nižja od dopustnih vrednosti. Na nizko obremenjenost kažejo tudi vsi ostali kazalniki po vseh delovnih operacijah. Hipoteza je potrjena.

8 VIRI

Bilban M. 2011. Škodljivi učinki hrupa na zdravje. Delo in varnost.

Čudina M. 2001. Tehnična akustika: merjenje, vrednotenje in zmanjševanje hrupa in vibracij. Ljubljana, Fakulteta za strojništvo.

Husquarna Slovenija. (2011)

<http://www.husqvarna.com/si/landscape-and-groundcare/products/chainsaws/346-xp-triobrake/#specifications>. (18. 8. 2011).

Lipoglavšek M. 1976. Dnevna obremenitev sekača z ropotom motorne žage. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 14: 5-54.

Lipoglavšek M. 1992. Težavnost dela sekačev. (Strokovna in znanstvena dela) Aleksander G. (ur.). Ljubljana, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo, BF, UL: 124 str.

Lipoglavšek M. 1994. Obremenitev sekača z ropotom. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 43: 167-207.

Lipoglavšek M. 1981. Obremenitev delavcev z ropotom pri spravilu lesa. Gozdarski vestnik, 39, 10: 426-434.

Lipoglavšek M., Kumer P. 1998. Humanizacija dela v gozdarstvu: učbenik. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire.

Messingerova V., Martinusova L., Slančik M. 2005. Ergonomic parameters of the work of integrated technologies at timber harvesting. Croatian Journal of Forest Engineering, 26: 79-84.

Obranovič A. 2010. Vpliv tehnike dela na obremenitev sekača z ropotom: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba.

Poje A. 2011. Vplivi delovnega okolja na obremenitev in težavnost dela sekača pri različnih organizacijskih oblikah: doktorska disertacija. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta). Ljubljana, samozaložba.

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

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

Podatki o glušnikih Peltor (2011)

http://www.peltor.se/int/Product.asp?PageNumber=154&ProductCategory_Id=57&Product_Id=88: (18. 8. 2011).

Seixas F., Barbosa R., Rummer R., 1999. Noise level determination in forestry machines. Landwards. 54: 3, 8-13.

Stihl Slovenija. (2011).

http://www.stihl.si/sl/produkti_stihl/motorne_zage/profesionalne_zage/57/ms_361.html. (18. 8. 2011)

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

Tustin J. R., Inglis C. S. 1971. Power saws: A health hazard for the forest worker. New Zeland Journal of forestry, 16, 2: 223-236.

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

Zakon o varnosti in zdravju pri delu. 1999. Ur. l. RS, št. 56/99

Žunič G. 2010. Obremenitev traktorista pri spravilu lesa: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba.

ZAHVALA

Za hitro odzivnost, vse napotke in koristne nasvete pri izdelavi diplomske naloge, se zahvaljujem somentorju, dr. Antonu Pojetu. Prav tako gre zahvala mentorju prof. dr. Igorju Potočniku za končni pregled diplomske naloge, ter doc. dr. Juriju Marenče za recenzijo diplomske naloge.

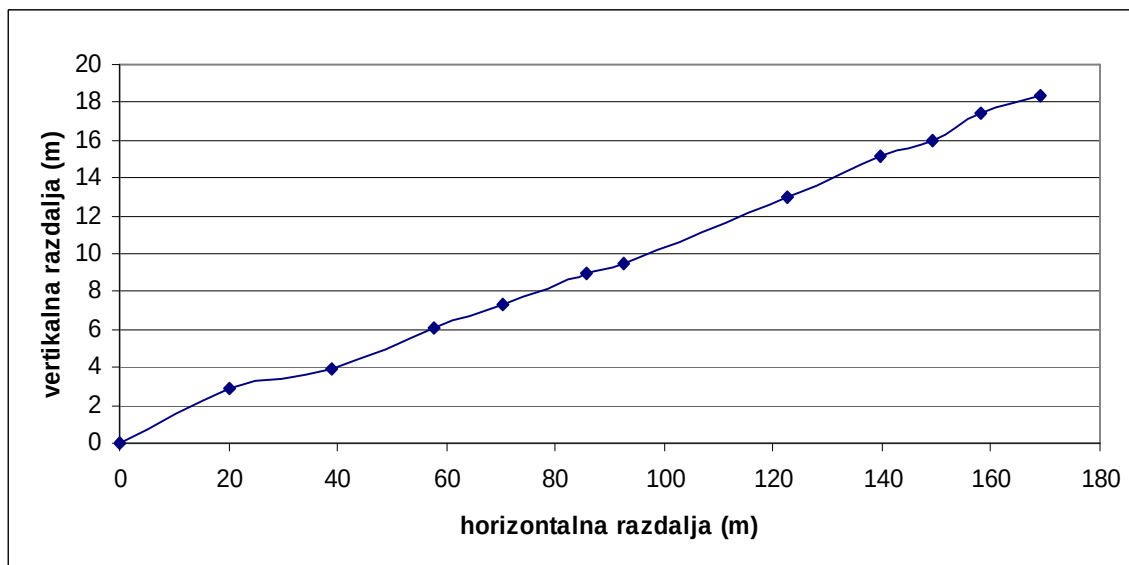
Za hiter tehnični pregled diplomske naloge se zahvaljujem mag. Maji Božič, ter za lektoriranje Urški Kobe.

Zahvaljujem se staršem za omogočen študij in izkazano podporo. Prav tako gre zahvala sošolcem in prijateljem za dobro družbo v času študija.

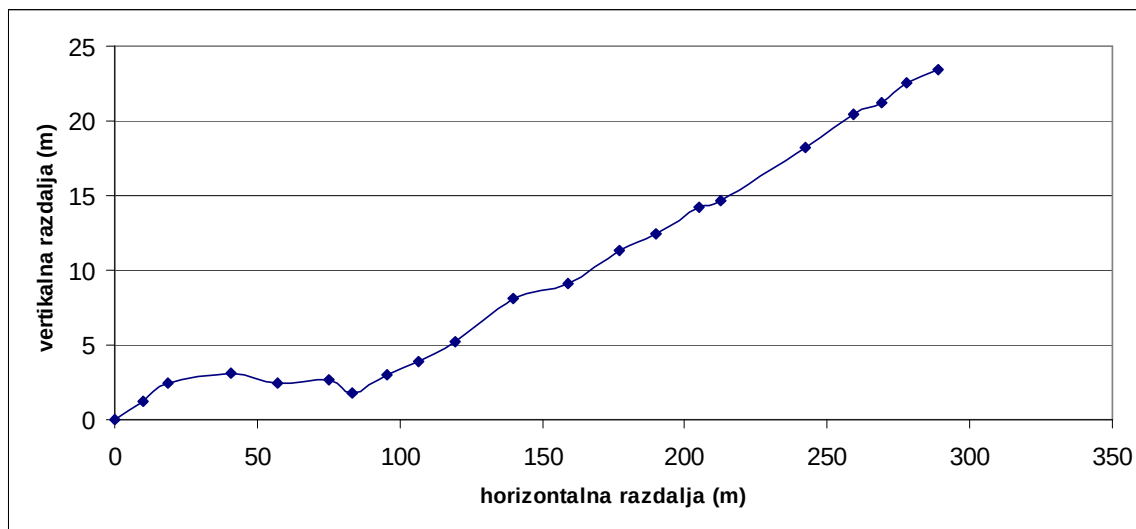
HVALA!

PRILOGE

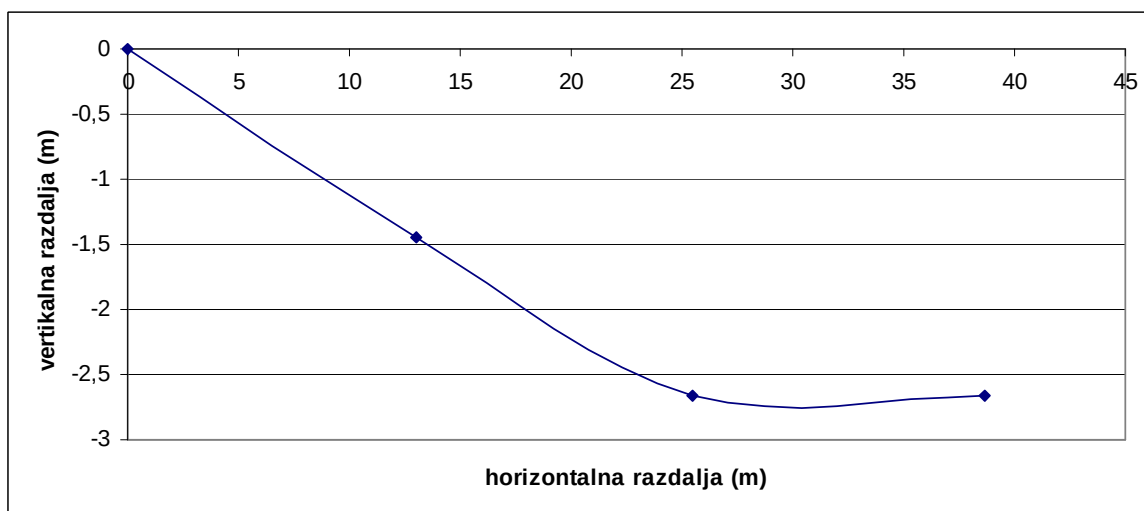
PRILOGA A: Vzдолžni profili vlak (točka s koordinatama (0,0)) predstavlja začetek polne vožnje



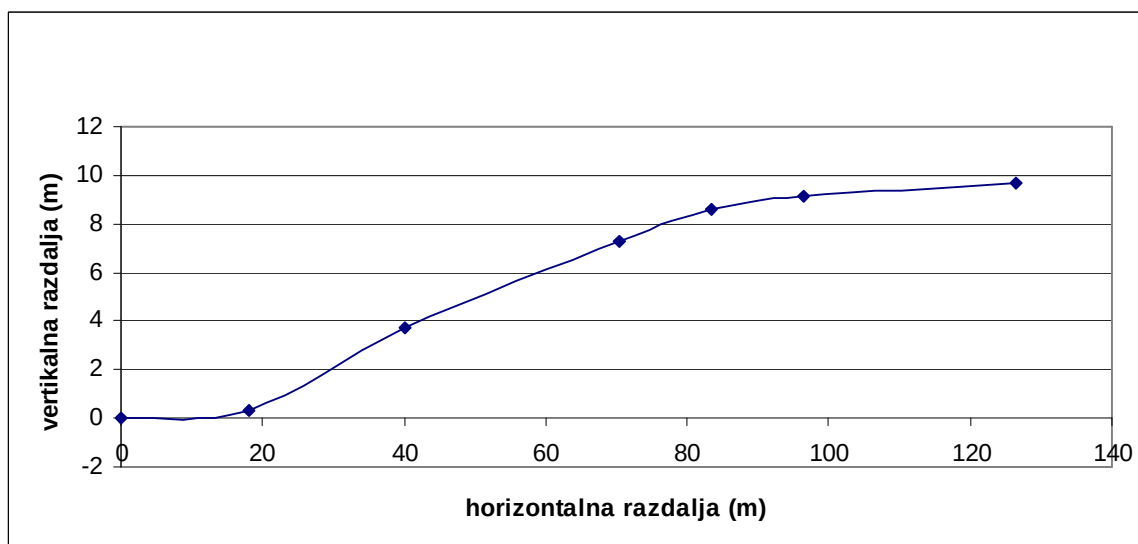
Vzдолžni profil vlake za traktor Timberjack 240 C, cikel 1



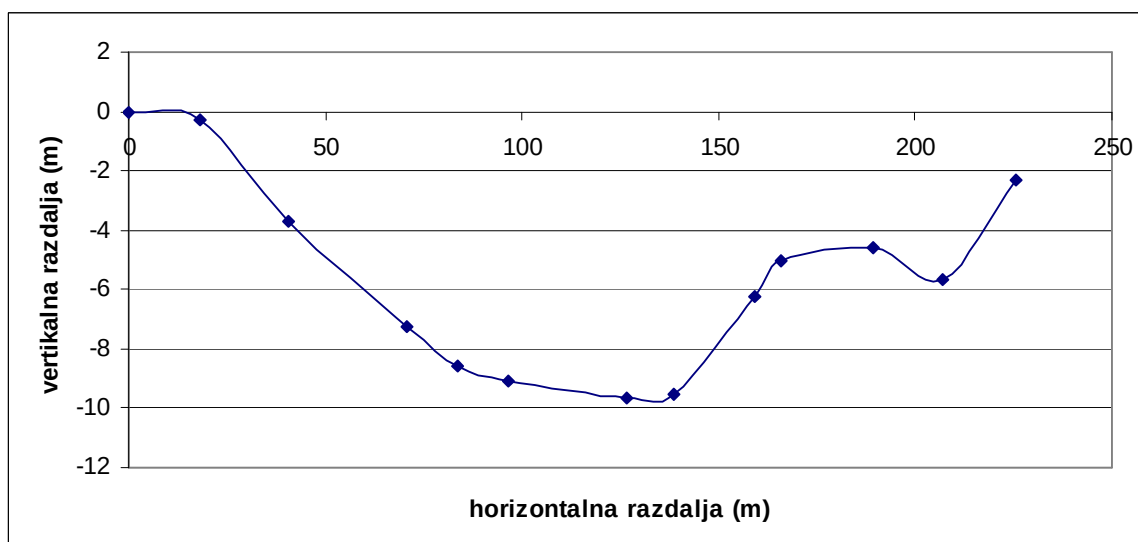
Vzдолžni profil vlake za traktor Timberjack 240 C, cikel 2



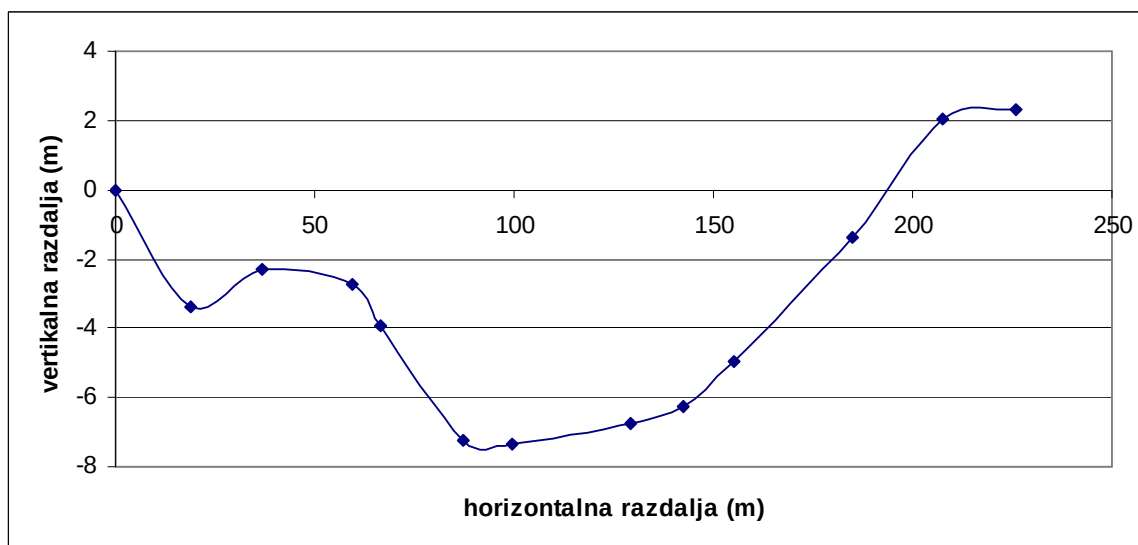
Vzdolžni profil vlake za traktor Timberjack 240 C, cikel 3



Vzdolžni profil vlake za forwarder John Deere 1410 D, cikel 1



Vzdolžni profil vlake za forwarder John Deere 1410 D, cikel 2 (točka (207,-6) označuje začetek polne vožnje, točka (226,-2.3) pa označuje konec polne vožnje)



Vzdolžni profil vlake za forwarder John Deere 1410 D, cikel 3 (točka (155,-5) označuje začetek polne vožnje, točka (207.75,2.04) pa označuje konec polne vožnje)

[illegible]

GGO: _____ GGE: _____

[illegible]

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

Splošni podatki, lastnosti objekta, stroja, delavca ter vremenske razmere	
Splošni podatki	
Datum	
Dan v tednu	
Ura ob začetku snemanja	
Trajanje snemanja	
Lastnosti objekta	
GG območje	
GG enota	
Oddelek	
Odsek	
Tip sestoja	
Skalovitost	
Lastnosti strojnika	
Starost	
Teža	
Telesna višina	
Stan, družina	
Izobrazba	
Delovni staž - skupaj	
Delovni staž – kot strojnik	
Poškodbe	
Obolenja	
Razvade	
Malica	
Osebna varovalna oprema	
Organizacijska oblika dela	
Lastnosti harvesterja	
Vrsta stroja	
Tip stroja	
Moč stroja	
Leto izdelave	
Število obratovalnih ur	
Tip roke	
tip glave	
Vremenske razmere	
Vreme	
Temperatura zraka	
Relativna vlažnost zraka	
Hitrost gibanja zraka	

TRASA: _____

Datum: _____

Ime in priimek: _____

Skupina: _____

List št. _____

[illegible]

POPRAVKI/ERRATA

str. III, LI: namesto 2011 beri 2012
str. III, AI, vrstica 9: namesto 95,6 dB(A) beri 92,5 dB(A)
str. III, AI, vrstica 9: namesto 83,8 dB(A) beri 83,7 dB(A)
str. III, AI, vrstica 12: namesto 68,2 dB(A) beri 68,7 dB(A)

page IV, line 1: instead ND read DN
page IV, line 5: instead SA read AA
page IV, line 6: instead KZ read PP
page IV, line 9: instead LI read PY, instead 2011 read 2012
page IV, line 10: instead IN read TI
page IV, line 11: instead TD read DT
page IV, line 12: instead OP read NO
page IV, line 13: instead IJ read LA
page IV, line 14: instead JI read AL
page IV, line 15: instead AI read AB
page IV, AB, line 7: instead 95,6 dB(A) read 92,5 dB(A)
page IV, AB, line 8: instead 83,8 dB(A) read 83,7 dB(A)
page IV, AB, line 9: instead 68,2 dB(A) read 68,7 dB(A)