

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

Alan OBRANOVIČ

**VPLIV TEHNIKE DELA NA OBREMENITEV
SEKAČA Z ROPOTOM**

Diplomsko delo
Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja

Ljubljana, 2010

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

Alan OBRANOVIČ

**VPLIV TEHNIKE DELA NA OBREMENITEV SEKAČA Z
ROPOTOM**

Diplomsko delo
Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja

IMPACT OF WORK TECHNIQUES ON LUMBERMAN NOISE LOAD

B. Sc. Thesis
(Professional Study Programmes)

Ljubljana, 2010

Diplomsko delo je zaključek visokošolskega študija gozdarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za gozdno tehniko in ekonomiko Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Študijska komisija Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire je za mentorja diplomskega dela imenovala prof.dr. Igorja Potočnika, za somentorja mag. Antona Pojeta.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

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

Alan Obranovič

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dv1
DK	GDK 363.0+302(043.2)=163.6
KG	ropot/ekvivalentna jakost ropota/obremenitev z ropotom/pravilna tehnika dela/nepravilna tehnika dela/delovna operacija/časovna študija
KK	
AV	OBRANOVIČ, Alan
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	2010
IN	VPLIV TEHNIKE DELA NA OBREMENITEV SEKAČA Z ROPOTOM
TD	Diplomsko delo (Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja)
OP	VI, 31 str., 4 pregl., 6 sl., 1. pril., 11 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Namen diplomske naloge je bil ugotoviti ali različna tehnika dela vpliva na obremenitev sekača z ropotom. Glavna hipoteza diplomske naloge je bila, da nepravilna tehnika dela povečuje obremenitev sekača z ropotom. Meritve so potekale na gozdnogospodarskem območju Postojna v gozdnogospodarski enoti Planina, v sestoji smreke s primesjo bukve in jelke. Meritve so se opravile v dveh delih. Prvi dan je sekač uporabljal pravilno, drugi dan pa nepravilno tehniko dela. Vsak dan je izdelal 10 smrekovih dreves. Hkrati z meritvami ropota je potekala tudi časovna študija. Rezultati meritev so pokazali, da med obema tehnikama dela ni bistvenih razlik, večje razlike v obremenitvah sekača z ropotom so se pokazale znotraj posameznih delovnih operacij. Glavna ugotovitev diplomske naloge je, da uporaba nepravilne tehnike dela lahko zelo povečuje obremenitev z ropotom. Pri nekaterih delovnih operacijah je bila jakost ropota pri uporabi nepravilne tehnike dela celo nižja, kar se pripisuje predvsem premajhnemu vzorcu meritev. Modelni izračun obremenitve sekača z ropotom v produktivnem času je pokazal, da je razlika v dnevni obremenitvi, med pravilno in nepravilno tehniko dela le 0,19 dB(A). Kljub temu, pa je potrebno pravilno tehniko dela tudi v prihodnje zagovarjati, saj ima le-ta pozitivne učinke pri varnosti dela, težavnosti dela sekača in zmanjševanju obremenitev kostno-mišičnega sistema.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dv1

DC FDC 363.0+302(043.2)=163.6

CX Noise/equivalent noise strength/noise load/correct work technique/incorrect work technique/working operation/time study

CC

AU OBRANOVIČ, Alan

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

PP SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83

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

PY 2010

TI IMPACT OF WORK TECHNIQUES ON LUMBERMAN NOISE LOAD

DT B. Sc. Thesis (Professional Study Programmes)

NO VI, 31 p., 4 tab., 6 fig., 1 ann., 11 ref.

LA sl

AL sl/en

AB The purpose of the research was to determine how work techniques with different noise levels influence lumberman. The main hypothesis of our graduation thesis was that incorrect work technique negatively affects lumberman with higher noise levels. Measures were taken at Postojna forestry region, at Planina forestry unit, in pine forest, with admixture of beech and fir. The measures were taken in two parts. The first day lumberman was using correct technique and the second day incorrect work technique. Each day 10 pine trees were cut down. Along with the noise measures also time studying was taken. The results of the measures have shown that there are no essential differences between both techniques. Higher differences in noise levels were shown within separate work operations. Thus we have found out that using incorrect work technique can enlarge noise load. At some work operations noise intensity by using the incorrect work technique was even lower, what is above all the consequence of too small research. The model of lumberman noise load in productive time has shown that the difference between correct and incorrect work technique is only 0,19 dB(A). In spite of all that, the correct work technique should be defended, because it has positive affects on safety, on lumberman physical load and on reducing bone-muscular system load.

KAZALO VSEBINE

Ključna dokumentacijska informacija	III
Key words documentation	IV
Kazalo vsebine.....	V
Kazalo preglednic	VI
Kazalo slik	VI
Kazalo prilog	VI
1 UVOD.....	1
2 PREGLED OBJAV	2
3 MATERIAL IN METODE.....	4
3.1 IZBIRA, OGLED IN PRIPRAVA DELOVIŠČA.....	4
3.2 DELAVEC SEKAČ IN DELOVNA OPREMA	5
3.3 MERILNE NAPRAVE	7
3.4 KAZALNIKI OBREMENITVE Z ROPOTOM	8
3.5 POTEK MERITEV	10
3.6 ČASOVNA ŠTUDIJA IN DELOVNE OPERACIJE	12
3.7 PRAVILNA IN NEPRAVILNA TEHNIKA DELA.....	15
3.8 OBDELAVA PODATKOV IN IZRAČUN OBREMENITEV.....	19
4 REZULTATI	21
5 RAZPRAVA.....	26
6 SKLEPI.....	29
7 VIRI.....	30

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Glavne specifikacije motorne žage Husqvarna 346XP	7
Preglednica 2:	Trajanje in jakost ropota po delovnih operacijah glede na tehniko dela	23
Preglednica 3:	Razlike v obremenitvah med nepravilno in pravilno tehniko dela	24
Preglednica 4:	Modelni izračun obremenitve sekača z ropotom	25

KAZALO SLIK

Slika 1:	Oddelek 36a,b in območji poseka.....	5
Slika 2:	Delavec sekač in delovna oprema	6
Slika 3:	Motorna žaga Husqvarna 346XP.....	7
Slika 4:	Nahrbtnik z merilnimi napravami	8
Slika 5:	Pravilna tehnika klešččenja	17
Slika 6:	Nepravilna tehnika izdelave zaseka.....	19

KAZALO PRILOG

Priloga A:	Rezultati statistične obdelave	33
------------	--------------------------------------	----

1 UVOD

V gozdarstvu oziroma podjetjih, ki se profesionalno ukvarjajo s sečnjo in izdelavo ter spravi lomljenih lesnih sortimentov, so za zmanjševanje vplivov škodljivih dejavnikov dela zelo pomembna navodila o pravilni tehniki, ki jih delavcem sekačem in traktoristom predoči bodisi inštruktor varnega dela, bodisi varstveni delavec v podjetju. Pravilne tehnike dela se delavci sekači sicer naučijo že na tečaju za upravljanje z motorno žago. Glavno vprašanje pa je ali pravilno tehniko uporabljajo tudi kasneje v poklicnem času, ko se spopadajo s konkretnimi razmerami na terenu, na katerem opravljajo svoj poklic. Vprašanje je tudi, ali pravilna tehnika dela vpliva na zmanjševanje obremenitev sekača. Domnevamo namreč, da nepravilna tehnika dela povečuje obremenitev sekača z ropotom. Do različnih jakosti obremenitev z ropotom lahko prihaja zaradi različne oddaljenosti motorne žage od slušnih organov. Možne pa so tudi različne obremenitve motorne žage zaradi različne tehnike dela in s tem različne obremenitve sekača z ropotom. Kljub mnogim zdravstvenim okvaram in poškodbam delavcev sekačev in stalnim opozorilom o uporabi pravilne tehnike dela in osebne varovalne opreme, še vedno ne vemo, kako tehnika dela vpliva na obremenitev sekača z ropotom.

2 PREGLED OBJAV

O različnih obremenitvah sekačev pri delu z motorno žago se je v preteklosti ukvarjal predvsem Lipoglavšek (1976, 1994, 1998 ...). Podatke o samem ropotu motornih žag navajajo že proizvajalci, za katere jakost ropota izmerijo preizkuševalne postaje in inštituti. Jakost merijo 70 cm od nosilnega ročaja oziroma v razdalji, ki je ponavadi do sekačevega ušesa, in sicer v treh stanjih obratovanja; pri prostem teku, pri prežagovanju in pri polnem plinu brez obremenitve.

Lipoglavšek in Kumer (1998) sta ropot opisala kot del zvočnega okolja, ki nas sicer vedno obdaja, in sicer tisti del, ki je neugoden in prihaja od delovnih sredstev ali predmetov dela. Hrup pa sta opisala kot nepravilne zvoke v bivalnem okolju ali zvoke, ki od drugod pridejo v naše delovno okolje. Ugotovila sta, da so zvoki v okolju le redko čisti toni, pač pa seštevki najrazličnejših tonov. Ropot so torej po frekvenci, jakosti in trajanju nepravilna, naključna ali stohastična nihanja zraka, ki iz okolja prihajajo do človekovega ušesa. Takim nepravilnim nihanjem nizke jakosti pravimo šumi, višje jakosti pa ropot ali hrup. Če opazujemo samo jakost ropota v času pojavljanja, je ropot lahko impulziven, konstanten ali spremenljiv.

Kljub vsemu, pa je bilo doslej o obremenitvah sekačev z ropotom opravljenih le malo raziskav in še tiste so bile narejene v drugačnih gozdnogospodarskih razmerah in pri drugačnih načinih (tehnologijah) dela (Lipoglavšek, 1994).

Lipoglavšek (1976) je v Nemčiji, pri 7 različnih tehnologijah s celodnevnimi merjenji izmeril obremenitve sekačev z ropotom motornih žag nemških proizvajalcev v tamkajšnjih delovnih razmerah. Pokazali so se specifični vplivi različnih motornih žag in različnih načinov dela na obremenitve sekačev z ropotom. Ugotovil je, da so povprečne obremenitve v delovnem času, odvisno tudi od osebnega načina dela sekača, znašale 91-103 dB(A), v produktivnem času pa od 93-105 dB(A).

Bombosch (1988) je ob proučevanju težavnosti dela posnel tudi obremenitev sekačev z ropotom pri 4 različnih načinih dela. Šlo je za relativno drobno drevje, starosti 30-40 let.

Ugotovil je naslednje obremenitve:

- Izdelava prostorninskega lesa pri prvem redčenju smrekovega drogovnjaka z motorno žago Stihl 024 S: 97,6-100,7 dB(A),
- Izdelava dolgega lesa za nakladalnik pri drugem redčenju borovega drogovnjaka z motorno žago Stihl 034 in 024: 96,5-102,0 dB(A),
- Izdelava bukovega drobnega lesa po debelni metodi v mešanem gozdu listavcev z motorno žago Stihl 028: 101,5 dB(A),
- Izdelava bukovega drobnega lesa po debelni metodi v bukovem sestoju kratkih debel z motorno žago Husqvarna 162: 101 dB(A).

Ugotovil je izrazite dvovrhe porazdelitve ekvivalentnih jakosti ropota po jakostnih razredih širokih 1 dB(A) z maksimumi pri 73-74 dB(A) (tišina) in pri 105-108 dB(A). Maksimalne trenutne obremenitve pa so znašale 112-116 dB(A).

Lipoglavšek (1994) je meril obremenitev sekačev z ropotom na 8 sečiščih v različnih predelih Slovenije. Sekači so uporabljali pretežno motorne žage znamke Husqvarna, tip 266, ki pa so povzročale zaradi različnih nastavitve vplinjača in različnega trajanja uporabe ob ušesu sekača ropot, ki je bil precej različen od tistega, ugotovljenega pri preizkušanju novih motornih žag. Tako je obremenitev sekačev med produktivnim časom znašala od 96 do 104 dB(A) oz. povprečno okoli 100 dB(A), vendar je bila obremenitev zelo različna med posameznimi delovnimi postopki.

Podobne raziskave, ki bi se ukvarjala s preučevanjem vplivov različnih tehnik dela na obremenitev sekačev z ropotom, pa nismo odkrili.

3 MATERIAL IN METODE

3.1 IZBIRA, OGLED IN PRIPRAVA DELOVIŠČA

Za potrebe diplomske naloge smo morali najprej izbrati primerno delovišče. Po pogovoru s pristojnimi na Gozdnem gospodarstvu Postojna so nam le-tej določili del oddelka, ki je bil pripravljen na redčenje. Gre za oddelek 01A36 v gozdnogospodarski enoti Planina, na Postojnskem gozdnogospodarskem območju. V oddelku smo izbrali sestoj močnejšega drogovnjaka smreke s primesjo jelke in bukve. Postojnsko gozdnogospodarsko območje smo izbrali zato, ker smo za potrebe diplomske naloge potrebovali izkušenega inštruktorja sekača iz Srednje gozdarske in lesarske šole Postojna in je organizacijsko gledano izbrano območje zanj bolj primerno. Ogledali smo si drevesa, ki so bila označena za posek in jim s pomočjo GPS naprave določili položaj na terenu, kot opombo pa smo si označili tudi debelinsko stopnjo. Označili smo vsa drevesa v sestoj, 5., 6. in 7. debelinske stopnje. Tako smo dobili uporaben prostorski pregled debelinske strukture označenih dreves za posek (slika 1). Izbrali smo samo drevesa vrste navadna smreka (*Picea abies* (L.) Karsten). Naša naloga je bila izbrati primerno strukturo dreves za posek in kolikor je mogoče enake delovne pogoje za izvedbo poseka. Izbrali smo deset dreves, ki jih je sekač izdelal s pomočjo pravilne tehnike dela in deset dreves za posek z nepravilno tehniko. Drevesa smo označili z zaporednimi številkami od ena do deset. Drevesa za drugi snemalni dan so bila označena prav tako s številkami, vendar so bile le-te podčrtane. Pazili smo, da je bila izbira dreves kolikor se da enaka (enaka debelinska stopnja, razdalja in naklon med drevesi, ...), za oba snemalna dneva. To smo storili zato, ker nismo želeli, da bi značilnosti posameznih dreves in terenske razmere kakorkoli vplivale na dodatno obremenitev delavca sekača in da bi bila vzorca čim bolj podobna. Upoštevali smo tudi vremenske razmere in poskrbeli, da med obema snemalnima dnevoma ni bilo razlik, ki bi pomembno vplivale na obremenitve sekača.

QuickTime™ and a
decompressor
are needed to see this picture.

Slika 1: Oddelek 36a,b in območji poseka

3.2 DELAVEC SEKAČ IN DELOVNA OPREMA

Pri meritvah za diplomsko nalogo je sodeloval izkušeni učitelj praktičnega pouka na Srednji gozdarski in lesarski šoli Postojna, gospod Boris Samec.

Boris Samec je star petdeset let, visok 185 cm in težak 87 kg. Po izobrazbi je gozdarski tehnik. Delovne izkušnje si je nabiral skozi šestnajst letno kariero poklicnega sekača in kasneje traktorista, zadnjih štirinajst let pa opravlja poklic učitelja praktičnega pouka na Srednji gozdarski in lesarski šoli v Postojni. V svojem poklicu je zelo uspešen, saj je s svojimi učenci nastopal na veliko tekmovanjih in osvojil veliko priznanj.



Slika 2: Delavec sekač in delovna oprema

Skozi celoten potek meritev je g. Samec uporabljal motorno žago znamke Husqvarna (tip 346XP s petintrideset centimetrsko letvijo Oregon) (slika 3), ki je v lasti Srednje gozdarske in lesarske šole Postojna. Motorna žaga je stara tri leta in je redno vzdrževana. Starost motorne žage in njena vzdrževanost sta pomembna dejavnika pri ugotavljanju obremenitev sekača z ropotom. Lipoglavšek (1994), namreč navaja, da rabljene motorne žage povzročajo povprečno za 0,7 dB(A) večje dnevne obremenitve kot nove motorne žage istega tipa. Sekač je uporabljal tudi svojo sekuro in plastične kline. Prav tako je vseskozi uporabljal svojo lastno, obvezno varnostno opremo (protivrezne hlače, čevlje, jopič, rokavice) (slika 2). Zaščitno čelado s slušniki in zaščitno mrežico, na katero je pritrjen

precizni mikrofoni za potrebe snemanja ropota, pa je priskrbel Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire.

Preglednica 1: Glavne specifikacije motorne žage Husqvarna 346XP

Prostornina valja	50,1 cm ³
Moč	2,7 kW
Prosti tek	2700 rpm
Maksimalna moč hitrosti	9600 rpm
Prostornina rezervoarja goriva	0,5 l
Prostornina rezervoarja olja	0,28 l
Hitrost verige pri maksimalni moči	18,5 m/s
Primerljiv nivo tresljajev (ahv, eq) Sprednji / zadnji ročaj	2,4 / 3,6 m/s ²
Pritisk hrupa na uporabnikova ušesa	106 dB(A)
Zajamčena moč zvoka, LWA	113 dB(A)
Teža (brez rezalne garniture)	5 kg
Starost	3 leta



Slika 3: Motorna žaga Husqvarna 346XP

3.3 MERILNE NAPRAVE

Delavca sekača smo za potrebe meritev opremili z različnimi instrumenti za merjenje ropota, vibracij in težavnosti dela. Za merjenje ropota je uporabljal posebej prirejeno zaščitno čelado, na kateri je bil pritrjen precizni mikrofoni znamke Bruel & Kjaer 4189.

Precizni mikrofoni so bili pritrjeni 5 cm od desnega ušesa v višini sekačevih oči, usmerjeni proti glavnemu viru ropota, torej motorni žagi. Povezan je bil s kablom z merilno napravo za merjenje ropota Bruel & Kjaer 2250. Merilnik je bil nameščen v posebej za to namenjenem nahrbtniku (slika 4), ki ga je imel sekač na sebi skozi celoten delovni dan. Nahrbtnik je narejen posebej za potrebe različnih raziskav na področju ergonomije v gozdarstvu. Je relativno majhen, lahek in ergonomsko oblikovan, tako da delavca sekača med delom čim manj moti. Vsaka merilna naprava je varno nameščena v svojem predalu. Predal, v katerem je nameščen merilnik za merjenje ropota ima prozorno okno, zato, da je mogoče tudi med samim merjenjem kontrolirati delovanje merilne naprave. Za snemanje vremenskih razmer smo uporabili mobilno vremensko postajo Metrel, ki smo jo postavili ob delovišču.



Slika 4: Nahrtnik z merilnimi napravami

3.4 KAZALNIKI OBREMENITVE Z ROPOTOM

Kar se zakonskih predpisov tiče, je področje varnosti in zdravja pri delu urejeno z Zakonom o varnosti in zdravju pri delu (1999) z dopolnitvijo (2001). Na podlagi zakona je izšel Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (2001). Pravilnik v skladu z Direktivo Evropskega parlamenta in Sveta o minimalnih

zahtevah za varnost in zdravje v zvezi z izpostavljenostjo delavcev fizikalnim dejavnikom (hrup), določa zahteve za varovanje delavcev pred tveganji za varnost in zdravje, ki so ali bi lahko bila posledica izpostavljenosti hrupu, in zlasti pred tveganji za poškodbe sluha. V pravilniku so kot merila za okvaro sluha določene naslednje fizikalne veličine:

- Konična raven zvočnega tlaka, ki smo ga za potrebe diplomske naloge označili z LC_{peak} : maksimalna vrednost C-vrednotenega trenutnega zvočnega tlaka, dB(C),
- Raven dnevne izpostavljenosti $LEX_{(8h)}$: časovno vrednoteno povprečje izpostavljenosti hrupu v času osemurnega delavnika. Raven dnevne izpostavljenosti upošteva vse vrste hrupa pri delu, tudi impulzivni hrup, dB(A),
- Raven tedenske izpostavljenosti $LEX_{(w)}$: časovno vrednoteno povprečje dnevne izpostavljenosti hrupu v času osemurnega delavnika v petdnevem delovnem tednu, dB(A).

Za potrebe diplomske naloge o vplivu tehnike dela na obremenitev sekača z ropotom so pomembni tudi naslednji kazalniki:

- Ekvivalentna jakost ropota L_{ekv} : srednja vrednost jakosti ropota, ki ustreza fiziološkemu učinku nihajočega ropota v odvisnosti od časovnih obdobij in jakosti ropota (Lipoglavšek in Kumer, 1998), dB(A),
- "korigirana" ekvivalentna jakost ropota $L_{\text{ekv.KOR}}$: pri določanju dnevne izpostavljenosti hrupu moramo upoštevati tudi prisotnost impulznega hrupa (LA_{Ieq}). Impulzni značaj hrupa se upošteva na ta način, da se izmerjeni ekvivalentni ravni hrupa prišteje razliko med to izmerjeno ekvivalentno ravniyo hrupa in povprečno ravniyo hrupa, izmerjeno z dinamiko I (Impulse). Razlika se prišteje le tedaj, ko je večja kot 2 dB(A). Če je razlika večja kot 6 dB(A), se prišteje 6 dB(A). Ekvivalentno raven hrupa in povprečno raven hrupa, izmerjeno z dinamiko I (Impulse), je potrebno meriti istočasno (Pravilnik ... , 2006).

V Pravilniku o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu sta predpisani tudi mejni vrednosti izpostavljenosti in opozorilne vrednosti izpostavljenosti v osemurnem delavniku s pripadajočimi koničnimi ravnmi zvočnih tlakov:

- Mejni vrednosti izpostavljenosti: ločeno za $LEX_{(8h)} = 87$ dB(A) in $LC_{\text{peak}} = 200$ Pa (140 dB(C)),

- Zgornji opozorilni vrednosti izpostavljenosti: ločeno za $LEX_{(8h)} = 85 \text{ dB(A)}$ in $LC_{\text{peak}} = 140 \text{ Pa}$ (137 dB(C)),
- Spodnji opozorilni vrednosti izpostavljenosti: ločeno za $LEX_{(8h)} = 80 \text{ dB(A)}$ in $LC_{\text{peak}} = 112 \text{ Pa}$ (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 (Pravilnik ..., 2006).

3.5 POTEK MERITEV

Pred pričetkom meritev, prvi snemalni dan, smo se z inštruktorjem sekačem dogovorili o podrobnostih uporabe pravilne in nepravilne tehnike dela. Za prvi snemalni dan smo izbrali pravilno tehniko dela in jo pred začetkom definirali (poglavje 3.7.). Sekača smo opremili z merilnimi napravami in mu na kratko razložili kako posamezne naprave delujejo.

Merilnik Bruel & Kjaer smo nastavili na opcijo »Fast«, kar pomeni hitro vzorčenje. Vrednosti ekvivalentne jakosti ropota (LA_{eq}) je merilnik zabeležil vsakih 125 mili sekund, torej 8 zabeležk vsako sekundo. Vrednosti, kjer se upošteva tudi prisotnost impulznega hrupa (LA_{Ieq}), je merilnik zabeležil vsakih 35 mili sekund.

Pred pričetkom snemanja obremenitev si je sekač poskusno oprtal nahrbtnik z merilnimi napravami in napravil nekaj korakov ter naredil nekaj značilnih gibov, ki jih uporablja pri sečnji in izdelavi gozdnih lesnih sortimentov. Tako smo skušali ugotoviti ali ga dodatna oprema za potrebe meritev pri gibanju moti. Nahrbtnik in opremo smo nastavili, da je bila za sekača nemoteča. Z asistentom smo prižgali merilne naprave in preverili ali se vsaka izmed njih normalno odziva. Poleg merilnih naprav smo nekaj metrov od središča delovišča postavili tudi mobilno vremensko postajo znamke Metrel. Na znak asistenta smo zagnali štoparice. Hkrati z merjenjem obremenitev sekača je namreč potekala tudi študija časa in merjenje učinkov. Nekaj minut kasneje, ko smo uskladili vse merilne naprave, smo tudi te aktivirali in takrat so se meritve tudi uradno začele. Sledila je minuta za umiritev

sekača in njegovega pulza. Po minuti odmora je sekač začel s preходом do delovišča, kjer je izbral prvo drevo, določil smer podiranja in pričel s podiranjem. Merilne naprave so ves čas, vsako sekundo sekačevega dela beležile različne obremenitve. Sekača smo pri njegovem delu pozorno spremljali, ker je hkrati potekala časovna študija sekačevega dela. Vsakemu sortimentu smo izmerili premer in dolžino za izračun učinkov dela. Vse ugotovitve smo si zapisovali v za to posebej izdelane snemalne liste. Izmerili smo tudi razdaljo med posameznimi drevesi, ki jih je sekač izbiral naključno, vendar je imel na voljo samo deset označenih dreves. Ko je posamezno drevo obdelal je sledila minuta odmora za umiritev. Minuta odmora po vsakem obdelanem drevesu je pomembna zaradi možnosti fizične regeneracije oz. povrnitve sekačevega pulza v izhodiščno stanje, ki pa je odvisen od težavnosti dela in posledično od zmogljivosti sekača. Nekaj trenutkov pred pretekom minute smo ga na to opozorili in nadaljeval je s preходом do naslednjega drevesa. Ko je sekaču v motorni žagi zmanjkalo goriva, si je le-ta vzela odmor zaradi osebnih potreb, večinoma je šlo za pavzo zaradi kajenja. Po koncu odmora je dolil gorivo in olje ter nadaljeval z delom. Čas med odmorom smo izkoristili za pregled delovanja merilnih naprav. Vsak trenutek sekačevega dela je tehnični sodelavec zabeležil z videokamero znamke Sony. Posnetke smo kasneje uporabili za podrobno analizo tehnike sekačevega dela in pregled delovnih operacij za potrebe dokončanja časovne študije. Ko je sekač izdelal vseh deset dreves in opravil še zadnji prehod proti štartni točki, smo istočasno vse merilne naprave izključili in končali z meritvami obremenitev in časovno študijo. Vse merilne naprave smo previdno demontirali in jih pospravili. Z inštruktorjem sekačem smo opravili še zadnji pogovor in se domenili za naslednji snemalni dan, ko bo sečnja in izdelavo opravil z nepravilno tehniko dela.

Med prvim in drugim snemalnim dnevom smo poskrbeli za nekaj dnevni odmor. To smo storili, ker smo se želeli izogniti morebitni preobremenitvi sekača in ker smo želeli, da morebitna preutrujenost ne bi vplivala na rezultate meritev.

Drugi snemalni dan je potekal podobno, vendar s to razliko, da je inštruktor sekač uporabljal nepravilno tehniko dela. Obe tehniki dela sta opisani v poglavju Pravilna in nepravilna tehnika dela. Enako kot prvi snemalni dan, smo tudi drugi snemalni dan hkrati z meritvami obremenitev izvajali časovno študijo in merili učinke sekača, vse skupaj pa

posneli z videokamero. Sekač je ta dan izdelal enajst dreves. Zadnje, enajsto drevo je bilo izdelano zgolj zaradi preizkusa delovanja merilne naprave za merjenje jakosti vibracij.

Vse meritve smo opravili v mesecu aprilu. Vreme je bilo na obeh snemalnih dnevih podobno, s tem smo zagotovili enake delovne pogoje za oba snemalna dneva, s čimer smo preprečili možnost vplivanja vremena na obremenitve sekača in rezultate meritev. Prvo polovico dopoldneva je bilo delno do pretežno oblačno in razmeroma hladno. Okoli enajste ure se je zjasnilo in postalo nekoliko topleje. Povprečne dnevne temperature so bile okoli 8°C, WBGT okoli 7°C, vlaga v zraku je bila 65%. Veter je pihal v povprečju s hitrostjo 0,4m/s. Teren je bil na začetku dneva vlažen zaradi jutranje rose, vendar se je kasneje osušil.

3.6 ČASOVNA ŠTUDIJA IN DELOVNE OPERACIJE

Vzporedno s snemanjem različnih obremenitev sekača smo izvajali tudi časovno študijo sekačevega dela. Cilj študije časa je ugotavljanje delovnega časa, potrebnega za izdelavo proizvodov oz. storitev. Cilji študije časa so lahko tudi drugi, kot npr. ugotavljanje strukture delovnega časa zaradi deležev dodatnega časa, izkoriščenosti naprav, obremenjenosti delavcev, ali pa ugotavljanje logičnega zaporedja dogodkov v delovnem procesu (Košir, 1996).

Za potrebe diplomske naloge je prišlo v poštev predvsem ugotavljanje strukture delovnega časa oz. ugotavljanje časa, ki ga je delavec porabil za posamezne delovne operacije. Struktura sekačevega delovnega časa je pomembna pri vrednotenju rezultatov različnih obremenitev, saj imamo celoten delavni čas razdeljen na posamezne delovne operacije in lahko za vsako izmed njih ugotovimo različne obremenitve.

V diplomski nalogi smo uporabili kontinuirano metodo študije časa. Načelo te metode je, da merimo čase nepretrgoma od začetka do konca delovnega procesa in beležimo le časovne meje med posameznimi elementi časa. Kasneje lahko iz razlik med posameznimi časovnimi znamkami izračunamo trajanja posameznih elementov časa (Košir, 1996).

Delavec sekač je v času, ko so potekale meritve obremenitev in časovna študija izvedel naslednje delovne operacije, ki so pri podiranju drevesa potrebne (prirejeno po Bajc, 2005):

- Prehod: gre za prehod bodisi od začetne točke do delovišča, bodisi za prehod med posameznimi drevesi. Med samim prehodom lahko sekač opazuje okolico in se delno odloči za smer podiranja posameznega drevesa,
- Prehod do panja: gre za prehod od vrha podrtega drevesa, nazaj do panja,
- Določitev smeri podiranja: sekač se na podlagi konkretnih razmer v bližini drevesa odloči za smer podiranja,
- Pripravljalna dela: s pripravljalnimi deli sekač, navadno s pomočjo motorne žage, očisti okolico drevesa, katerega namerava podreti. S tem si zagotovi primeren prostor za izvajanje delovnih operacij, ki sledijo, pomembna pa so tudi zaradi zagotovitve primerne prostora za umik. Umik poteka vedno nazaj in vstran (45°) od smeri podiranja,
- Izdelava zaseka: z izdelavo zaseka sekač določi smer padca drevesa. Ob pravilni obliki ščetine drevo pade vedno v smeri, ki jo narekuje zasek. Sekač mora biti natančen pri oblikovanju zaseka. Pravilno mora izdelati vse štiri elemente zaseka (dno, kot, streho in vrh zaseka),
- Preverjanje smeri podiranja: smer zaseka sekač preverja že med izvajanjem reza dna zaseka. Po končani izdelavi zaseka pa smer podiranja sekač še enkrat preveri,
- Poprava smeri podiranja (poprava zaseka): če delavec sekač pri preverjanju smeri podiranja ugotovi, da smer zaseka odstopa od zelene smeri, je potrebno smer popraviti. Popravlja se predvsem streho in dno zaseka,
- Podžagovanje (oblikovanje ščetine): sekač bodisi s trebušnim, bodisi s hrbtnim delom letve izvede vodoravni rez debla nad dnom zaseka. Odvisno od širine debla sekač izvede vzporedni ali pahljačasti rez z več oporišč. S pravilno izvedbo oblikuje ščetino, ki usmerja padec drevesa v zeleno smer,
- Klinanje oz. naganjanje drevesa: pri podiranju pokončnega drevesa, pri podiranju nazaj in vstran, sekač uporablja plastične kline, lahko pa izdelava 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 zeleno smer, začne z obdelavo debla. Pri obdelavi se postavi za deblo, saj tako laže oceni koliko lesa je potrebno odrezati, pa tudi rezanje je učinkovitejše. Najprej odžaga ostanke ščetine na deblu in na panju ter obdela korenovec.
- Krojenje: sekač pred pričetkom klešččenja prične z izmero dolžine hloda s pomočjo sekaškega metra. Merjenje opravi istočasno s klešččenjem. Mesto, kjer namerava deblo prežagati, si označi z zarezo v katerega zatakne meter in prične z izmero naslednjega hloda,
- Klešččenje: klešččenje vej sekač opravi z motorno žago. Klešččenje vej je pri podiranju in obdelavi dreves časovno zagotovo najdaljša faza. Sekač se glede na drevesno vrsto, položaj debla in debelino vej odloči, katera izmed tehnik klešččenja bo najprimernejša za opravljanje dela. Delavec sekač, ki je sodeloval pri meritvah se je na podlagi prej naštetih dejavnikov odločal predvsem za skandinavsko tehniko klešččenja vej.
- Prežagovanje: je operacija pri kateri sekač, po opravljenem klešččenju in krojenju, deblo na mestu, ki si ga je označil predhodno, prežaga na sortimente. Rez izvede pravokotno glede na os debla. Sekač mora pred pričetkom prežagovanja oceniti napetosti v deblu. Vedno prežaguje najprej stisnjena in nato napeta lesna vlakna. Sekač lahko pri izvedbi prežagovanja uporablja različne vrste osnovnih rezov (vzporedni rez, pahljačasti rez iz enega ali večih oporišč, kombiniran rez ali vbodni rez),
- Gozdni red: po Pravilniku o izvajanju sečnje, ravnanju s sečnimi ostanki, spravilu 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.

3.7 PRAVILNA IN NEPRAVILNA TEHNIKA DELA

Pred pričetkom meritev smo se z inštruktorjem sekačem dogovorili o ustrezni uporabi tehnike dela. Namen meritev je namreč ugotoviti ali nepravilna tehnika dela povečuje obremenitve sekača pri njegovem delu oz. ali jih pravilna tehnika zmanjšuje. Ker je izbrani sekač dolgoletni inštruktor in učitelj praktičnega pouka se je za uporabo pravilne tehnike dela zdel najboljša rešitev. Že pred pričetkom meritev nam je priznal, da ga je poklic učitelja praktičnega pouka pripeljal do tega, da pravilno tehniko uporablja vseskozi. Kasneje pa je povedal, da je bil drugi snemalni dan, torej takrat, ko je moral uporabljati nepravilno tehniko dela, zanj bolj »naporen«. Nepravilne tehnike dela namreč ni navajen, zato se je moral posebej potruditi, da je delovne operacije izvajal po pravilih, ki smo jih določili pred pričetkom meritev.

Značilnosti pravilne tehnike dela, ki jih je sekač uporabljal prvi snemalni dan:

- Prehod: gre za prehod med posameznimi drevesi ali za prehod od vrha drevesa do panja. Motorna žaga je ugasnjena,
- Zaganjanje motorne žage: pravilno zaganjanje motorne žage, z nogo pritrjene na tleh ali zaganjanje motorne žage stabilizirane med nogama. Glava sekača oz. slušni organi so v tem primeru nekoliko dlje od glavnega vira ropota,
- Izdelava zaseka: pri izdelavi zaseka zasede sekač pravilen položaj kleče na enem kolenu, s tem minimalno obremenjuje hrbtenico. Oddaljenost motorne žage od slušnih organov je podobna, lahko bi rekli, da je oddaljenost celo nekoliko manjša, kot pri nepravilni tehniki izdelave zaseka,
- Preverjanje smeri podiranja: sekač se pravilno nasloni na drevo, ki ga podira in se zravnano ob drevesu počepne in preveri smer podiranja. Motorna žaga je med izvajanjem operacije ugasnjena,
- Podžagovanje: sekač podžaguje pravilno, kleče na enem kolenu ves čas in s tem minimalno obremenjuje hrbtenico. Z oddaljenostjo glavnega vira ropota od slušnih organov je podobno kot pri izdelavi zaseka,
- Klinjenje in naganjanje: sekač stoje čim bolj zravnano naganja drevo. Motorna žaga je med tem ugasnjena zaradi varnosti morebitnih sodelavcev ali obiskovalcev,

- Obdelava korenovca: sekač pri obdelavi korenovca po potrebi zavzame položaj čepe na enem kolenu in ustrezno obdela korenovec. Opravilo lahko opravi tudi stoje, vendar v čim bolj zravnanim položaju. Oddaljenost motorne žage je v primeru, da korenovec obdela stoje, nekoliko večja, kot če to stori čepe na enem kolenu. Oddaljenost je nekoliko večja tudi od oddaljenosti pri uporabi nepravilne tehnike,
- Kleščenje: sekač skozi celotno delovno operacijo, pri premikanju vzdolž debla, motorno žago naslanja in premika na deblu drevesa. Hrbtenica je med tem čim bolj zravnana, koleno ima ves čas na deblu. Oddaljenost glavnega vira ropota od slušnih organov je v tem primeru nekoliko manjša, torej je motorna žaga nekoliko bližje slušnim organom, kot pri nepravilni tehniki dela (slika 6),
- Prežagovanje: sekač prežaguje stoje, čim bolj zravnano, po potrebi tudi čepe na enem kolenu. Z oddaljenostjo motorne žage od slušnih organov je podobno kot pri obdelavi korenovca,
- Beljenje panja: beljenje panja je sekač izvedel na pravilen način, in sicer ročno s pomočjo sekire, čepe na enem ali obeh kolenih. Motorna žaga je bila medtem ugasnjena,
- Ugašanje motorne žage: med posameznimi operacijami, kjer sekač dlje časa ne potrebuje motorne žage le-to obvezno ugasne.



Slika 5: Pravilna tehnika kleščanja

Značilnosti nepravilne tehnike dela, ki jih je sekač uporabljal drugi snemalni dan:

- Zaganjanje motorne žage: ves čas nepravilno zaganjanje. Sekač zaganja motorno žago medtem, ko jo drži v roki in jo s sunki potiska proč od sebe medtem ko vleče za zaganjalno vrv. Oddaljenost motorne žage od slušnih organov je pri opisanem načinu zaganjanja motorne žage podobna, kot pri pravilnem načinu,
- Izdelava zaseka: sekač celoten zasek izdelava stoje v predklonu, s tem zelo obremenjuje hrbtenico, statična obremenitev je velika. Pri izdelavi zaseka je oddaljenost glavnega vira ropota od glave sekača podobna, lahko bi rekli, da je celo večja kot pri pravilni tehniki izdelave zaseka (slika 5),
- Preverjanje smeri podiranja: sekač stoje v predklonu preveri smer podiranja. Statična obremenitev hrbtenice je pri tem velika. Motorna žaga je medtem v prostem teku v neposredni bližini sekača,

- Podžagovanje: sekač izvaja podžagovanje v prisiljenem položaju, stoje v predklonu. Statična obremenitev hrbtenice je velika. Z oddaljenostjo je podobno kot pri izdelavi zaseka,
- Klinjenje in naganjanje: naganjanje sekač izvaja stoje v predklonu. Statična obremenitev hrbtenice je velika. Motorna žaga je medtem v prostem teku v neposredni bližini sekača,
- Obdelava korenovca: obdelava korenovca poteka stoje ali stoje v predklonu. Obremenitev hrbtenice je v tem primeru zmerna. Oddaljenost motorne žage od glave sekača je lahko celo večja kot pri pravilni tehniki obdelave korenovca,
- Kleščenje: pri kleščanju sekač minimalno naslanja motorno žago na deblo drevesa, medtem ko se premika vzdolž debla drevesa. Motorno žago ves čas prenaša v rokah. Oddaljenost glavnega vira ropota od slušnih organov je lahko celo nekoliko večja, kot pri pravilni tehniki dela,
- Prežagovanje: sekač prežaguje stoje ali stoje v predklonu. Obremenitev hrbtenice je zmerna. Z oddaljenostjo je podobno kot pri obdelavi korenovca,
- Beljenje panja: beljenje panja je sekač izvedel s pomočjo motorne žage, v prisiljenem položaju, to je stoje v predklonu. Statična obremenitev hrbtenice je velika. Oddaljenost motorne žage od sekačeve glave je v tem primeru podobna kot pri operaciji izdelava zaseka,
- Ugašanje motorne žage: sekač med posameznimi operacijami motorne žage ne ugašuje, tudi če gre za nekoliko daljše obdobje med dvema operacijama. Ko nastopi odmor zaradi osebnih potreb ali prekinitev zaradi delovnih sredstev, motorno žago ugasne.



Slika 6: Nepravilna tehnika izdelave zaseka

3.8 OBDELAVA PODATKOV IN IZRAČUN OBREMENITEV

Podatke, ki so bili izmerjeni s pomočjo merilne naprave Bruel & Kjaer 2250, smo prenesli v program Microsoft Excel, vendar ne vseh, pač pa samo tiste, ki so nas zanimali. Govorimo o kazalnikih maksimalna vrednost C-vrednotenega trenutnega zvočnega tlaka (LCpeak), ekvivalenta jakost ropota (LAeq) in pa kazalnik, kjer se upošteva tudi prisotnost impulznega hrupa (LA1eq). Prenesli smo jih v bazo, kjer smo predčasno, prav tako v programu Excel, izdelali celotno časovno študijo za oba snemalna dneva.

Podatke smo prilepili ob časovno študijo, na mesto, kjer smo imeli zabeležen štart merilnih naprav. Pri predhodnih raziskavah se je pokazalo, da ima naprava za merjenje ropota štiri sekundni zamik med vključitvijo naprave in začetkom merjenja. Ta zamik smo pri obdelavi podatkov upoštevali tako, da smo podatke prilepili ob časovno študijo z zamikom štirih vrstic. Vsaka vrstica pa predstavlja eno sekundo sekačevega dela.

Prva računsko operacija je bila izračun korigirane ekvivalentne jakosti ropota ($LA_{eq.kor}$), ki smo jo izračunali po navodilih iz Pravilnika o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (2006) (poglavje 3.4). Najprej smo izračunali razliko med kazalnikoma LA_{eq} in LA_{eq} . Nato smo s pomočjo IF-stavka, izmerjeni ekvivalentni jakosti ropota, prišteli po Pravilniku ... (2006) določeno vrednost. Razlika se prišteje samo v primeru, če je le-ta večja od $2dB(A)$; v tem primeru prištejemo izračunano razliko, če pa je razlika večja kot $6dB(A)$, potem ekvivalentni jakosti ropota prištejemo $6dB(A)$.

Ker smo kasneje podatke izračunavali predvsem s pomočjo vrtilne tabele, smo morali najprej za vsak kazalnik posebej, razen za kazalnik LC_{peak} , izračunati sredine. To smo v programu Excel izvedli z operacijo »Power«. Izračun ekvivalentne jakosti ropota posameznih kazalnikov smo izračunali po formuli:

$$LA_{eq} = 10 \times \log\left(\frac{1}{N} \times \left(\sum n_i \times 10^{0,1 \times L_i}\right)\right) \quad \dots (1)$$

Izračunali smo vrednosti ekvivalentne jakosti za vse kazalnike in jih prikazali za vsako delovno operacijo. To smo storili za oba snemalna dneva posebej in nato podatke združili v skupni tabeli. Izračunali smo razlike v jakosti posameznih kazalnikov med posameznima dnevoma za vsako delovno operacijo posebej.

Nato smo izračunane sredine posameznih kazalnikov pravilne in nepravilne tehnike dela primerjali še statistično. Podatke smo primerjali v programu MS Excel, z uporabo T-testa, pri katerem smo domnevali na neenake variance, s stopnjo tveganja $p = 5\%$.

Na koncu smo izvedli še modelni izračun obremenitve z ropotom. Izdelali smo preglednico, kamor smo zajeli samo delovne operacije, ki sodijo v produktivni del delovnega časa sekača. Prikazali smo samo kazalnik LA_{eq} , in sicer za pravilno in nepravilno tehniko dela. Ekvivalentno jakost ropota smo izračunali po formuli:

$$LA_{eq} = 10 \times \log\left(\frac{1}{T} \times \left(\sum t_i \times 10^{0,1 \times L_i}\right)\right) \quad \dots (2)$$

4 REZULTATI

Izračunane rezultate smo prikazali v dveh preglednicah. Preglednica 2 prikazuje jakosti ropota vseh pomembnih kazalnikov, za vse delovne operacije, ki jih je sekač izvedel tako prvi snemalni dan, kot tudi drugi snemalni dan. Prikazane so jakosti ropota tudi za delovne operacije, ki jih je izvedel npr. samo drugi snemalni dan. Preglednica 4 prikazuje rezultate statistične obdelave.

Na podlagi analize ropota po delovnih operacijah smo ugotovili, da je bila jakost ropota pri obeh tehnikah dela v intervalu po kazalniku LCpeak od 87,1 dB(C) do 142,1 dB(C), po kazalniku LAeq od 60,2 dB(A) do 101,8 dB(A), po kazalniku LAIeq od 65,6 dB(A) do 103,4 dB(A) in po kazalniku LAeq.kor od 66,2 dB(A) do 102,6 dB(A). Največje trenutne jakosti ropota (LCpeak) so bile zabeležene pri delovni operaciji zlaganje vej v kupe, in sicer 142,1 dB(C), sledi delovna operacija klinjenje s 131,8 dB(C). Največje jakosti merjene z impulzivno dinamiko (LAIeq) so bile izmerjene pri delovni operaciji podžagovanje, in sicer 103,4 dB(A), sledi delovna operacija beljenje panja, z izmerjeno jakostjo 102,6 dB(A). Največje ekvivalentne jakosti ropota so bile izmerjene prav tako pri delovni operaciji podžagovanje (101,8 dB(A)), sledita delovni operaciji prežagovanje in kleščenje (99,7 dB(A)). Najmanjše trenutne jakosti ropota so bile v produktivnem času zabeležene pri delovni operaciji naganjanje z vzvodom (98,9 dB(C)), najmanjše jakosti merjene z impulzivno dinamiko pri delovni operaciji obračanje z vzvodom (74,9 dB(A)) ter najmanjše ekvivalente jakosti ropota pri prehodu (67,6 dB(A)).

Pri primerjavi obremenitev z ropotom po obeh tehnikah dela in delovnih operacijah (preglednica 3) smo ugotovili statistično značilne razlike v jakosti ropota pri delovnih operacijah beljenje panja, razžagovanje sečnih ostankov, kleščenje, podžagovanje, odmor in oba prehoda. Pri delovnih operacijah kot so beljenje panja, odmor in oba prehoda so razlike smiselne in hkrati pričakovane, saj je sekač delo opravljal z motorno žago namesto s sekuro (beljenje panja) oz. je bila motorna žaga ves čas prižgana (odmor, oba prehoda). Tako smo ugotovili, da je jakost ropota pri uporabi nepravilne tehnike beljenja panja za 31 dB(A) (LAeq) večja, kot pri uporabi pravilne tehnike dela. Pri prehodu do panja pa je

jakost ropota večja za 14,6 dB(A) (LAeq). Pri delovni operaciji razžaganje sečnih ostankov, pa razlike niso smiselne, saj je delo potekalo na podoben način oba snemalna dneva. Pri delovni operaciji podžaganje smo predvideli (poglavje 3.7), da bistvenih razlik med pravilno in nepravilno tehniko ne bo oz., da bo pri nepravilni tehniki obremenitev z ropotom celo nekoliko manjša. To se je pokazalo, kot resnično, saj smo ugotovili, da je obremenitev z ropotom pri nepravilni tehniki za 1 dB(A) manjša. Pri kleščanju, ki je zagotovo najdaljša delovna operacija, smo ugotovili podobno, da so obremenitve pri uporabi nepravilne tehnike dela nekoliko manjše (0,5 dB(A)).

Med ostalimi delovnimi operacijami kot so določanje smeri podiranja, zlaganje vej, klinjenje in naganjanje, krojenje, zastoji, pripravljalna dela, izdelava zaseka, obdelava korenovca, popravljanje smeri in prežaganje, nismo ugotovili bistvenih razlik v obremenitvi z ropotom. Pri nekaterih delovnih operacijah je to smiselno in pričakovano, predvsem pri delovnih operacijah pri katerih sekač ni uporabljal motorne žage in pri tistih delovnih operacijah, kjer med delovnimi postopki pravilne in nepravilne tehnike ni bistvenih razlik. Pri delovni operaciji izdelava zaseka pa ugotovitve niso smiselne oz. pričakovane, saj smo domnevali, da bodo obremenitve pri uporabi nepravilne tehnike dela nekoliko večje. Do manjših razlik pri omenjenih delovnih operacijah je lahko prišlo predvsem zaradi ves čas prižgane motorne žage pri nepravilni tehniki dela.

Če primerjamo rezultate glede na postavljeno hipotezo, da nepravilna tehnika dela povečuje obremenitev sekača z ropotom, potem lahko zaključimo, da smo potrdili hipoteze pri delovnih operacijah beljenje panja, oba prehoda, obdelava korenovca, razžaganje sečnih ostankov, zlaganje vej, klinjenje, odmor, popravljanje smeri podiranja, delno tudi pri obračanju z vzvodom. Hipoteze nismo potrdili pri delovnih operacijah določanje smeri podiranja, kleščanje, krojenje, podžaganje, prežaganje in pripravljalna dela.

Preglednica 2: Trajanje in jakost ropota po delovnih operacijah glede na tehniko dela

DELOVNA OPERACIJA	Pravilna tehnika dela					Nepravilna tehnika dela				
	TRAJANJE (s)	LCpeak	LAeq	LAeq	LAeq.kor	TRAJANJE (s)	LCpeak	LAeq	LAeq	LAeq.kor
		dB(C)	dB(A)	dB(A)	dB(A)		dB(C)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
BELJENJE PANJA	536	113,8	69,8	82,8	75,7	329	120,6	101,3	102,6	101,9
DOLOČANJE SMERI PODIRANJA	394	119,9	81,8	88,1	85,0	296	117,5	79,2	87,4	82,7
RAZŽAGOVANJE SEČNIH OST.	246	118,4	94,9	98,4	96,9	243	119,5	99,0	101,7	100,6
ZLAGANJE VEJ	2031	142,1	72,0	86,2	77,1	1638	121,4	76,1	83,4	78,8
IZDELAVA KLINA	70	118,8	94,7	96,5	95,3	55	119,1	99,5	101,4	100,5
IZDELAVA ZASEKA	511	122,9	99,3	101,4	100,4	374	121,0	99,9	101,7	100,8
KLEŠČENJE	3399	124,1	99,7	102,4	101,5	3010	121,7	99,4	101,9	100,9
KLINJENJE IN NAGANJANJE	718	131,8	89,5	101,6	94,7	638	133,8	89,8	102,0	95,0
KROJENJE	552	119,4	94,1	97,5	95,8	396	118,7	93,8	97,8	95,7
NAGANJANJE Z VZVODOM	72	114,4	73,4	82,7	77,6	25	98,9	75,0	77,2	76,5
OBDELAVA KORENOVCA	253	119,0	98,3	100,2	99,2	153	118,0	98,5	100,4	99,3
OBRAČANJE Z VZVODOM	49	106,7	67,8	78,4	72,7	76	101,9	70,3	74,9	73,7
ODMOR	666	112,9	66,5	76,4	71,7	623	117,6	83,8	88,9	85,8
OGREVANJE M.ŽAGE						23	116,4	92,3	96,3	95,5
PODŽAGOVANJE	498	123,0	101,8	103,4	102,6	611	128,1	100,8	102,7	101,6
POPRAVLJANJE SMERI	23	103,9	78,4	83,5	80,2	70	115,9	87,8	92,9	90,7
PREHOD	535	121,4	67,6	80,0	73,1	711	118,1	71,9	83,3	76,5
PREHOD DO PANJA	136	114,1	74,4	85,7	80,0	191	118,1	89,0	92,5	89,7
PREMIK SORTIMENTA						25	103,5	76,3	81,4	77,7
PREŽAGOVANJE	316	123,8	99,7	101,5	100,6	258	121,6	99,5	100,9	100,1
PRIPRAVLJALNA DELA	91	118,4	95,0	98,6	96,8	220	124,8	94,4	98,0	96,4
SPROŠČANJE MŽ						12	124,4	87,5	99,5	93,2
ZASTOJ DELOVNA SREDSTVA	869	119,0	85,2	87,1	86,2	847	126,9	88,3	91,1	89,4
ZASTOJ OSEBNE POTREBE	1165	111,3	64,4	75,5	69,5	1519	113,1	65,6	76,0	69,7
ZASTOJ ZARADI MERITEV	12	87,1	60,2	68,3	66,2	111	107,1	73,4	81,3	79,1

Preglednica 3: Razlike v obremenitvah med nepravilno in pravilno tehniko dela

DELOVNA OPERACIJA	Razlike				
	TRAJANJE (s)	LCpeak	LAeq	LAeq	LAeq.kor
		dB(C)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
BELJENJE PANJA	-207	6,9	31,4 *	19,9 *	26,2 *
DOLOČANJE SMERI PODIRANJA	-98	-2,4	-2,6	-0,7	-2,3
RAZŽAGOVANJE SEČNIH OST.	-3	1,1	4,1 *	3,3 *	3,7 *
ZLAGANJE VEJ	-393	-20,7	4,0	-2,8	1,7
IZDELAVA KLINA	-15	0,3	4,8 *	4,9 *	5,3 *
IZDELAVA ZASEKA	-137	-1,9	0,6	0,3	0,4
KLEŠČENJE	-389	-2,4	-0,4 *	-0,5 *	-0,6 *
KLINJENJE IN NAGANJANJE	-80	2,0	0,3	0,3	0,3
KROJENJE	-156	-0,7	-0,2	0,3	-0,1
NAGANJANJE Z VZVODOM	-47	-15,5	1,6 ***	-5,5 *	-1,1
OBDELAVA KORENOVCA	-100	-1,0	0,2	0,2	0,1
OBRAČANJE Z VZVODOM	27	-4,8	2,6	-3,6 ***	0,9
ODMOR	-43	4,7	17,3 **	12,5 *	14,1 **
OGREVANJE M.ŽAGE	23	116,4	92,3	96,3	95,5
PODŽAGOVANJE	113	5,1	-1,0 *	-0,7 *	-1,0 *
POPRAVLJANJE SMERI	47	12,0	9,4	9,4 **	10,5 ***
PREHOD	176	-3,3	4,3 ***	3,2 **	3,4 ***
PREHOD DO PANJA	55	4,0	14,6 **	6,8 **	9,7 **
PREMIK SORTIMENTA	25	103,5	76,3	81,4	77,7
PREŽAGOVANJE	-58	-2,3	-0,2	-0,6 **	-0,6
PRIPRAVLJALNA DELA	129	6,5	-0,6	-0,6	-0,4
SPROŠČANJE MŽ	12	124,4	87,5	99,5	93,2
ZASTOJ DELOVNA SREDSTVA	-22	8,0	3,1 ***	4,0 *	3,2 ***
ZASTOJ OSEBNE POTREBE	354	1,8	1,2	0,5	0,3
ZASTOJ ZARADI MERITEV	99	20,0	13,2	13,0 ***	12,9

* - tveganje (p) < 0,001

** - tveganje (p) < 0,01

*** - tveganje (p) < 0,05

Ker na obremenitev z ropotom vpliva tudi čas izpostavljenosti, smo v nadaljevanju izračunali še modelni izračun obremenitve za produktivni čas, kjer smo za čas izpostavljenosti privzeli vrednosti iz prvega dneva meritev (preglednica 4) ter izmerjene koregirane vrednosti jakosti ropota po obeh tehnikah dela. Na podlagi modelnega izračuna smo ugotovili, da je razlika v obremenitvi z ropotom pri obeh tehnikah dela le majhna oz. le 0,19 dB(A).

Preglednica 4: Modelni izračun obremenitve sekača z ropotom

DELOVNA OPERACIJA	TRAJANJE (s)	PRAVILNA TEHNIKA	NEPRAVILNA TEHNIKA
		LAeq.kor (dB(A))	LAeq.kor (dB(A))
BELJENJE PANJA	536	75,65	101,85
DOLOČANJE SMERI PODIRANJA	394	84,98	82,66
RAŽAGOVANJE SEČNIH OST.	246	96,88	100,58
ZLAGANJE VEJ	2031	77,13	78,85
IZDELAVA KLINA	70	95,27	100,52
IZDELAVA ZASEKA	511	100,40	100,79
KLEŠČENJE	3399	101,46	100,90
KLINJENJE IN NAGANJANJE	718	94,70	95,04
KROJENJE	552	95,80	95,72
NAGANJANJE Z VZVODOM	72	77,63	76,49
OBDELAVA KORENOVCA	253	99,18	99,33
OBRAČANJE Z VZVODOM	49	72,73	73,66
PODŽAGOVANJE	498	102,57	101,59
POPRAVLJANJE SMERI	23	80,22	90,73
PREHOD	535	73,10	76,48
PREHOD DO PANJA	136	80,03	89,70
PREŽAGOVANJE	316	100,62	100,06
PRIPRAVLJALNA DELA	91	96,81	96,37
SKUPAJ	10430	98,52	98,71

5 RAZPRAVA

Ropot je v gozdarstvu vsekakor pomemben škodljivi dejavnik. V preteklosti je bilo zaradi neustrezne uporabe osebne varnostne opreme, pri delavcih, ki delo sekača opravljajo profesionalno, veliko okvar sluha. Zato je zelo pomembno, da se obvezna osebna varovalna oprema uporablja dosledno. Za nadziranje uporabe je po Zakonu o varnosti in zdravju pri delu (1999), odgovoren delodajalec. Poleg obveznosti iz zakona pa Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (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 hrupu na delovnem mestu. Med te ukrepe lahko uvrstimo tudi upoštevanje navodil za varno in predvsem zdravo delo pri sečnji in izdelavi, ki je bila vsebina diplomske naloge.

V diplomski nalogi smo ugotavljali kako razlike v tehniki dela vplivajo na obremenitve z ropotom. Pri tem smo kot pravilno privzeli tehniko, ki se za sečnjo in izdelavo uporablja v Srednji Evropi. Za pravilen opis delovnih operacij smo si pomagali z učbenikom z naslovom Tehnika dela z motorno žago, ki ga je napisal Sebastijan Bajc. Pri nepravilni tehniki dela pa smo upoštevali najpogostejše napake, ki jih zasledimo pri rednem delu v gozdu.

V raziskavi smo ugotovili, da so v splošnem obremenitve z ropotom največje pri delovnih operacijah pri katerih je motorna žaga dlje časa polno obremenjena, to so predvsem izdelava zaseka, kleščenje, podžagovanje in prežagovanje, kar je v svoji raziskavi ugotovil tudi Lipoglavšek (1994). Razlike med obema raziskavama lahko izvirajo iz obsega posamezne raziskave, uporabe različnih motornih žag, različne tehnike dela in delovnih pogojev, strukturi izdelanih dreves, ipd.

Primerjava med uporabo pravilne in nepravilne tehnike dela je le delno potrdila našo hipotezo. Izkazalo se je namreč, da se izračunani dnevni obremenitvi razlikujeta le za 0,19 dB(A), če v izračunu uporabimo koregirano vrednost jakosti ropota, kot jo predlaga

Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu iz leta 2001. Večje razlike pa smo ugotovili glede na jakost ropota po posameznih delovnih operacijah. Tako so bile jakosti ropota pri pravilni tehniki dela, večje, kot pri nepravilni tehniki pri delovnih operacijah določanje smeri podiranja, kleščenje, krojenje, naganjanje z vzvodom, podžagovanje, prežagovanje in pripravljalna dela, kar pripisujemo premajhnemu obsegu izvedenih meritev. Obratno pa so bile jakosti ropota pri nepravilni tehniki, v primerjavi s pravilno, večje pri delovnih operacijah beljenje panja, razžagovanje sečnih ostankov, zlaganje vej, izdelava klina, izdelava zaseka, klinjenje, obdelava korenovca, obračanje z vzvodom, popravljanje smeri podiranja, prehod in prehod do panja. Tu, pa so razlike odvisne predvsem od uporabe oz. neuporabe motorne žage in pa od stalno prižgane motorne žage med vsemi delovnimi operacijami. Pomembni pa so tudi delovni postopki pri uporabi nepravilne tehnike dela, ki so neugodni v smislu obremenitve sekača z ropotom (oddaljenost glavnega vira ropota od slušnih organov med izvajanjem delovnih operacij).

Če rezultate diplomske naloge primerjamo z vrednostmi iz Pravilnika o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu, ugotovimo, da obe izračunani vrednosti v modelnem izračunu (preglednica 4) presegata spodnjo (80 dB(A)) in zgornjo (85 dB(A)) opozorilno vrednost. Z uporabo zaščitnih glušnikov, ki zmanjšajo ropot v povprečju za 27 dB(A), mejna vrednost, ki znaša 87 dB(A), ne bi bila presežena.

Prav tako obe opozorilni vrednosti (135 in 137 dB(C)) iz Pravilnika preseže največja izmerjena vrednost konične ravni zvočnega tlaka (LCpeak), ki je bila 142,1 dB(C). Mejna vrednost (140 dB(C)), pa ob upoštevanju uporabe glušnikov, ne bi bila presežena. Seveda moramo pri tem upoštevati, da so vrednosti iz Pravilnika določene za dnevno (8 urno) obremenitev sekača z ropotom, mi pa smo primerjali vrednosti, ki so bile izračunane samo za produktivni del časa.

Kljub temu, da v diplomski nalogi nismo ugotovili večjega zmanjšanja obremenjenosti sekača z ropotom pri pravilni tehniki dela, pa to ne pomeni, da pravilne tehnike ni potrebno uporabljati, saj ima le-ta pozitivne učinke na varnost dela, težavnost dela ter zmanjševanje obremenitev kostno-mišičnega sistema. Glede na to, da je imela diplomska naloga naravo

študija primera, ter da je pri posameznih delovnih operacijah vpliv tehnike dela zelo izrazit, bi bilo potrebno obseg bodočih raziskav v smislu ponovitev povečati.

6 SKLEPI

Na podlagi diplomske naloge o vplivu tehnike dela na obremenitev sekača z ropotom smo prišli do naslednjih sklepov:

- Med pravilno in nepravilno tehniko dela ni bistvenih razlik v obremenitvi sekača z ropotom. To potrjuje tudi modelni izračun obremenitve z ropotom, ki kaže, da je razlika med pravilno in nepravilno tehniko dela, v kazalniku LAeq.kor, le 0,19 dB(A). Z ugotovitvijo naše glavne hipoteze, ki pravi, da nepravilna tehnika dela povečuje obremenitev sekača z ropotom, nismo v celoti potrdili.
- Do večjih razlik v jakosti ropota med pravilno in nepravilno tehniko dela pa prihaja znotraj posameznih delovnih operacij. Tudi v tem primeru glavne hipoteze nismo v celoti potrdili, saj je v nekaterih primerih jakost ropota pri nepravilni tehniki dela celo manjša.
- Pravilno tehniko dela je potrebno tudi v prihodnje zagovarjati, saj ima le-ta pozitivne učinke pri varnosti dela, težavnosti sekačevega dela ter zmanjševanje obremenitev kostno-mišičnega sistema.
- Ker je analizirani vzorec opravljenih meritev relativno majhen, bi bilo potrebno za širše uporabne rezultate nadaljevati s tovrstnimi meritvami na večjemu številu delavcev oz. sekačev in v različnih sestojnih razmerah.

7 VIRI

Bajc S. 2005. Tehnika dela z motorno žago, DZS, d.d., Ljubljana, 53 s.

Bombosch F. 1988. Ergonomische Beanspruchungsanalyse bei der Waldarbeit. Forstliche Versuch - und Forschungsanstalt Baden Wurttemberg, 139.:, 136 str.

Košir B. 1996. Organizacija gozdarskih del, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Ljubljana, 223 s.

Lipoglavšek M., Kumer P. 1998. Humanizacija dela v gozdarstvu, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Ljubljana, 214 s.

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

Podatki o zaščitnih glušnikih Peltor

http://www.peltor.se/int/Product.asp?PageNumber=154&ProductCategory_Id=57&Product_Id=88 (28.09.2010)

Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu. 2001. Ur. l. RS, št. 7/01

Pravilnik o izvajanju sečnje, ravnanju s sečnimi ostanki, spravilu in zlaganju gozdnih lesnih sortimentov. 1994. Ur. l. RS, št. 55/94

Tehnične specifikacije motorne žage Husqvarna 346XP

<http://www.husqvarna.com/si/forest/products/xp-saws/346-xp-/#specifications>

(28.09.2010)

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

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju, Igorju Potočniku, za uporabne napotke in končni pregled diplomske naloge.

Za vse napotke in koristne nasvete pri izdelavi diplomske naloge ter za pomoč pri obdelavi podatkov in tehničnem oblikovanju se zahvaljujem somentorju, Antonu Pojetu.

Za sodelovanje pri meritvah, se zahvaljujem vodstvu Srednje gozdarske in lesarske šole Postojna, še posebej vodji tečanje dejavnosti in praktičnega pouka g. Marjanu Vadnu in pa seveda učitelju praktičnega pouka g. Borisu Samcu.

Za lektoriranje in strokovni pregled diplomske naloge, se zahvaljujem mag. Tatjani Furlani.

Zahvaljujem se Meliti Gole za prevod izvlečka v angleški jezik.

Vsem prav lepa hvala!

PRILOGE

Priloga A: Rezultati statistične obdelave

	LAeq		LAeq		LAeq.kor	
	T-statistika	tveganje (p)	T-statistika	tveganje (p)	T-statistika	tveganje (p)
	BELJENJE PANJA	-22,026	0,000	-27,565	0,000	-24,554
DOLOČANJE SMERI PODIRANJA	1,197	0,231	0,699	0,485	1,190	0,234
GOZD.RED MŽ	-8,441	0,000	-10,480	0,000	-8,563	0,000
GOZD.RED R	-1,667	0,096	1,367	0,172	-0,739	0,460
IZDELAVA KLINA	-3,868	0,000	-5,242	0,000	-4,622	0,000
IZDELAVA ZASEKA	-1,835	0,067	-1,064	0,288	-1,250	0,212
KLEŠČENJE	4,101	0,000	7,747	0,000	6,696	0,000
KLINANJE	-0,424	0,672	-0,789	0,430	-0,706	0,480
KROJENJE	0,404	0,686	-0,686	0,493	0,153	0,878
NAGANJANJE Z VZVODOM	-2,425	0,017	3,717	0,000	1,564	0,121
OBDELAVA KORENOVCA	-0,308	0,758	-0,461	0,645	-0,310	0,757
OBRAČANJE Z VZVODOM	-1,411	0,164	2,219	0,031	-0,438	0,663
ODMOR	-2,613	0,009	-5,313	0,000	-3,046	0,002
OGREVANJE M.ŽAGE						
PODŽAGOVANJE	3,816	0,000	3,652	0,000	4,104	0,000
POPRAVLJANJE SMERI	-1,732	0,088	-3,022	0,003	-2,285	0,025
PREHOD	-2,105	0,036	-3,004	0,003	-2,043	0,041
PREHOD DO PANJA	-2,699	0,008	-3,485	0,001	-2,754	0,006
PREMIK SORTIMENTA						
PREŽAGOVANJE	0,687	0,492	2,206	0,001	1,707	0,088
PRIPRAVLJALNA DELA	0,586	0,558	0,826	0,410	0,438	0,662
SPROŠČANJE MŽ						
ZASTOJ DELOVNA SREDSTVA	-2,214	0,027	-3,755	0,000	-2,583	0,010
ZASTOJ OSEBNE POTREBE	-0,822	0,411	-0,488	0,625	-0,212	0,832
ZASTOJ ZARADI MERITEV	-1,955	0,053	-2,358	0,020	-1,876	0,063