

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

Tilen ERJAVEC

**PRIMERJAVA OBREMENITVE SEKAČA Z
ROPOTOM PRI SEČNJI MLAJŠIH SESTOJEV
IGLAVCEV Z AKUMULATORSKO (MAKITA
DUC302Z) IN BENCINSKO MOTORNO ŽAGO
(MAKITA EA320035B)**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij - 1. stopnja

Ljubljana, 2016

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

Tilen ERJAVEC

**PRIMERJAVA OBREMENITVE SEKAČA Z ROPOTOM PRI SEČNJI
MLAJŠIH SESTOJEV IGLAVCEV Z AKUMULATORSKO (MAKITA
DUC302Z) IN BENCINSKO MOTORNO ŽAGO (MAKITA
EA320035B)**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij - 1. stopnja

**NOISE EXPOSURE DURING FELLING OF YOUNGER
CONIFEROUS STANDS WITH A BATTERY (MAKITA DUC302Z)
AND PETROL POWERED CHAINSAW (MAKITA EA320035B)**

B. Sc. THESIS
Academic study Programmes

Ljubljana, 2016

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija prve stopnje Gozdarstvo in obnovljivi gozdni viri. Opravljeno je bilo na Katedri za gozdno tehniko in ekonomiko Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete v Ljubljani.

Komisija za študijska in študentska vprašanja Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF je dne 6. 6. 2016 sprejela temo in za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Igorja Potočnika, za somentorja asist. dr. Antona Pojeta, za recenzenta pa doc. dr. Jurija Marenčeta.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Podpisani/podpisana izjavljam, da je diplomsko delo/magistrsko delo/doktorska disertacija rezultat lastnega raziskovalnega/lastnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Tilen Erjavec

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Du1
DK	GDK 301+302:362(043.2)=163.6
KG	pridobivanje lesa/sečnja/obremenitev z ropotom/bencinska motorna žaga/akumulatorska motorna žaga
KK	
AV	ERJAVEC, Tilen
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	2016
IN	PRIMERJAVA OBREMENITVE SEKAČA Z ROPOTOM PRI SEČNJI MLAJŠIH SESTOJEV IGLAVCEV Z AKUMULATORSKO (MAKITA DUC302Z) IN BENCINSKO MOTORNO ŽAGO (MAKITA EA320035B)
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij - 1. stopnja)
OP	VII, 28 str., 4 pregl., 10 sl., 20 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	

V diplomski nalogi so predstavljeni rezultati raziskave in analize primerjave obremenitve sekača z ropotom pri sečnji mlajših sestojev iglavcev z akumulatorsko (Makita DUC302Z) in bencinsko motorno žago (Makita EA320035B). Delo je potekalo na območju Vrhnike, v GGO Lj, GGE Vrhnika, v mlajših sestojih iglavcev, v katerih so bila drevesa že večinoma posušena. V raziskavo je bil vključen posek 30 dreves, in sicer posek 15 dreves z akumulatorsko in 15 dreves z bencinsko motorno žago. Rezultati raziskave so pokazali, da delo z bencinsko motorno žago povzroča večje obremenitve z ropotom po vseh merjenih kazalnikih in vseh delovnih operacijah. Tako je vrednost LC_{peak} za 2,2 dB(C), vrednost LA_{eq} za 13,2 dB(A), vrednost LA_{eq} za 12,9 dB(A) ter $LA_{eq,kor}$ za 13,1 dB(A) pri delu z bencinsko žago višja kot pri delu z akumulatorsko motorno žago. Kljub temu je ocenjena dnevna izpostavljenost ropotu pri delu z akumulatorsko motorno žago pokazala, da so opozorilne vrednosti, definirane v slovenski zakonodaji, še vedno presežene. Posledično je uporaba glušnikov pri delu z akumulatorsko motorno žago obvezna.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN	Dn
DC	FDC 301+302:362(043.2)=163.6
CX	timber production/wood cutting/noise exposure levels/electric powered chainsaw/petrol powered chainsaw
CC	
AU	ERJAVEC, Tilen
AA	POTOČNIK, Igor (supervisor)/POJE, Anton (co-advisor)
PP	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
PB	University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of forestry and renewable forest resources
PY	2016
TI	NOISE EXPOSURE DURING FELLING OF YOUNGER CONIFEROUS STANDS WITH A BATTERY (MAKITA DUC302Z) AND PETROL POWERED CHAINSAW (MAKITA EA320035B)
DT	B. Sc. thesis (Academic study programmes)
NO	VII, 28 p., 4 tab., 10 fig., 20 ref.
LA	sl
AL	sl/en
AB	

This Graduation thesis, demonstrates the results and analysis of noise exposure during felling of younger coniferous stands with a battery (Makita DUC392Z) and petrol powered chainsaw (Makita EA320035B). The study was done in the Vrhnika region in GGO LJ, GGE Vrhnika, in younger coniferous stands, in which most trees were already dead or dying. A total of 30 Trees were felled in the survey, 15 of these with a battery chainsaw and 15 with a petrol chainsaw. Results show that working with the petrol chainsaw produces increased levels of noise exposure in all measured indicators, and all operation types. The measured value for LC_{peak} was greater for 2,2 dB(C), the value for LAI_{eq} was greater for 13,2 dB(A), the value for LA_{eq} was greater for 12,9 dB(A) and the value for $LA_{eq,kor}$ was greater for 13,1 dB(A) while working with the petrol chainsaw, than with the battery chainsaw. Despite this big discrepancy, the estimated daily noise exposure, caused by the battery chainsaw, still exceeded the upper exposure action value, that are defined within the Slovenian legislation. Consequently the use of protective earmuffs is mandatory.

KAZALO VSEBINE

KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO.....	V
KAZALO PREGLEDNIC.....	VI
KAZALO SLIK.....	VII
1 UVOD	1
2 NAMEN IN HIPOTEZE NALOGE	3
3 DOSEDANJE RAZISKAVE	4
4 METODE DELA	6
4.1 PODATKI O OBMOČJU RAZISKAVE IN SEKAČU	6
4.2 DELOVNA SREDSTVA RAZISKAVE	7
4.3 POTEK TERENSKEGA DELA	9
4.4 METODE RAZISKOVANJA.....	10
5 REZULTATI.....	14
5.1 STRUKTURA ČASA	14
5.2 PRIMERJAVA OBREMENITEV SEKAČA Z ROPOTOM PO DELOVNIH OPERACIJAH.....	15
5.3 OCENE DNEVNE IZPOSTAVLJENOSTI Z ROPOTOM.....	20
5.4 FREKVENČNA ANALIZA ROPOTA MOTORNIH ŽAG	21
6 RAZPRAVA.....	22
7 SKLEP	25
8 VIRI	26

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Specifikacije za Makita EA320035B (bencinska).....	7
Preglednica 2: Specifikacije za Makita DUC302Z (akumulatorska)	8
Preglednica 3: Doseženi učinki dela.....	13
Preglednica 4: Preglednica jakosti ropota za posamezne delovne operacije in obe motorni žagi	19

KAZALO SLIK

Slika 1: Smrekov sestoj vključen v raziskavo (Foto: Erjavec).....	6
Slika 2: Fotografija bencinske motorne žage (Foto: Makita Slovenija).....	7
Slika 3: Fotografija akumulatorske motorne žage (Foto: Makita Slovenija)	8
Slika 4: Položaj mikrofona na desnem glušniku (Foto: Erjavec)	9
Slika 5: Sečnja in izdelava sortimentov (Foto: Erjavec)	10
Slika 6: Struktura delovnega časa sekača pri sečnji z bencinsko žago.....	14
Slika 7: Struktura delovnega časa sekača pri sečnji z akumulatorsko žago	14
Slika 8: Potek obremenitev z ropotom v snemalnem času	16
Slika 9: Primerjava izmerjenih in modelnih (8h) vrednosti jakosti ropota.....	20
Slika 10: Frekvenčna spektra ropota motornih žag	21

1 UVOD

Na trgu se pojavlja čedalje več strojev z električnimi motorji, ki naj bi postopoma zamenjali motorje, kateri uporabljajo za pogon fosilna goriva. Razlog za to so predvsem izpušni plini, ki jih v ozračje spuščajo ti motorji. Pri izpuhu bencinskih motornih žag so najbolj pogosti predvsem ogljikov monoksid, dušikovi oksidi, žveplov dioksid, ogljikovodiki, formaldehid in benzen (Wojczyk in Skarzynski, 2006, Nillson in sod., 1987). Električni motorji so iz tega vidika "čisti", kar je tudi glavni razlog za razvoj le teh. Ta trend je opazen pri vseh vrstah prevoznih sredstev, kot tudi gospodarskih strojih. To velja tudi za gozdarstvo, kjer so se poleg drugih strojev pojavile tudi prve akumulatorske motorne žage.

Motorna žaga je eno izmed najpomembnejših orodij, ki jih sekač vsakodnevno uporablja pri svojem delu. Prve motorne žage so začeli uporabljati že leta 1890, te so seveda imele bencinske motorje. Sprva so bile velike, težke in "pol-prenosljive", potem pa se je njihova oblika razvila v povsem prenosne in izjemno učinkovite naprave (Bizjak, 2007). Motorna žaga delavcu močno olajša delo pri podiranju in kleščenju dreves. Če primerjamo motorno žago z načinom sečnje pred njeno izumitvijo (sekire, ročne žage), lahko ugotovimo, da so učinki pri delu mnogokrat večji.

Poleg pozitivnih lastnosti, ki jih ima uporaba motorne žage na produktivnost dela, pa ima njena uporaba tudi negativne posledice. Najpomembnejše od teh so škodljivi vplivi na zdravje delavca sekača. Potočnik (2009) navaja, da je posledica dolgoletne rabe bencinske motorne žage naglušnost ali celo gluhost. Tudi dosedanje raziskave potrjujejo poškodovanost sluha pri gozdnih delavcih. Tako Fonseca in sod. (2014) ugotavljajo, da imajo delavci, ki pri delu ne uporabljajo zaščitne opreme za varovanje sluha, poškodovan sluh oz. nižji prag slišnosti kot delavci, ki pri delu uporabljajo zaščitno opremo. Poleg vpliva na sluh pa prekomerna izpostavljenost ropotu lahko vpliva tudi na psihično zdravje delavca. Delavci lahko postanejo utrujeni in razdražljivi, počutijo se nelagodno. Pri višjih obremenitvah lahko pride tudi do neskladja delovanja posameznih organskih sistemov, kar pomeni višjo srčno frekvenco, povišan krvni tlak ter povišano raven krvnega sladkorja. Organizem je pri prekomerni obremenitvi z ropotom v tako imenovanem »borbenem stanju

pripravljenosti«, kar pa ga precej izčrpava (Bilban, 2011). Zaradi dolgotrajnih izpostavljenosti rok in dlani tresenju, je v gozdarstvu zelo pogosta bolezen belih prstov, ki vodi do izgube občutka za tip in stisk (Deželak in Plesničar, 2014). Zdravje delavcev ogrožajo tudi izpušni plini, ki jih izločajo bencinski motorji. Nekateri od teh zmanjšujejo učinkovitost delavca (ogljikov monoksid), drugi so lahko celo rakotvorni (benzen) (Dost, 2003). Poleg omenjenih faktorjev je potrebno pri gozdnih delavcih upoštevati še vpliv lesnega prahu v zraku, ki je rezultat dela z motorno žago. Prekomerno vdihavanje tega lahko privede do upada funkcij pljuč, kar pa lahko naprej vodi v kronično omejitev pretoka zraka (Noertjojo in sod., 1996).

Glavna razlika med električnimi (akumulatorskimi) in bencinskimi motornimi žagami, je v motorju. Ker naj bi uporaba akumulatorske motorne žage, v primerjavi z bencinskimi z notranjim izgorevanjem, povzročale manjše obremenitve sekačev z ropotom, smo v diplomski nalogi preverili veljavnost te predpostavke.

2 NAMEN IN HIPOTEZE NALOGE

Namen diplomske naloge je bil ugotoviti in primerjati obremenjenost sekača z ropotom pri delu z akumulatorsko in z bencinsko motorno žago v enakih delovnih razmerah, Časovna študija nam je omogočila, da smo lahko v grobem ocenili razlike v učinkovitosti sečnje ter da smo obremenitve z ropotom primerjali tudi po delovnih operacijah. Rezultati raziskave omogočajo izračun ocene dnevne izpostavljenosti sekača ropotu ter s tem primerjavo s slovensko in evropsko zakonodajo. Poleg naštetega, bodo rezultati pokazali kakšno vlogo bodo imele akumulatorske motorne žage v bližnji prihodnosti v poklicnem gozdarstvu.

Če primerjamo akumulatorsko in bencinsko motorno žago, je glavna razlika med obema v vrsti motorja. Motor pri bencinskih motornih žagah je motor z notranjim izgorevanjem. Pri teh motorjih so eksplozije v batnem prostoru glavni vir hrupa, ki ga emitirajo v prostor. Nasprotno električne motorje poganja elektrika, ki je napogostejše proizvedena v oddaljenih virih. Zaradi odsotnosti eksplozij, ki se pojavljajo v motorjih z notranjim izgorevanjem, so električni motorji praviloma tišji.

Zaradi zgoraj omenjenih razlik med bencinskimi in akumulatorskimi motornimi žagami v diplomski nalogi preizkušamo naslednjo hipotezo:

- Obremenjenost sekača z ropotom pri sečnji mlajših sestojev iglavcev bo pri delu z akumulatorsko motorno žago manjša kot pri delu z bencinsko motorno žago.

3 DOSEDANJE RAZISKAVE

Poje (2011) je v svoji doktorski disertaciji obravnaval vplive delovnega okolja na obremenitev in težavnost sekača pri različnih organizacijskih oblikah dela. Ugotovil je, da ocenjena dnevna izpostavljenost sekača z ropotom pri delu z bencinsko motorno žago (Stihl 361 C BQ) pri klasični sečnji doseže vrednost 95,1 dB(A). $LA_{eq,kor}$ in LC_{peak} obremenitve z ropotom so pri izdelavi zaseka znašale 101,0 dB(A) in 123,7 dB(C), pri podžagovanju 100,2 dB(A) in 133,9 dB(C) ter pri kleščenju 97,9 dB(A) in 128,9 dB(C). Avtor navaja, da obremenitve z ropotom pri delu z bencinsko motorno žago, presegajo 90 dB(A), pri zaseku pa celo 100 dB(A).

V diplomski nalogi je Šenica (2012) raziskoval obremenitev delavcev z ropotom pri sečnji in spravilu lesa. Pri sečnji z bencinsko motorno žago (Stihl MS 361) je preizkušal hipotezo, da je obremenitev delavca z ropotom največja pri delih, kjer se uporablja motorna žaga. Hipotezo je potrdil, saj je pri delovnih operacijah opravljenih z motorno žago prihajalo do največjih koničnih, ekvivalentnih in impulzivnih jakosti ropota. Povprečna jakost ropota pri delu z motorno žago je dosegla 94,05 dB(A). Obremenitve z ropotom ($LA_{eq,kor}$, LC_{peak}) so pri izdelavi zaseka znašale 99,6 dB(A) in 120,6 dB(C), pri podžagovanju 102 dB(A) in 133,1 dB(C) ter pri kleščenju 98,5 dB(A) in 122,2 dB(C).

Vpliv tehnike dela na obremenitev sekača z ropotom je v svoji diplomski nalogi analiziral Obranovič (2010). Pri meritvah je bila uporabljena žaga Husqvarna 346XP. Ugotovil je, da so obremenitve z ropotom največje pri delovnih operacijah, kjer motorna žaga deluje pod polnim plinom (zasek, kleščenje, podžagovanje, prežagovanje). Povprečna jakost ropota ($LA_{eq,kor}$, LC_{peak}) je bila pri pravilni in nepravilni tehniki dela v intervalu od 66,2 dB(A) do 102,6 dB(A) oz. od 87,1 dB(C) do 142,1 dB(C). Pri pravilni tehniki dela, kar je v skladu z našo raziskavo, so obremenitve pri izdelavi zaseka znašale 100,4 dB(A) in 122,9 dB(C), pri podžagovanje 102,6 dB(A) in 123 dB(C) ter pri kleščenju 101,5 dB(A) in 124,1 dB(C).

Lipoglavšek (1976) je v Nemčiji ugotavljal povprečne obremenitve z ropotom v delovnem času pri delu z motorno žago. Uporabljenih je bilo 6 vrst motornih žag treh različnih

proizvajalcev (Stihl, Dolmar, Solo). Dnevna izpostavljenost ropotu je bila izmerjena v intervalu od 91 dB(A) do 103 dB(A), obremenitev z ropotom v produktivnem času pa med 93 dB(A) in 105 dB(A).

Leta 2002 sta v Washingtonu Nietzel in Yost, raziskovala obremenitev gozdnih delavcev s tresenjem in ropotom na 43 delavcih, ki so opravljali različna dela. Po standardu NIOSH (National institute for occupational safety and health) sta za sekače izmerila povprečno jakost ropota 98,4 dB(A), po standardu OSHA (Occupational safety and health administration) pa 95 dB(A).

Z jakostjo ropota motornih žag so se že leta 1963 ukvarjali tudi na Japonskem (Kato, Ohsato, 1963). V raziskavi so uporabili 3 različne motorne žage (HOMELITE-ZIP, McCULLOCH-BP-1 in McCULLOCH-740). V raziskavi izmerjene jakost ropota so bile pri podiranju dreves v intervalu med 116 dB(A) in 116,7 dB(A), pri krojenju pa med 112 dB(A) in 116,5 dB(A). Poleg obremenitev med sečnjo so v raziskavi analizirali faktorje, ki vplivajo na jakost ropota. Med drugim so analizirali vpliv glušnika izpušnega lonca, vpliv eksplozij v batnem sistemu motorja ter vpliv zračnega trenja pri sesanju zraka. Ugotovili so, da vsi trije faktorji vplivajo na jakost ropota. Tako glušnik izpušnega lonca zmanjšuje jakost ropota, eksplozije v batnem sistemu motorja ter sesanje zraka pa jakost ropota povečujejo. Eksplozije v batnem prostoru povečujejo jakost ropota za 20 dB(A).

Dosedanjih raziskav glede obremenjenosti sekača z ropotom pri delu z akumulatorsko motorno žago nismo zasledili. Edine podatke o ropotu, ki ga proizvaja to delovno sredstvo, so podatki, ki nam jih posreduje proizvajalec motorne žage. Več o lastnostnih obeh motornih žag v poglavju Metode dela.

4 METODE DELA

4.1 PODATKI O OBMOČJU RAZISKAVE IN SEKAČU

Delo je potekalo v gozdnogospodarskem območju Ljubljana, gozdnogospodarski enoti Vrhnika, odseku 83B28. Sestoj, v katerem smo opravljali meritve, je bil mlajši sestoj iglavcev oziroma letvenjak (Slika 1). Prsni premeri posekanih dreves so bili med 5 cm in 17 cm, višine dreves pa med 2,6 m in 11,2 metra. Nasad smreke je leta 2014 poškodoval žled, zato je večina dreves imela močno poškodovane krošnje oziroma polomljene vrhače. Skoraj vsa drevesa so bila že popolnoma posušena ali v stadiju odmiranja.



Slika 1: Smrekov sestoj vključen v raziskavo (Foto: Erjavec)

Sekač, na katerem smo izvajali meritve, je bil star 23 let, težak 74 kg ter visok 169 cm. Trenutno študira matematiko na Fakulteti za matematiko in fiziko v Ljubljani, delo sekača pa opravlja že 3 leta kot vir dodatnega prihodka. Nima nobenih posebnih obolenj ali drugih fizičnih deformacij. Med meritvami poleg vode ni zaužil nobene hrane. V času meritev je pri sečnji uporabljal pravilno tehniko dela ter bil opremljen s primerno obutvijo in oblačili.

4.2 DELOVNA SREDSTVA RAZISKAVE

Model bencinske motorne žage je Makita EA320035B, model akumulatorske pa Makita DUC302Z. Obe motorni žagi smo dobili na izposojlo za namene raziskave s podjetja Makita Slovenija (Makita d.o.o., Brnčičeva ulica 49, Ljubljana-Črnuče).



Slika 2: Fotografija bencinske motorne žage (Foto: Makita Slovenija)

Preglednica 1: Specifikacije za Makita EA320035B (bencinska)

Specifikacije za Makita EA320035B	
Vrsta motorja	2-taktni
Dolžina reza (cm)	35
Masa (kg)	4,1
Delovna prostornina (cm ³)	32
Moč KW	1,35
Moč KM	1,84
Razmerje med maso in močjo (kg/kw)	3,00
Ropot: Zvočni tlak (dB(A))	102,6
Ropot: Glasnost (dB(A))	109,8
Vibracije: Zadnji ročaj (m/s ²)	4,8
Vibracije: Sprednji ročaj (m/s ²)	4,8
Korak verige	3/8
Rezervoar za gorivo (l)	0,40
Rezervoar za olje (l)	0,28



Slika 3: Fotografija akumulatorske motorne žage (Foto: Makita Slovenija)

Preglednica 2: Specifikacije za Makita DUC302Z (akumulatorska)

Specifikacije za Makita DUC302Z	
Dolžina reza (cm)	30
Masa (kg)	4,10
Napetost akumulatorja (V)	18+18
Tip akumulatorja	Li-ion
Kapaciteta akumulatorja (Ah)	1,5/3,0/4,0
Ropot: Zvočni tlak (dB(A))	84,4
Ropot: Glasnost (dB(A))	95,4
Vibracije: žaganje (m/s ²)	6,3
Korak verige	3/8

Pri poseku izbranih dreves smo želeli sekača čim bolj izkoristiti, kar pomeni, da smo poskušali s to raziskavo pridobiti čim več uporabnih informacij. Pri sekaču nismo merili le obremenitev z ropotom, merili smo tudi njegovo obremenjenost s tresenjem, porabo energije in volumne posekanih dreves. Poleg tega smo za vsako drevo izdelovali še odrezke, za namene raziskovanja vlažnosti posameznih dreves. V tej nalogi smo uporabili le tiste podatke, ki so ustrezali cilju naloge.

Obremenitve sekača z ropotom smo merili z merilnikom zvoka BRÜEL & KJÆR 2250, nameščenega v nahrbtniku, ki ga je sekač nosil v času meritev. Merilnik je bil s kablom

povezan z mikrofonom BRÜEL & KJAER 4189, ki je bil pritrjen na sekačevo zaščitno čelado oziroma na desni glušnik (Slika 4).



Slika 4: Položaj mikrofona na desnem glušniku (Foto: Erjavec)

4.3 POTEK TERENSKEGA DELA

Meritve smo opravili dne 16. 6. 2016. Vreme je bilo sončno, temperatura je bila v jutranji urah okoli 20 °C. Gozd in sama gozdna tla so bila suha brez vlage. Z delom smo začeli ob 8:00 uri zjutraj. Najprej je sekač pripravil obe motorni žagi za delo. Obe žagi je nabrusil, bencinsko napolnil z gorivom, na akumulatorsko pa pritrdil popolnoma polni bateriji. Prav tako je pred delom obe žagi napolnili z mazivom za verigo, ki je bilo biološko razgradljivo.

V raziskavi je sekač skupno posekal 30 dreves, 15 dreves z akumulatorsko in 15 dreves z bencinsko motorno žago. Drevesa je sekal v skupinah po tri drevesa, kar pomeni, da je bilo skupno 10 skupin dreves. Prva skupina dreves je bila posekala z akumulatorsko, druga skupina z bencinsko in tako izmenično, dokler ni bilo posekanih vseh 10 skupin dreves (slika 5).



Slika 5: Sečnja in izdelava sortimentov (Foto: Erjavec)

Drevesa za posek so bila izbrana vnaprej in označena z barvnim sprejem. Z okularno oceno smo izbirali drevesa tako, da so si bile skupine med seboj po dimenzijah dreves čim bolj podobne. Tako so skupino tvorila dve tanjši in eno debelejšo drevo.

4.4 METODE RAZISKOVANJA

Z merilnikom zvoka smo snemali jakost posnetega ropota s pripadajočimi frekvenčnimi obtežitvami. Snemali smo konično jakost ropota (LC_{peak} v dB(C)), ekvivalentno impulzivno jakost ropota (LAI_{eq} v dB(A)) in ekvivalentno jakost ropota (LA_{eq} v dB(A)). Nato smo iz danih kazalnikov izračunali še korigirano ekvivalentno jakost ropota ($LA_{eq,kor}$ v dB(A)). Korigirano ekvivalentno jakost ropota ($LA_{eq,kor}$) smo izračunali v skladu s Pravilnikom o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu. (2006).

To smo storili na naslednji način: Če je bila razlika med vrednostima LAI_{eq} in LA_{eq} manjša od 2, smo upoštevali vrednost LA_{eq} . Če je razlika večja od 2 in manjša od 6, smo upoštevali LAI_{eq} . Če pa je razlika večja od 6, vrednosti LA_{eq} prištejemo 6 dB(A). Pri tem postopku, je pomembno da sta LA_{eq} in LAI_{eq} merjena sočasno. Za izračun povprečnih

vrednosti za kazalnike LA_{eq} , LAI_{eq} in $LA_{eq,kor}$ po skupinah dreves in delovnih operacijah smo uporabili enačbo 1, medtem ko smo za kazalnik LC_{peak} upoštevali največje vrednosti.

$$\text{Povprečne jakosti ropota} \quad L_y [dB(A)] = 10 \times \log \left(\frac{\sum 10^{0,1 \times L_{yi}} \times t_i}{\sum t_i} \right) \quad \dots (1)$$

L_y kazalniki ropota LA_{eq} , LAI_{eq} , in $LA_{eq,kor}$

L_{yi} i – te vrednosti kazalnikov ropota LA_{eq} , LAI_{eq} , in $LA_{eq,kor}$

t_i trajanje i -tega intervala ($i=1, 2, 3, \dots, n$)

Analize skupnih vrednosti in frekvenčnih spektrov ropota smo opravili s pomočjo programa Microsoft Excel, bolj natančno z vrtilnimi tabelami. Izračunali smo tudi statistične razlike med povprečnimi vrednostmi s pomočjo t-testa, ki ne predvideva homogenosti varianc.

Zaradi relativno majhnega poskusa ter mlajše razvojne faze sestoja smo v času raziskave spremljali obremenitve z ropotom le v produktivnem času, in le med petimi delovnimi operacijami. Nekatere med njimi so bile zaradi kratkotrajnosti združene v večje skupne delovne operacije.

Tako smo produktivni čas razdelili na naslednje delovne operacije:

- priprava sečišča,
- zasek in podžagovanje,
- klešččenje,
- obdelava korenovca,
- prehod,
- krojenje s prežagovanjem.

Ker meritev nismo izvajali celoten delovnik (8 ur), rezultatov ni mogoče neposredno primerjati s slovensko zakonodajo (Pravilnik..., 2006). Zato smo dnevno izpostavljenost $L(EX,8h)$ z ropotom ocenili. Pri tem smo uporabili vrednost faktorja neproduktivnega časa

– v našem primeru 1,52 (Poje 2011), kar je pomenilo, da smo v delovniku upoštevali 315,8 min produktivnega in 164,2 min neproduktivnega časa. Za izračun ocene dnevne izpostavljenosti smo v produktivnem času upoštevali izmerjene vrednosti $L_{Aeq,kor}$ za posamezne motorne žage, za neproduktivni čas pa smo za obremenitev z ropotom predpostavili vrednost 60 dB(A). Za primerjavo rezultatov s slovensko zakonodajo smo upoštevali mejne vrednosti, ki so definirane v Pravilniku o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (2006) in sicer:

a) mejni vrednosti izpostavljenosti:

ločeno za $L(EX,8h) = 87 \text{ dB(A)}$ in $p(\text{peak}) = 200 \text{ Pa}$ (**140 dB(C)** glede na referenčni tlak $20 \mu\text{Pa}$);

b) zgornji opozorilni vrednosti izpostavljenosti:

ločeno za $L(EX,8h) = 85 \text{ dB(A)}$ in $p(\text{peak}) = 140 \text{ Pa}$ (**137 dB(C)** glede na referenčni tlak $20 \mu\text{Pa}$);

c) spodnji opozorilni vrednosti izpostavljenosti:

ločeno za $L(EX,8h) = 80 \text{ dB(A)}$ in $p(\text{peak}) = 112 \text{ Pa}$ (**135 dB(C)** glede na referenčni tlak $20 \mu\text{Pa}$).

4.5 MERITVE UČINKOV

Učinke dela smo merili s prostornino posameznih posekanih in izdelanih dreves. Prostornino posameznega drevesa smo izračunali z uporabo srednjih premerov in dolžin vseh sortimentov, ki so bili izdelani iz drevesa.

V preglednici na naslednji strani (preglednica 3), podajamo izračunane učinke dela za posamezne skupine dreves in skupne učinke po vrstah motornih žag. Z bencinsko motorno žago je sekač obdelal $0,35 \text{ m}^3$ več lesa kot z akumulatorsko žago.

Preglednica 3: Doseženi učinki dela

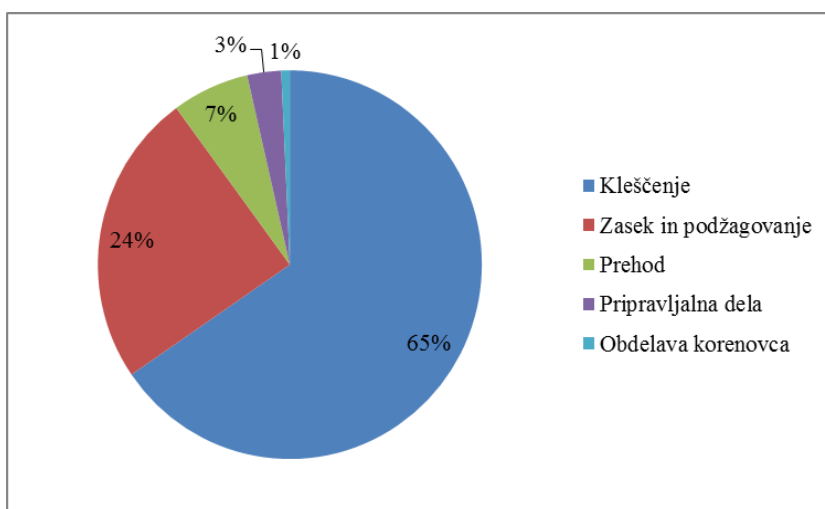
Skupina/tip uporabljene žage (BŽ/AŽ)	Zaporedna številka izdelanega drevesa	Volumen obdelanih dreves (m ³)
1 - BŽ	1,2,3	0,25
2 - AŽ	4,5,6	0,11
3 - BŽ	7,8,9	0,23
4 - AŽ	10,11,12	0,13
5 - BŽ	13,14,15	0,27
6 - AŽ	16,17,18	0,18
7 - BŽ	19,20,21	0,21
8 - AŽ	22,23,24	0,21
9 - BŽ	25,26,27	0,07
10 - AŽ	28,29,30	0,04
Skupaj BŽ		1,03
Skupaj AŽ		0,68

BŽ = Bencinska žaga, AŽ = Akumulatorska žaga

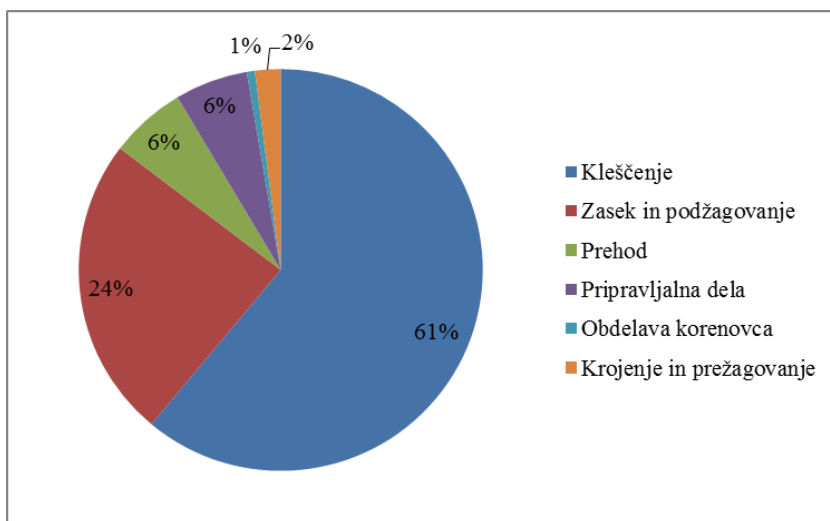
5 REZULTATI

5.1 STRUKTURA ČASA

Celotni delovni čas, v katerem smo izvajali meritve, je trajal 2 uri in 56 minut. Od tega je produktivni čas znašal 1 uro in 13 minut, neproduktivni (zastoj zaradi meritev) pa 1 uro in 43 minut. Zastoja zaradi meritev v analizah in obdelavah nismo upoštevali.



Slika 6: Struktura delovnega časa sekača pri sečnji z bencinsko žago



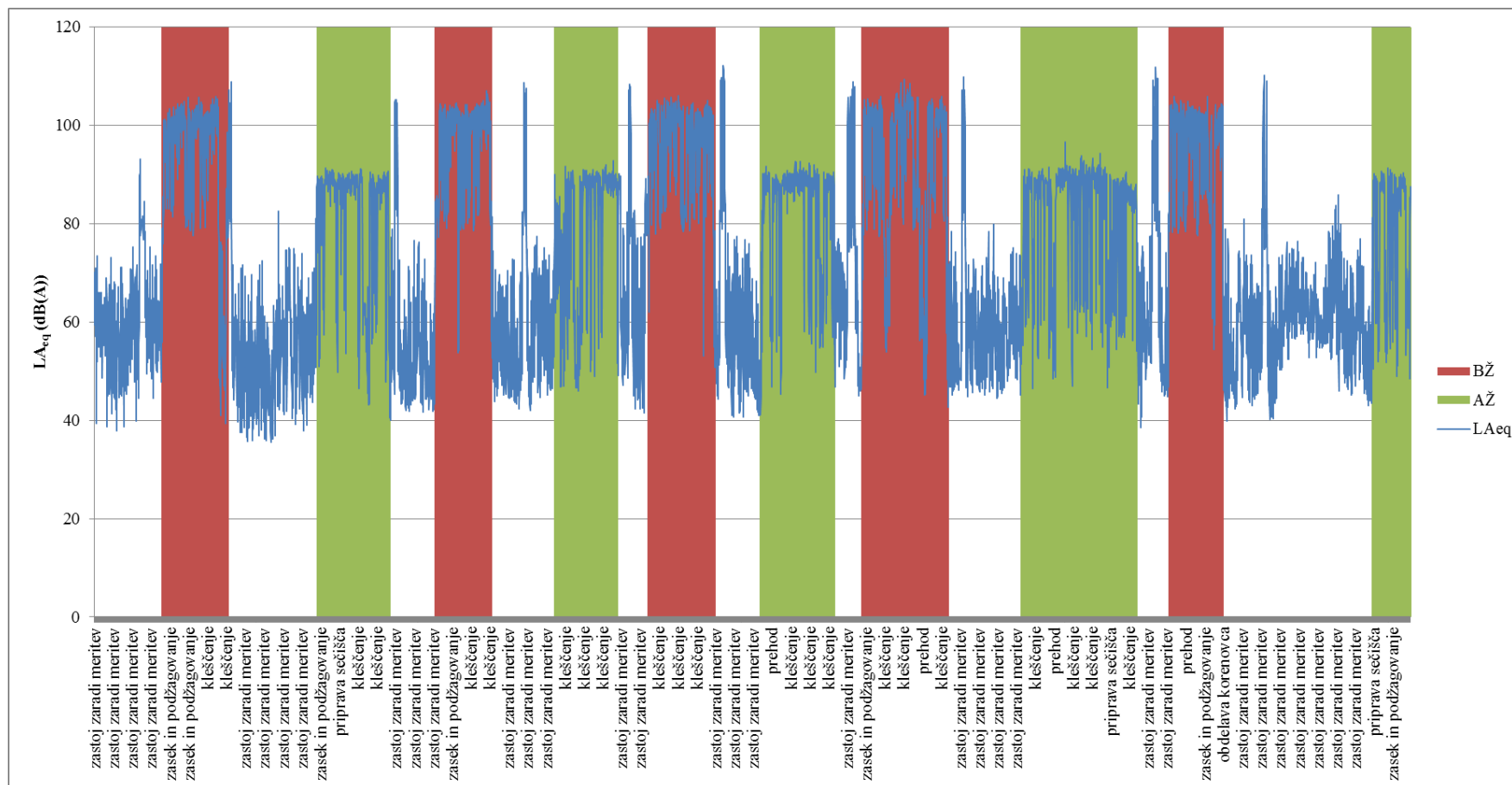
Slika 7: Struktura delovnega časa sekača pri sečnji z akumulatorsko žago

Če primerjamo deleže delovnih operacij pri delu z obema motornima žagama, ugotovimo, da med deleži ni bistvenih razlik (slika 6 in 7). Pri delu z obema vrstama žag močno prevladuje kleščanje, sledita pa mu zasek in podžagovanje. Najmanj dela je sekač porabil za obdelavo korenovca in krojenje s prežagovanjem - razlog za to so predvsem majhne dimenzije dreves, saj pri veliki večini dreves te delovne operacije niti niso bile potrebne.

Za čim bolj korektno primerjavo produktivnosti dela smo primerjali učinkovitost sečnje skupine dreves 7 in 8 (Preglednica 3). V teh dveh skupinah je bil skupni posekani volumen dreves primerljiv med bencinsko in akumulatorsko žago. Posek vseh treh dreves je v skupini 7 trajal 11,6 minut, v skupini 8 pa 15,4 minut, kar pomeni, da je bila produktivnost dela z bencinsko žago v primerjavi z akumulatorsko v razmerju 1,3:1. Če izračunamo produktivnost dela z bencinsko in akumulatorsko žago iz celotne porabe časa (43 min oz. 49 min), je razlika v produktivnosti v razmerju 1,8:1, vendar pa v tem primeru ostane v razliki tudi vpliv premerov dreves. Upoštevati moramo še zakon o kosovnem volumnu, ki govori o tem, da pri istem obdelanem volumnu, pri drevju z manjšimi dimenzijami potrebujemo za obdelavo lesa bistveno dlje časa.

5.2 PRIMERJAVA OBREMENITEV SEKAČA Z ROPOTOM PO DELOVNIH OPERACIJAH

Potek obremenitev z ropotom preko celotnega poskusa prikazujemo s sliko 8. Iz slike je opaznih deset nenadnih sprememb v jakost ropota (prikazana vrednost je LA_{eq} v dB(A)). Te spremembe predstavljajo posek posameznih skupin dreves, po pet skupin za vsako motorno žago. Z rdečo barvo označeni del grafa predstavlja skupine (1,3,5,7,9), kjer je delo potekalo z bencinsko žago, zeleni del grafa pa skupine dreves (2,4,6,8,10), kjer je delo potekalo z akumulatorsko žago. Vmesni del med skupinami, kjer graf ni barvno označen, predstavlja zastoj zaradi meritev. V tem času smo menjali motorne žage ter odžagovali odrezke dreves za namene raziskovanja vlažnosti posameznih dreves. Odžagovanja odrezkov se vidijo na sliki 6, kot kratke, visoke obremenitve z ropotom, kjer je sekač uporabljal lastno bencinsko motorno žago, z večjo prostornino in močjo v primerjavi z bencinsko motorno žago, ki je bila vključena v naši raziskavi.



BŽ = Bencinska žaga, AŽ = Akumulatorska žaga

Slika 8: Potek obremenitev z ropotom v snemalnem času

Pred analizo obremenitev z ropotom po delovnih operacijah (Preglednica 4), je potrebno omeniti, da smo pri izračunu skupnih povprečnih vrednosti jakosti ropota za posamezne motorne žage (glej * v preglednici 4), izločili delovni operaciji prehod in pripravljalna dela. Razlog za to izločitev je v tem, da pri omenjenih delovnih operacijah motorna žaga ni vedno delovala oz. je delovala v nekaterih primerih v drugih pa ne. Tako smo za izračun povprečja upoštevali le delovne operacije glavnega produktivnega časa oz. delovne operacije, kjer je motorna žaga zagotovo delovala, in sicer pri: zaseku in podžagovanju, krojenju s prežagovanjem, obdelavi korenovca in kleščanju. Za LA_{eq} , $LA_{eq,kor}$ in LAI_{eq} jakosti ropota smo izračunali tudi standardne odklone po delovnih operacijah, enako tudi skupno za obe motorni žagi.

Primerjava obremenitev z ropotom med delom z obema raziskovanima žagama (Preglednica 4), je pokazala, da bencinska motorna žaga povzroča večje obremenitve po vseh merjenih kazalnikih. Tako je vrednost LC_{peak} za 2,2 dB(C), vrednost LAI_{eq} za 13,2 dB(A), vrednost LA_{eq} za 12,9 dB(A) ter $LA_{eq,kor}$ za 13,1 dB(A) pri bencinski žagi višja kot pri akumulatorski motorni žagi. Za kazalnik $LA_{eq,kor}$ smo tudi izvedli statistično analizo s t-testom. Ugotovili smo, da so razlike v obremenitvah z ropotom med obema žagama statistično značilne ($t=-30,084$; $df = 21$; $p<0,000$).

Če primerjamo obremenitve z ropotom med delom z obema žagama po delovnih operacijah, ugotovimo, da so tudi v tem primeru obremenitve vedno večje pri delu z bencinsko motorno žago. Razlike v obremenitvah z ropotom se po delovnih operacijah gibljejo za kazalnik LC_{peak} med 2,2 dB(C) in 12,7 dB(C), za LAI_{eq} med 10,9 dB(A) in 16 dB(A), za LA_{eq} med 11,4 dB(A) in 17,5 dB(A) ter za kazalnik $LA_{eq,kor}$ med 11,2 dB(A) in 17,4 dB(A). Največja odstopanja v obremenitvah z ropotom so bila pri prehodu. Glavni razlog je v tem, da akumulatorska žaga proizvaja hrup samo takrat, ko se z njo prežaguje, medtem ko bencinska proizvaja hrup tudi v prostem teku.

S t-testom smo testirali tudi razlike v $LA_{eq,kor}$ obremenitvah z ropotom med kleščanjem in zasekom in podžagovanjem z obema žagama. Razlika v obremenitvah z ropotom med

kleščanjem se je izkazala za statistično značilno ($t=-33,684$, $df=5$, $p<0,000$), enako velja tudi za obremenitve med zasekom in podžagovanjem ($t=-25,305$, $df=7$, $p<0,000$).

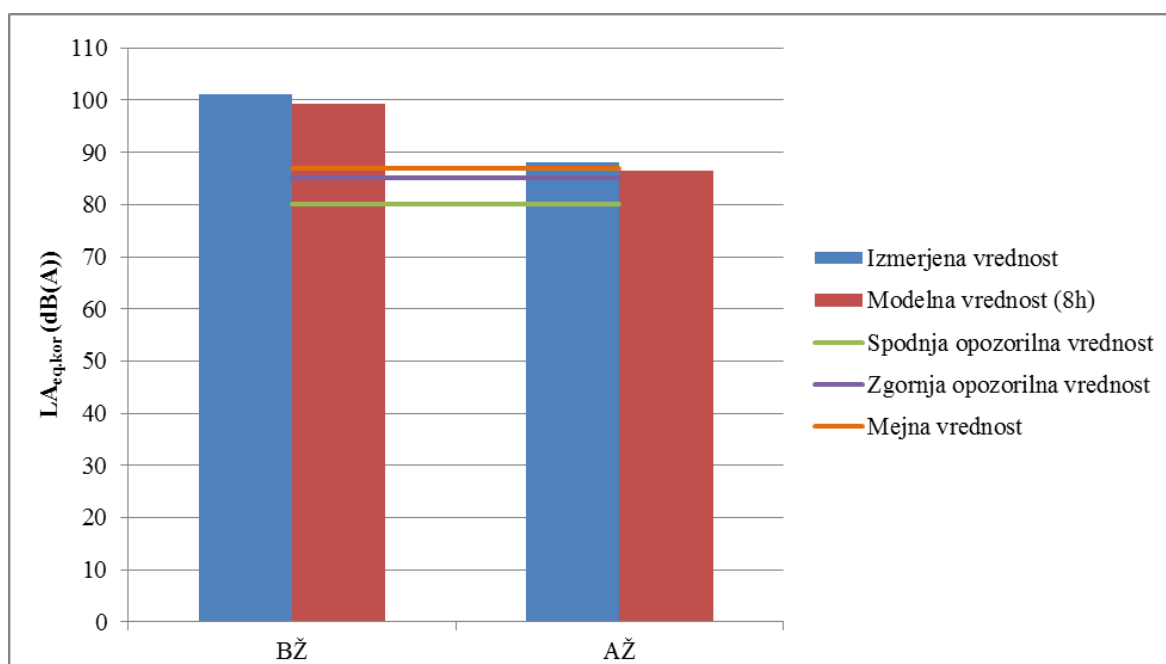
Preglednica 4: Preglednica jakosti ropota za posamezne delovne operacije in obe motorni žagi

Delovna operacija	Število delovnih operacij (N)	LC _{peak} dB(C))	LAI _{eq} (dB(A))		LA _{eq} (dB(A))		LA _{eq,kor} (dB(A))	
		A	A	SD	A	SD	A	SD
Akumulatorska žaga*	12	121,3	88,9	1,1	87,0	1,0	88,1	1,1
Kleščenje	5	121,3	89,7	0,8	87,6	0,7	88,8	0,8
Krojenje z prežagovanjem	1	112,5	89,6	/	87,8	/	88,7	/
Obdelava korenovca	1	106,5	89,2	/	87,5	/	88,3	/
Prehod	5	109,8	78,2	6,3	73,3	10,9	75,3	8,7
Pripravljalna dela	3	113,3	89,4	1,3	86,4	2,4	88,2	1,7
Zasek in podžagovanje	5	117,7	88,0	0,9	86,1	0,8	87,1	1,0
Bencinska žaga*	11	123,5	102,1	0,9	99,9	1,0	101,2	1,0
Kleščenje	5	123,5	102,5	0,3	100,4	0,4	101,7	0,3
Obdelava korenovca	1	118,3	103,8	/	101,9	/	103,0	/
Prehod	5	122,5	94,2	7,6	90,8	9,9	92,7	8,3
Pripravljalna dela	2	118,7	100,3	2,1	97,8	3,1	99,4	2,2
Zasek in podžagovanje	5	121,8	101,3	0,6	99,1	0,5	100,4	0,6

A – povprečna vrednost, SD = standardni odklon

5.3 OCENE DNEVNE IZPOSTAVLJENOSTI Z ROPOTOM

Izračun ocene dnevne izpostavljenosti ropotu je pokazal (slika 9), da dnevna izpostavljenost ropotu pri delu z bencinsko (99,4 dB(A)), kakor tudi z akumulatorsko motorno žago (86,3 dB(A)) presega spodnjo in zgornjo opozorilno mejo definirani v pravilniku (Pravilnik ..., 2006). Posledično je pri delu z obema žagama obvezna uporaba zaščitne opreme za varovanje sluha (glušniki). Če upoštevamo, da delavec pri delu z obema žagama uporablja glušnike, ki v povprečju zmanjšajo obremenitev z ropotom za 27 dB(A) (Šenica, 2012), mejna vrednost dnevne izpostavljenosti ni presežena. LC_{peak} obremenitev z ropotom ne presega niti opozorilnih niti mejne vrednosti dnevne izpostavljenosti.

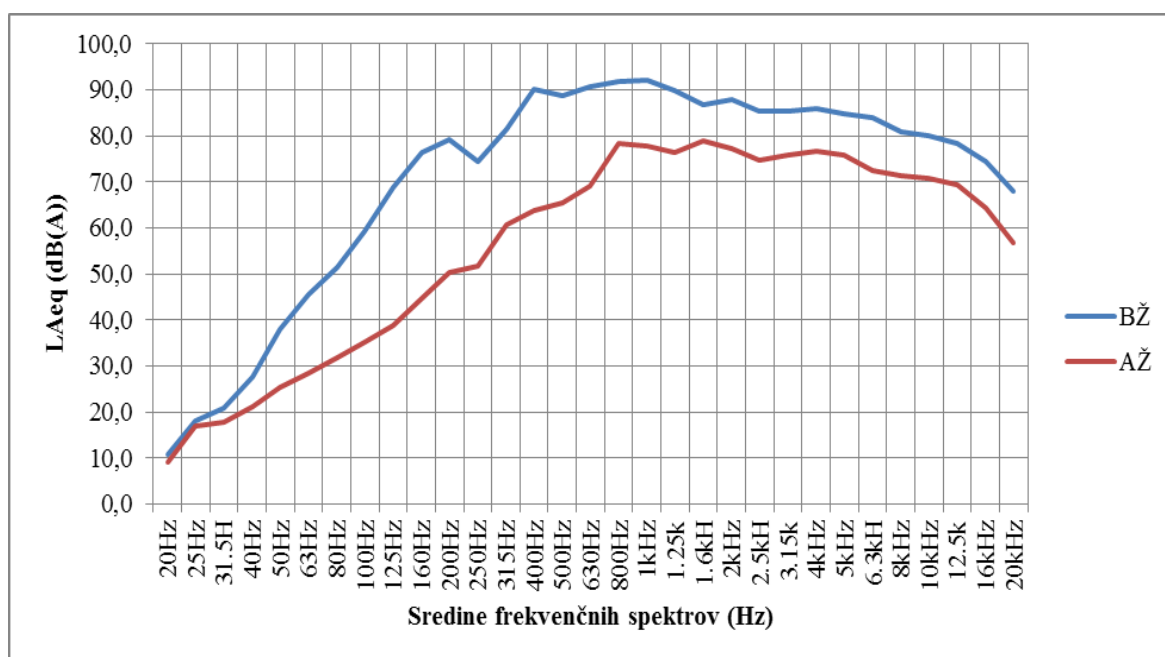


BŽ= bencinska žaga, AŽ = Akumulatorska žaga

Slika 9: Primerjava izmerjenih in modelnih (8h) vrednosti jakosti ropota

5.4 FREKVENČNA ANALIZA ROPOTA MOTORNIH ŽAG

Na sliki 10 sta predstavljena frekvenčna spektra za oba tipa motornih žag. Frekvenčni spekter smo preračunali za glavni produktivni čas, za iste delovne operacije, ki smo jih upoštevali v primerjavi žag za jakost ropota (Preglednica 4). Torej smo izločili prehod in pripravljala dela. Ugotovimo lahko, da so obremenitve pri delu z akumulatorsko žago nižje od obremenitev z bencinsko žago po celotnem frekvenčnem spektru. Na sliki so vidne določene razlike in podobnosti v frekvenčnih spektrih obeh žag. Razlike so največje v frekvenčnih pasovih pod 800 Hz, vzrok za to so najverjetneje razlike v motorjih žag. Podobnosti pa so opazne v frekvenčnih pasovih nad 800 Hz, kar lahko razložimo z podobnostjo v konstrukciji ostalih delov motorne žage, npr. ohišja, meča, verige in držala.



BŽ = Bencinska žaga, AŽ = akumulatorska žaga

Slika 10: Frekvenčna spektra ropota motornih žag

6 RAZPRAVA

Dosedanjih raziskav o obremenjenosti delavca pri delu z akumulatorsko motorno žago nismo zasledili, zato bomo v razpravi najprej primerjali rezultate predvsem z dosedanjimi raziskavami obremenitev pri delu z bencinskimi motornimi žagami.

Če obremenjenost z ropotom pri delu z bencinsko motorno žago primerjamo z dosedanjimi raziskavami, ugotovimo, da so izmerjene LA_{eq} oz. $LA_{eq,kor}$ obremenitve višje (Poje, 2011; Šenica, 2012, Obranovič, 2009) ali nižje (Kato in Ohsato, 1963; Lipoglavšek, 1987); od podobnih študij. Podobno velja tudi za LC_{peak} obremenitve z ropotom.

Tudi primerjave obremenitev ropota po delovnih operacijah, so pokazale, da so obremenitve za $LA_{eq,kor}$ v intervalu obremenitev ugotovljenih v dosedanjih raziskavah (Lipoglavšek, 1987; Obranovič, 2009; Poje, 2011; Šenica, 2012). Večja odstopanja so opazna pri LC_{peak} obremenitvah, kjer so pri zaseku in podžagovanju nekateri avtorji izmerili večjo obremenjenost z ropotom, v nekaterih primerih tudi za več kot 10 dB(C).

Iz primerjave obremenitev z ropotom z dosedanjimi raziskavami lahko zaključimo, da so obremenitve po kazalniku $LA_{eq,kor}$ skladne, oziroma relativno malo odstopajo od do sedaj ugotovljenih obremenitev, medtem ko konične jakosti ropota (LC_{peak}) odstopajo bistveno več. Najverjetnejši razlogi za razlike v obremenitvah izhajajo iz razlik v tehnoloških starostih žag, razlik v delovnih razmerah in organizacijskih oblikah dela ter razlik tehničnih lastnostih žag, kot je na primer prostornina, moč motorja, maksimalna količina možnih obratov in tudi glušnik na izpušnem loncu.

Rezultati raziskave so pokazali, da delo z bencinsko žago povzroča večje obremenitve z ropotom kot delo z akumulatorsko žago po vseh merjenih kazalnikih. Tudi če upoštevamo oceno dnevne obremenjenosti z ropotom, je delo z bencinsko žago veliko bolj škodljivo, saj povzroča za 13,1 dB(A) večjo obremenitev z ropotom kot delo z akumulatorsko žago. Ker dnevna izpostavljenost ropotu pri delu z obema žagama presega spodnjo in zgornjo opozorilno mejo dnevne izpostavljenosti (Pravilnik ..., 2006), mora delodajalec delavcu nujno nuditi zaščitne glušnike, kateri zmanjšujejo obremenjenost z ropotom, delavec pa jih

je dolžan nositi. Poleg uporabe glušnikov lahko obremenitev z ropotom dodatno zmanjšamo tudi z naslednjimi ukrepi:

- redno vzdrževanje motorne žage,
- pravilna nastavitve in vzdrževanje uplinjača na motorni žagi (bencinska),
- če je mogoče, izmenično delo sekača s traktoristom, ali pa menjava dela, z delom, kjer je obremenitev z ropotom nižja,
- uporaba najsodobnejše strojne opreme. Tako na primer rabljene motorne žage povzročajo v povprečju za 0,7 dB(A) večjo obremenitev z ropotom kot nove (Lipoglavšek, 1994).

Če primerjamo učinke dela z obema žagama, ugotovimo, da je delo z bencinsko žago učinkovitejše od dela z akumulatorsko žago. Razlog za to razliko v učinkih verjetno leži v konstrukciji žage, ki je namenjena predvsem arboristom, ter v hitrosti verige in posledično hitrosti prežagovanja. Bencinska žaga ima tako glede na podatke proizvajalca hitrost verige 1134 m/min oz. 18,9 m/s, akumulatorska pa 500 m/min oz. 8,3 m/s (Makita Slovenija, 2016).

Iz rezultatov lahko zaključimo, da ima glede na obremenitev z ropotom, akumulatorska žaga veliko prednost pred bencinsko motorno žago. Vendar ali to tudi pomeni, da bodo akumulatorske žage v bližnji prihodnosti imele večjo vlogo v poklicnem gozdarstvu? Verjetno se to ne bo še kmalu zgodilo, poglavitni razlog za to pa leži v tehnološkem razvoju akumulatorskih baterij. Problem je predvsem v ponovnem polnjenju motorne žage, potem ko smo gorivo oziroma akumulator porabili do konca. Ko nam pri bencinski motorni žagi zmanjka goriva, preprosto ponovno napolnimo rezervoar in pripravljeni smo na ponovno delo. Tako sekač v gozdu potrebuje le rezervoar z gorivno mešanico ter mazivo in je neodvisen od zunanjih virov energije za celoten delovnik. Ko pa energije zmanjka pri akumulatorski žagi, jih je potrebno zamenjati, prazne pa ponovno napolniti z nekim zunanjim virom električne energije. Že iz vsakodnevnih izkušenj s polnjenjem raznih prenosnih električnih naprav se zavedamo, da ponovno polnjenje akumulatorja, traja bistveno dlje kot preprosta dotočitev goriva. Za primer navajamo podatke proizvajalca Husqvarna (2016), ki navaja, da popolnoma izpraznjena 36 voltna Li-ion baterija s

kapaciteto 4,2 Ah, potrebuje 35 min da doseže 80 % napolnjenost. Ena od rešitev za neprekinjeno delo v gozdu je večje število akumulatorjev (npr. 6-8) ali večji akumulator, ki ima 10-kratno kapaciteto ene baterije in se ga nosi v nahrbtniku (Husqvarna, 2016). Prva rešitev je stroškovno zahtevna, saj bi po naši oceni potrebovali 6 do 8 akumulatorjev, druga pa s težo do 7,5 kg predstavlja za delavca dodatno breme in povečuje težavnost dela.

Glede na zgornje ugotovitve smo mnenja, da dokler ne bo prišlo do večjega tehnološkega napredka pri kapaciteti ali hitrosti polnjenja akumulatorskih baterij, akumulatorske motorne žage v poklicnem gozdarstvu ne bodo imele večje vloge. Njihova glavna uporaba je trenutno bolj primerna za manjše lastnike gozdov za delo v mlajših razvojnih fazah.

Po drugi strani pa ima uporaba akumulatorske žage tudi kar nekaj prednosti v primerjavi z uporabo bencinske motorne žage. Glavne prednosti so, kot smo ugotovili v raziskavi, manjša obremenitev sekača z ropotom, odsotnost obremenitev delavca z izpušnimi plini in manjše obremenitve okolja s hrupom. Tako Nillson in sod. (1987) navajajo, da v povprečju izpuh iz bencinske motorne žage vsebuje 20 mg/m³ ogljikovodikov, 0,6 mg/m³ benzena, 0,1 mg/m³ formaldehida, 20 mg/m³ ogljikovega monoksida. Akumulatorska žaga je nadalje najbolj primerna za uporabo na urbanih območjih pri vzdrževanju parkov in mestnega okrasnega drevja ter v bližini šol, bolnišnic in domov za ostarele.

7 SKLEP

V raziskavi smo si postavili hipotezo, da je obremenjenost sekača z ropotom pri sečnji mlajših sestojev iglavcev pri delu z akumulatorsko motorno žago manjša kot pri delu z bencinsko motorno žago. Na podlagi rezultatov lahko zgornjo hipotezo potrdimo, saj smo ugotovili, da je obremenjenost delavca pri delu z akumulatorsko motorno žago nižja med delovnimi operacijami, nižja pa je tudi ocena dnevne izpostavljenosti sekača ropotu. Kljub nižjim vrednostim pa mora sekač pri delu z akumulatorsko motorno žago še vedno obvezno uporabljati osebna varovalna sredstva.

Zaradi še vedno prenizke kapacitete akumulatorjev ter vprašljive uporabe v starejših sestojih, je trenutno uporaba akumulatorskih motornih žag v poklicnem gozdarstvu zelo omejena. Večji potencial ima uporaba te vrste žag v urbanih okoljih, kjer je mogoč dostop do električnega omrežja ter kjer je občutljivost za obremenitev okolja s hrupom bistveno večja.

8 VIRI

Bilban M. 2011. Škodljivi učinki hrupa na zdravje. Delo in varnost, 55: 10-29.

Bizjak P. 2007. Razvoj motornih žag in njihove tehnične izboljšave: diplomsko delo. (Univerza v Lj., BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba.

Deželak F., Plesničar B. 2011. Problematika vibracij rok na delovnih mestih sekačev. Delo in varnost, 49, 1: 28-39

Dost F. 2003. Toxicology and Potential Health Risk of Chemicals that May Be Encountered by Workers Using Forest Vegetation Management Options. Forest Practises Branch BC Ministry of Forests.

Fonseca A., Aghazadeth F., de Hoop C., Ikuma L., Al-Qaisi S. 2015. Effect of noise emitted by forestry equipment on workers hearing. International Journal of Industrial Ergonomics, 46: 105-112.

Husqvarna (USA). 2016.

<http://www.husqvarna.com/us/products/battery/> (27.8.2016).

Kato S., Ohsato S. 1965. An experimental Study on the Noise of Chain Saws. Forestry report, 60: 113-124.

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

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

Makita Slovenija. 2016.

<http://www.makita.si/tool/22010/EA3200S35B.html> (18. 8. 2016)

Makita Slovenija. 2016.

<http://www.makita.si/tool/54129/DUC302Z.html> (17. 8. 2016)

Neitzel R., Yost M. 2002. Task-Based Assessment of Occupational Vibration and Noise Exposures in Forestry Workers. American Industrial Hygiene Association Journal, 63:617-627.

Nilsson C., Lindahl R., Norström A, 1987. Occupational exposure to chain saw exhausts in logging operations. American Industrial Hygiene Association Journal, 48, 2: 99-105.

Noertjojo H., Dimich-Ward H., Peelen S., Kennedy S., Chan-Yeung M. 1996. Western red cedar dust exposure and lung function: a dose-response relationship. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 154/4: 73-968.

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

Potočnik I. 2009. Ergonomija: študijsko gradivo. Ljubljana, BF, 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.

Šenica R. 2012. Obremenitev delavcev z ropotom pri sečnji in spravilu lesa: diplomsko delo. (Univerza v Lj., BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba.

Wojcik K, Skarzynski J. 2006. Emission and composition of exhaust gases by new chain saws produced by Husqvarna and Stihl. *Acta Scientiarum Polonorum, Silvarium Colendarum Ratio et Industria Lignaria*, 5, 2: 147-157

ZAHVALA

Najprej se zahvaljujem somentorju asist. dr. Antonu Pojetu za svetovanje, hitro odzivnost in konkretno pomoč pri diplomski nalogi v obdobju časovne stiske. Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Igorju Potočniku za odobritev naslova ter pregled naloge in doc. dr. Juriju Marenčetu za opravljeno recenzijo diplomske naloge.

Zahvaljujem se lastniku gozda za omogočen potek dela, prav tako se zahvaljujem sekaču U.C.-u

Zahvaljujem se prijatelju. fiziku Mitji Zidarju univ. dipl., za pomoč pri študiju tekom let moje izobrazbe.

Nazadnje se zahvaljujem še staršem za omogočena sredstva za študij, kot tudi za relativno nemoteno omogočanje študija.