

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

Alan OBRANOVIČ

**OBREMENITEV DELAVCA Z DEJAVNIKI
DELOVNEGA OKOLJA PRI SPRAVILU LESA Z
ZGIBNIM TRAKTORJEM ECOTRAC 120V**

MAGISTRSKO DELO

Magistrski študij – 2. stopnja

Ljubljana, 2013

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

Alan OBRANOVIC

**OBREMENITEV DELAVCA Z DEJAVNIKI DELOVNEGA OKOLJA
PRI SPRAVILU LESA Z ZGIBNIM TRAKTORJEM ECOTRAC 120V**

MAGISTRSKO DELO
Magistrski študij – 2. stopnja

**EXPOSURE OF OPERATOR TO WORKING ENVIRONMENT
FACTORS DURING THE WORK WITH SKIDDER ECOTRAC 120V**

M. Sc. Thesis
Master Study Programmes

Ljubljana, 2013

Magistrsko delo je zaključek magistrskega študija gozdarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za gozdno tehniko in ekonomiko Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani in v sodelovanju s podjetjem Gozdarstvo Grča iz Kočevja.

Študijska komisija Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete je za mentorja magistrskega dela imenovala prof. dr. Igorja Potočnika, za somentorja dr. Antona Pojeta, za recenzenta pa izred. prof. dr. Janeza Krča.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Magistrsko 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	Du2
DK	GDK 302+304+307:36(043.2)=163.6
KG	spravilo lesa/Ecotrac 120V/težavnost dela/ropot/tresenje celega telesa/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	2013
IN	OBREMENITEV DELAVCA Z DEJAVNIKI DELOVNEGA OKOLJA PRI SPRAVILU LESA Z ZGIBNIM TRAKTORJEM ECOTRAC 120V
TD	Magistrsko delo (magistrski študij – 2. stopnja)
OP	IX, 120 str., 10 pregl., 55 sl., 1 pril., 34 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	Namen magistrske naloge je bil ugotoviti težavnost dela in obremenitve delavca z ropotom in tresenjem celega telesa ter raziskati, ali odprtost gozdnega prostora s primarnimi in sekundarnimi prometnicami (razdalja vlačjenja) vpliva na težavnost dela in obremenitve delavca pri spravilu lesa z zgibnim traktorjem Ecotrac 120V. Meritve so potekale na območju visokega Krasa v južnem delu Slovenije, v mešanih gozdovih jelke in bukve. Skupaj so meritve trajale šest dni, od katerih je spravilo prve štiri dni potekalo navzdol, zadnja dva dni pa navzgor. Sočasno z merjenjem obremenitev je potekala časovna študija. Skupna količina sečnje in spravila je v času meritev znašala 338,2 m³, kar je v povprečju 56,4 m³/dan. Povprečna razdalja vlačjenja pri spravilu navzdol je bila 144, pri spravilu navzgor pa 130 metrov. Rezultati so pokazali, da težavnosti dela glede na povprečni delovni pulz v delovniku (44,5 u/min) presega trajno dopustno mejo 35 u/min, medtem ko je glede na relativni delovni pulz (34,5%) pod dopustno mejo 40%. Obremenitev z ropotom zaradi neuporabe glušnikov presega opozorilni in mejni vrednosti izpostavljenosti glede na konično raven zvočnega tlaka kakor tudi glede na raven dnevne izpostavljenosti (LCpeak = 140,7 dB(C), LAeq.kor. = 89,7 dB(A)). Obremenitve s tresenjem celega telesa izračunane kot RMS vrednosti (RMS VTV = 0,89 m/s²) presegajo opozorilno vrednost, izračunane kot skupna doza tresenja (VDV VTV = 41,97 m/s^{1,75}) pa tudi mejno vrednost dnevne izpostavljenosti. Ukrepi za zmanjšanje obremenitev morajo biti usmerjeni k redni uporabi glušnikov in zmanjšanju dnevnih učinkov ali k omogočanju menjave delovnega mesta.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Du2

DC FDC 302+304+307:36(043.2)=163.6

CX skidding/Ecotrac 120V/work load/heart rate/noise level/whole body vibration/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 2013

TI EXPOSURE OF OPERATOR TO WORKING ENVIRONMENT FACTORS DURING THE WORK WITH SKIDDER ECOTRAC 120V

DT M. Sc. Thesis (Master Study Programmes)

NO IX, 120 p., 10 tab., 55 fig., 1 ann., 34 ref.

LA sl

AL sl/en

AB The purpose of this Master's thesis was to establish the physiological work load and the exposure of workers to noise and vibration as well as to determine the level of influence of the openness of the forest area with forest and skidding roads (skidding distance) on the work difficulty and the exposure of workers to physical agents in timber skidding operations executed with the Ecotrac 120V skidder. The measurements were conducted in the high Karst area in the southern part of Slovenia, i.e. in the mixed forest stands of fir and beech trees. The measurements lasted for six day in total, four of which evaluated the downhill skidding operations, while the last two days were reserved for the uphill skidding process. Along with the measurements of exposure to physical agents also the time study, measurements of the skidding productivity, and the determination of skidding conditions were conducted. The cutting and skidding operations performance during the measured period were 338.2 m³, i.e. 56.4 m³/day in average. The average downhill and uphill skidding distance was 144 and 130 metres respectively. The results showed that the physiological work load in regard to average daily heart rate in a working day (HR_{wr} = 44.5 bpm) exceeded the permanent permissible limit of 35 bpm, while in regard to the relative working heart rate (HRR = 34.5 %) it was below the permissible limit of 40%. The exposure to noise due to the lack of ear muffs application exceeded the action value and threshold values of the exposure according to the peak value of the sound pressure as well as considering the level of daily exposure (LC_{peak} = 140.7 dB(C), LA_{eq.kor} = 89.7 dB(A)). The exposure to the whole-body vibration calculated as the RMS values (RMS VTV = 0.89 m/s²) exceeded the action value, calculated as the total vibration dose (VDV VTV = 41.97 m/s^{1.75}), as well as the permissible value of daily exposure. The measures decreasing the exposures to physical agents need to be directed to the regular use of ear muffs and the reduction of the daily productivity or should address the issue of job rotation.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
1 UVOD	1
2 DOSEDANJE RAZISKAVE	3
2.1 VPLIVI DELOVNEGA OKOLJA NA DELAVCA PRI GOZDNEM DELU	4
2.2 TEŽAVNOST DELA	5
2.3 OBREMENITEV Z ROPOTOM	5
2.4 OBREMENITEV S TRESENJEM CELEGA TELESA	7
2.5 RAZVOJ, UČINKI IN ERGONOMSKE ZNAČILNOSTI ZGIBNIKA ECOTRAC 120V ..	9
3 POSTAVITEV DELOVNIH HIPOTEZ	11
4 MATERIAL IN METODE	12
4.1 POSTOPEK IZBIRE OBJEKTA	12
4.2 SPLOŠNE LASTNOSTI OBJEKTA	13
4.3 LASTNOSTI SPRAVILNEGA SREDSTVA	15
4.4 OPIS DELAVCEV	17
4.5 OPIS POTEKA MERITEV	18
4.6 ČASOVNA ŠTUDIJA IN DELOVNE OPERACIJE	20
4.6.1 Časovna študija in opredelitev delovnega časa	20
4.6.2 Opis delovnih operacij	22
4.7 MERILNE NAPRAVE	28
4.8 KAZALNIKI OBREMENITEV IN TEŽAVNOSTI DELA TER NJIHOVE DOPUSTNE MEJE	31
4.8.1 Pregled zakonskih opredelitev	31
4.8.2 Težavnost dela	32
4.8.3 Obremenitev z ropotom	32
4.8.4 Obremenitev s tresenjem celega telesa	34
4.9 OBDELAVA PODATKOV IN IZRAČUN OBREMENITEV	36
4.10 KLIMATSKI DEJAVNIKI	39
4.11 UČINKI SPRAVILA LESA Z ZGIBNIM TRAKTORJEM ECOTRAC 120V	39
4.12 SPRAVILNE RAZMERE	41
5 REZULTATI	44
5.1 ČAS IZPOSTAVLJENOSTI DEJAVNIKOM DELOVNEGA OKOLJA	44
5.1.1 Struktura delovnikov po delovnih operacijah	44
5.1.2 Odvisnosti porabe časa od delovnih razmer	48
5.2 TEŽAVNOST DELA	55

5.2.1	<i>Težavnost dela po delovnih operacijah</i>	57
5.2.2	<i>Odvisnosti težavnosti dela od delovnih razmer</i>	60
5.2.3	<i>Težavnost dela skupine</i>	62
5.3	OBREMENITEV Z ROPOTOM.....	66
5.3.1	<i>Obremenitev z ropotom po delovnih operacijah</i>	68
5.3.2	<i>Frekvenčna analiza obremenitve z ropotom</i>	70
5.3.3	<i>Odvisnosti obremenitve z ropotom od delovnih razmer</i>	74
5.4	OBREMENITEV S TRESENJEM CELEGA TELESA.....	78
5.4.1	<i>Obremenitev s tresenjem celega telesa po delovnih operacijah</i>	80
5.4.2	<i>Odvisnosti tresenja celega telesa od delovnih razmer (RMS)</i>	86
5.4.3	<i>Odvisnosti tresenja celega telesa od delovnih razmer (VDV)</i>	89
5.5	MODELNI IZRAČUN TEŽAVNOSTI DELA IN OBREMENITEV Z DEJAVNIKI DELOVNEGA OKOLJA IN PRIMERJAVA Z DOPUSTNIMI MEJAMI.....	92
6	RAZPRAVA	96
6.1	ČASOVNA STRUKTURA IN IZPOSTAVLJENOST DELAVCA.....	96
6.2	TEŽAVNOST DELA TRAKTORISTA	98
6.3	OBREMENITEV TRAKTORISTA Z ROPOTOM	101
6.4	OBREMENITEV TRAKTORISTA S TRESENJEM CELEGA TELESA	105
7	SKLEPI	109
8	POVZETEK	111
8.1	POVZETEK	111
8.2	SUMMARY	114
9	VIRI	117

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Tehnični podatki zgibnega traktorja Ecotrac 120V	16
Preglednica 2: Učinki spravila lesa z zgibnim traktorjem Ecotrac 120V	40
Preglednica 3: Spravilna razdalja in povprečen naklon po ciklih	43
Preglednica 4: Časovna struktura traktoristovega delovnega časa	45
Preglednica 5: Težavnost dela po delovnih operacijah	58
Preglednica 6: Primerjava rednih in dodatnih meritev jakosti ropota	66
Preglednica 7: Obremenitev z ropotom po delovnih operacijah	69
Preglednica 8: Tresenje celega telesa po delovnih operacijah (RMS)	81
Preglednica 9: Tresenje celega telesa po delovnih operacijah (VDV)	84
Preglednica 10: Modelni izračun težavnosti dela in obremenitev z dejavniki delovnega okolja	93

KAZALO SLIK

Slika 1: Raziskovalni objekt (oddelek 27, GGE Rog, GGO Kočevje).....	13
Slika 2: Hittner Ecotrac 120V	15
Slika 3: Delovna skupina z organizacijsko obliko I+2	18
Slika 4: Shema razdelitve delovnega časa.....	21
Slika 5: Ecotrac 120V med zbiranjem lesa	23
Slika 6: Delovna operacija odpenjanje.....	24
Slika 7: Delovna operacija krojenje	24
Slika 8: Delovna operacija rampanje	25
Slika 9: Gozdna proizvodnja v podjetju Gozdarstvo Grča d.d.	26
Slika 10: Nahrbtnik z merilnimi napravami za ergonomske raziskave v gozdarstvu	29
Slika 11: Nameščanje adapterja za sedež Bruel&Kjaer 4515	30
Slika 12: Potek traktoristovega pulza preko noči.....	38
Slika 13: Podolžni profil vlake pri spravilu navzdol (2. snemalni dan)	41
Slika 14: Podolžni profil vlake pri spravilu navzgor (6. snemalni dan).....	42
Slika 15: Trajanje polne in prazne vožnje glede na razdaljo in kategorijo vlačjenja	48
Slika 16: Trajanje produktivnega časa glede na razdaljo vlačjenja.....	49
Slika 17: Trajanje produktivnega časa in polne vožnje glede na težo bremena	50
Slika 18: Struktura produktivnega časa glede na razdaljo vlačjenja (spravilo navzdol)	51
Slika 19: Struktura produktivnega časa glede na razdaljo vlačjenja (spravilo navzgor).....	52
Slika 20: Struktura produktivnega časa glede na število kosov v bremenu	53
Slika 21: Struktura produktivnega časa glede na težo bremena	54
Slika 22: Prikaz pulza med delom preko delovnega časa (2. snemalni dan).....	55
Slika 23: Prikaz poteka težavnosti dela skozi delovni čas pri spravilu navzdol (1. in 2. dan)	56
Slika 24: Prikaz poteka težavnosti dela skozi delovni čas pri spravilu navzgor (5. in 6. dan).....	56
Slika 25: Težavnost dela v delovnem in produktivnem času glede na razdaljo vlačjenja.....	60
Slika 26: Težavnost dela v delovnem in produktivnem času glede na težo bremena	61
Slika 27: Težavnost dela v delovnem in produktivnem času glede na število kosov v bremenu.....	61
Slika 28: Težavnost dela traktorista in sekača (2.snemalni dan).....	63
Slika 29: Težavnost dela po posameznih snemalnih dnevih	64
Slika 30: Težavnost dela po posameznih kazalnikih in dopustne meje.....	65
Slika 31: Prikaz jakosti ropota preko delovnega časa (2. snemalni dan)	67
Slika 32: Frekvenčni spekter ropota glede na uporabo delovnih sredstev	71
Slika 33: Frekvenčni spekter ropota glede na položaj delavca.....	71
Slika 34: Frekvenčni spekter ropota glede na hitrost vožnje.....	72
Slika 35: Frekvenčni spekter ropota glede na smer spravila	73
Slika 36: Obremenitev z ropotom pri polni vožnji glede na razdaljo vlačjenja	74
Slika 37: Obremenitev z ropotom v produktivnem in delovnem času glede na razdaljo vlačjenja...	75
Slika 38: Obremenitev z ropotom pri polni vožnji glede na težo bremena	76
Slika 39: Obremenitev z ropotom v produktivnem in delovnem času glede na težo bremena	76
Slika 40: Obremenitev z ropotom pri polni vožnji glede na število kosov v bremenu	77
Slika 41: Obremenitev z ropotom v produktivnem in delovnem času glede na število kosov v bremenu	77

Slika 42: Prikaz jakosti tresenja celega telesa preko delovnega časa (RMS VTV)	78
Slika 43: Prikaz jakosti tresenja celega telesa preko delovnega časa (VDV VTV)	79
Slika 44: Obremenitev s tresenjem celega telesa pri polni vožnji glede na razdaljo vlačjenja	86
Slika 45: Obremenitev s tresenjem celega telesa v produktivnem in delovnem času glede na razdaljo vlačjenja	87
Slika 46: Obremenitev s tresenjem celega telesa pri polni vožnji glede na težo bremena	87
Slika 47: Obremenitev s tresenjem celega telesa v produktivnem in delovnem času glede na težo bremena	88
Slika 48: Obremenitev s tresenjem celega telesa pri polni vožnji glede na število kosov v bremenu	89
Slika 49: Obremenitev s tresenjem celega telesa v produktivnem in delovnem času glede na število kosov v bremenu	89
Slika 50: Obremenitev s tresenjem celega telesa pri polni vožnji glede na razdaljo vlačjenja	90
Slika 51: Obremenitev s tresenjem celega telesa v produktivnem in delovnem času glede na razdaljo vlačjenja	91
Slika 52: Podolžni profil vlake pri spravilu navzdol (1.snemalni dan)	122
Slika 53: Podolžni profil vlake pri spravilu navzdol (3.snemalni dan)	122
Slika 54: Podolžni profil vlake pri spravilu navzdol (4.snemalni dan)	123
Slika 55: Podolžni profil vlake pri spravilu navzgor (5.snemalni dan)	123

1 UVOD

V Sloveniji, po podatkih Zavoda za gozdove RS, še vedno, kljub naraščanju uporabe sodobnih načinov spravila lesa, prevladuje klasično, traktorsko spravilo lesa. Za to obliko spravila lesa izvajalci uporabljajo različne vrste traktorjev. Tu mislimo predvsem na manjše in srednje velike prilagojene kmetijske traktorje in večje, izključno za gozdarstvo izdelane zgibne traktorje. Slednji so namenjeni predvsem za delo v težjih terenskih razmerah v gozdu. Zato imajo v splošnem večjo skupno maso, vgrajene močnejše motorje in posledično premorejo večjo vlečno silo. In kar je najpomembnejše za potencialne kupce omenjenih strojev, so občutno dražji, vendar tudi učinkovitejši, kot njihove manjše prilagojene različice.

V zadnjih nekaj letih se v slovensko gozdarstvo uvaja nov zgibni traktor Ecotrac 120V, hrvaškega proizvajalca Hittner. Ta naj bi zamenjal dražje zgibnike, kot sta npr. Woody 110, domačega proizvajalca Vilpo d.o.o., oz. zgibnike znamke Timberjack, ki so prenehali proizvajati našim razmeram primerne zgibne traktorje z oznako 240C. Prvi primerek omenjenega stroja so leta 2008 poskusno uvedli v gozdarskem podjetju Snežnik d.o.o. iz Kočevske Reke, leto kasneje pa so jih pričeli uporabljati tudi na podjetju Gozdarstvo Grča, d.d. iz Kočevja, kjer so zamenjali srednje velike zgibne traktorje Iwafuji T-41, ki so jih prav tako kot zgibnike Timberjack 240C prenehali proizvajati. Po besedah predstavnikov podjetja so se za nakup tovrstnega stroja odločili predvsem zaradi nižje nabavne cene in s strani proizvajalca zagotovljenega rednega servisa. Trenutno na podjetju Gozdarstvo Grča obratuje pet specialnih gozdarskih zgibnikov Ecotrac 120V.

Pri uvajanju novih tehničnih sredstev se poleg vprašanj o zanesljivosti, učinkovitosti in ekonomičnosti, pojavljajo tudi vprašanja o ergonomski ustreznosti oz. prilagojenosti stroja delavcu, ki ga upravlja. Minimalne zahteve o ergonomski ustreznosti, ki jih mora proizvajalec zagotoviti pred prodajo strojev na evropskem trgu, nujno ne zagotavljajo tudi, da bo delo s tem strojem v skladu z zakonodajo posameznih članic EU in mednarodnimi standardi.

Na obremenitve delavca z dejavniki delovnega okolja namreč poleg delovnega stroja vpliva način upravljanja stroja, ki je odvisen predvsem od delavca, ter od sestojnih, terenskih in delovnih razmer, od katerih je pri traktorskem spravilu lesa zagotovo najpomembnejša razdalja vlačjenja. Od razmer je namreč odvisno koliko časa bo traktorist v kabini in tako izpostavljen vplivom traktorja. Ker ta delež pri spravilu lesa dosega tudi polovico celotnega delovnega časa, je pomembno, da je traktor oz. traktorska kabina ergonomsko primerna, sicer lahko prihaja do nevarnih poškodb in trajnih zdravstvenih okvar delavca traktorista.

Zaradi relativno kratke uporabe zgibnika Ecotrac 120V v slovenskem gozdarstvu, trenutno za delo z njim ne poznamo strukture delovnika in učinkov, še manj pa težavnosti dela in obremenitev delavca z vplivi, ki izvirajo iz dejavnikov delovnega okolja, kot so tresenje celega telesa in obremenitev z ropotom, ki jih ne poznamo tudi za nekatere tehnologije, ki so v uporabi že veliko dlje.

Z namenom, da se zapolni potreba in vrzel po znanju, ki je nastala z uvajanjem novega pravilnega sredstva v gozdno proizvodnjo, je cilj pričujoče magistrske naloge ugotoviti obremenitve delavca z dejavniki delovnega okolja in težavnost dela pri spravilu lesa z zgibnim traktorjem Ecotrac 120V, ter raziskati morebiten vpliv odprtosti s primarnimi in sekundarnimi prometnicami na težavnost dela in obremenitve.

2 DOSEDANJE RAZISKAVE

Tema magistrske naloge obsega znanja iz različnih smeri gozdne tehnike. Vključene so vsebine o pridobivanju lesa, organizaciji dela v gozdarstvu, projektiranju tehnoloških sistemov, gozdnih prometnicah, predvsem pa o ergonomiji in humanizaciji dela v gozdarstvu ter ergonomskem oblikovanju dela.

Humanizacija dela je po definiciji vsestransko stremljenje k človeku prijaznemu delu. Prav tako je humanizacija način razmišljanja pri sodobni organizaciji dela. Pri organizaciji dela v gozdarstvu so pomembni štirje elementi, in sicer (Lipoglavšek in Kumer, 1998):

- človek in njegova fiziologija in psihologija ter varstvo pri delu in pedagogika,
- gozd v smislu nege gozdov, gozdoslovja, gozdnogojitvenega sistema in samega načrtovanja,
- tehnika z metodami preučevanja, načrtovanja in pripravo dela in tehnologije ter
- ekonomika s programiranjem in analizo proizvodnje, sistemi nagrajevanja ter funkcionalno analizo vrednosti.

Ergonomija (grško ergon pomeni delo, nomos pa nauk), torej nauk o delu, pa se ne ukvarja več s celotno organizacijo dela tako kot humanizacija, ampak le s človekom pri delu oziroma s prilagoditvijo dela človekovim lastnostim in sposobnostim. Ergonomija interdisciplinarno vključuje tehnična, fiziološka, psihološka, medicinska, sociološka in druga znanja in s tem išče kompromise med prijaznostjo (prilagojenostjo človeku) in učinkovitostjo dela. Vsa ta spoznanja uveljavlja v praktični organizaciji dela zaradi poslovnih in socialnih interesov varstva pri delu (Lipoglavšek in Kumer, 1998).

Ergonomsko oblikovanje dela se ukvarja predvsem s ciljem, ki je oblikovanje takega dela, ki bi bilo prilagojeno človeku oz. njegovim lastnostim, sposobnostim in hotenjem, torej ergonomsko najugodnejše. Načelo ergonomskega oblikovanja dela je, da morajo biti racionalne tehnične rešitve oblikovanja dela tudi ergonomsko sprejemljive, kajti

dolgoročno le take rešitve pomenijo gospodarno delo brez bolezni, invalidnosti, s trajno visokimi delovnimi učinki (Lipoglavšek in Kumer, 1998).

V Sloveniji in tujini se večina raziskav bolj osredotoča na merjenje in proučevanje učinkov pri delu, kot na ergonomsko primernost strojev in delovnih mest (Žunič, 2010).

V preteklosti se je s problematiko nezgod in obremenitvami delavcev pri delu v gozdarstvu ukvarjal predvsem prof. Lipoglavšek (1981, 1982, 1992), ki je v številnih raziskavah ugotavljal tako obremenitve sekačev, kot tudi obremenitve delavca pri spravilu lesa in drugih najpogostejših oblikah dela v gozdarstvu. V zadnjih letih pa sta ga na tem področju uspešno zamenjala prof. Potočnik in Poje (2006, 2007, 2008, 2011).

2.1 VPLIVI DELOVNEGA OKOLJA NA DELAVCA PRI GOZDNEM DELU

Človek vedno opravlja delo ob skupku vplivov, ki od zunaj delujejo nanj, na njegovo delovno zmogljivost in pripravljenost za delo. Vse zunanje vplive imenujemo delovno okolje. Posamezni vplivi delujejo hkrati in so lahko vsak zase ali pa je njihov skupni učinek ugoden ali neugoden za delo. Predstavljamo si jih lahko tudi kot izseke kroga z enako ali bolje z različno pomembnostjo vplivanja na delo. Pri večini dejavnikov delovnega okolja lahko ocenimo njihovo delovanje s tremi veličinami (mejami) in jih razdelimo na štiri območja; optimalno, še ugodno, ovira delo, škoduje zdravju (Lipoglavšek in Kumer, 1998).

Lipoglavšek in Kumer (1998), navajata, da delovno okolje vpliva na fiziološka dogajanja, na centralni živčni sistem, na delavčevo počutje, na delovni učinek, na zdravje, na varnost dela, na trajanje delovne dobe itd. Zapisala sta, da nas zanimajo predvsem neugodni vplivi na delo, na človeka, na delovni učinek, ker so njihovi učinki običajno večji kot učinki ugodnih dejavnikov. Pri posameznih delih so pomembnejši eni, pri drugih drugi dejavniki okolja, enkrat fizikalni, drugič psihološki, tretjič spet sociološki. V gozdarstvu se nam zdi, da so najpomembnejši fizikalni dejavniki, in sicer neugodni vplivi ropota, tresenja in izpušnih plinov uporabljene mehanizacije, podnebni in biotski vplivi. Manj pomembni so še vplivi svetlobe, strupov in prahu.

2.2 TEŽAVNOST DELA

Na težavnost dela sekača in traktorista vplivajo različni dejavniki. Odvisna je predvsem od delavčevih fizičnih lastnosti (spol, starost, telesna masa, treniranost), načina dela ter okoljskih in delovnih razmer (temperatura zraka, padavine, vlaga, naklon in oblikovanost terena, delovna oprema) (Žmuc, 2011).

Večina domačih avtorjev je v svojih raziskavah ugotovila, da so najtežavnejša opravila pri spravilu lesa tista, ki potekajo izven traktorja. V večini primerov gre bodisi za opravila pri zbiranju lesa, bodisi za opravila pri katerih traktorist pomaga sekačem. Tako je Poje (2011) v svoji raziskavi ugotovil, da so najtežavnejša opravila, ki jih traktorist ne opravlja pogosto in trajajo manj časa (pulz med delom = 121,1-122,0 u/min), sledijo pa opravila, ki jih je traktorist opravljal izven traktorja pri zbiranju lesa (103,5-111,8 u/min). Podobno je v svoji raziskavi ugotovil Žunič (2010). Največjo težavnost dela je ugotovil pri opravilih, pri katerih traktorist pomaga sekačem (126,0-151,0 u/min). Prav tako je ugotovil, da med bolj zahtevne delovne operacije sodijo tiste, ki jih traktorist opravlja med zbiranjem lesa (138,0-143,3 u/min). Da so najtežavnejša opravila, pri katerih traktorist pomaga sekaču, je ugotovila tudi Odar (2011). V raziskavah je bilo ugotovljeno, da so manj težavna opravila, ki jih traktorist opravlja v traktorju oz. s pomočjo traktorja. Izračunan povprečen pulz med delom pri teh opravilih znaša med 85,0 in 98,3 u/min (Poje, 2011), med 110,0 in 124,0 u/min (Žunič, 2010) oz. med 103,0 in 113,0 u/min (Odar, 2011). Ugotovljen povprečni pulz med delom pri spravilu lesa je različen in znaša med 115 in 128,7 u/min. Povprečni pulz v produktivnem času znaša med 114 in 128,7 u/min, v neproduktivnem času pa med 83,1 in 125,9 u/min.

2.3 OBREMENITEV Z ROPOTOM

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. Avtorja navajata, da s hrupom raje označujemo nepravilne zvoke v bivalnem okolju ali zvoke, ki od drugod pridejo v naše delovno okolje. Zvoki v okolju so 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.

Pri pregledu dosedanjih raziskav smo se osredotočili na ekvivalentno jakost ropota (LA_{eq}), ki je bolj primerna za primerjavo s tujimi raziskavami.

Različni avtorji so ugotovili, da največjo obremenitev z ropotom predstavljajo opravila pri katerih traktoristi uporabljajo motorno žago. Tako Poje (2011) ugotavlja, da je bil traktorist najbolj obremenjen pri opravljanju delovne operacije dodelava na skladišču (96,3 dB(A)), Žunič (2010) in Šenica (2012) pa največjo obremenitev z ropotom ugotavljata pri delovni operaciji pomoč sekaču in dodatno krojenje (90-99 dB(A) oz. 94-96 dB(A)). Poleg opravil z motorno žago se največje vrednosti ekvivalentne jakosti ropota pojavljajo pri polni in prazni vožnji ter ostalih delovnih operacijah, ki jih traktorist opravlja s pomočjo traktorja. Obremenitve z ropotom med vožnjo se pri polni vožnji gibljejo med 89 in 92,8 dB(A), pri prazni vožnji pa med 86,7 in 92 dB(A). Najmanjše obremenitve z ropotom pa so različni avtorji ugotovili med opravili izven traktorja (razvlačevanje, vezanje, privlačevanje, odvezovanje ipd.). Izračunane vrednosti ekvivalentne jakosti ropota za produktivni čas so različne in se gibljejo med 83,1 in 90,0 dB(A)). Žunič (2010) ugotavlja, da so traktoristi, ki pri svojem delu uporabljajo starejše stroje (IMT), načeloma bolj obremenjeni z ropotom (LA_{eq} : IMT 571 = 96,9 dB(A), JOHN DEERE 6220 = 73,5 dB(A)). To kaže na velik napredek v razvoju traktorskih kabin v smislu ergonomske ustreznosti.

Lipoglavšek (1981) ter Lipoglavšek in Koren (1982) največje obremenitve z ropotom ugotavljajo pri polni in prazni vožnji. Vrednosti ekvivalentne jakosti ropota so se pri polni vožnji gibale med 91,4 in 100 dB(A), odvisno od stroja. Pri prazni vožnji so se vrednosti gibale med 92,6 in 101,1 dB(A). V času, ko so bili delavci izven traktorja so bile jakosti ropota nižje (40 – 83,8 dB(A)). V delovnem času je bil najbolj obremenjen traktorist najmočnejšega stroja (Timberjack) (LA_{eq} = 97,2 dB(A)), najmanj pa traktorist, ki je upravljal prilagojen kmetijski traktor IMT 558 (LA_{eq} = 90,7 dB(A)). V raziskavah so ugotovili, da so obremenitve z ropotom večje pri večjih in močnejših strojih.

Seixas in sod. (1999) so v Braziliji merili jakost ropota, ki ga povzročajo delovni stroji v gozdarstvu. Ugotavljali so jakost ropota šestnajstih strojev (zgibni polprikoličarji, nakladalniki, stroji za sečnjo, stroji s procesorji, zgibni traktorji). Meritve so potekale med opravljanjem vsakodnevnih opravil. Ugotovili so, da so jakosti ropota vseh strojev pod dovoljeno mejo, ki je v Braziliji 85 dB(A). Avtorji navajajo, da je bila največja obremenitev z ropotom izmerjena pri spravilu lesa z zgibnim traktorjem (82 dB(A)). Najvišja jakost ropota je bila izmerjena med polno vožnjo (84,2 dB(A)), sledijo opravila pri zbiranju lesa (83,6 dB(A)) in prazna vožnja (82,4 dB(A)). V zaključku raziskave so avtorji zapisali, da je pozitivna ugotovitev raziskave ta, da novejši stroji v gozdarstvu niso tako zdravju škodljivi kot njihovi starejši predhodniki.

Payandeh in sod. (2011) so ugotavljali vpliv hitrosti vožnje, bremena in kabine na obremenitev z ropotom in zdravje delavcev. Jakosti ropota so ugotavljali pri različnih hitrostih vožnje (1,9, 2,2, 2,9, 3,7 in 6,1 km/h), brez kabine oz. s kabino z odprtim oknom, pri polni in prazni vožnji. V povprečju je bila najvišja jakost ropota pri hitrosti 2,9 km/h pri prazni vožnji z odprto kabino, prav tako pri polni vožnji brez kabine in z odprto kabino. Jakost ropota je do hitrosti 2,9 km/h naraščala, nato je začela padati, razen v primeru polne vožnje pri traktorju brez kabine. Najvišja jakost ropota je bila izmerjena pri polni vožnji (3,7 km/h) v primeru traktorja brez kabine, najnižja jakost pa je bila izmerjena pri prazni vožnji (1,9 km/h) v primeru odprte kabine. Avtorji ugotavljajo, da pri povprečni hitrosti (4,5 do 5 km/h), ki velja za oranje v Iranu, ko obremenitev z ropotom znaša 92 dB(A), traktorist ne sme voziti več kot eno uro in pol na dan, v nasprotnem primeru je nujno potrebna osebna varovalna oprema (glušniki).

2.4 OBREMENITEV S TRESENJEM CELEGA TELESA

Tresenje je prav tako pomemben dejavnik delovnega okolja pri delu v gozdu, ki neugodno vplivajo na delavca. To so mehanična nihanja, ki se po različnih materialih – sestavnih delih strojev (tla, sedež, pedala, ročice) prenašajo na človeka, ki stroje upravlja ali jih uporablja. Neugoden vpliv je odvisen od jakosti, frekvence, smeri, trajanja in mesta, kjer se prenaša na človeško telo (Lipoglavšek in Kumer, 1998).

Lipoglavšek in Kumer (1998), navajata, da so bile v preteklosti, pri traktoristih v gozdarstvu, na periodičnih pregledih ugotovljene relativno pogosto bolezni kosti in gibal. Po pogostnosti so bila ta obolenja na drugem mestu, takoj za naglušnostjo. Čeprav ni bilo mogoče dokazati neposredne zveze med obolenji in poklicnim delom, pa avtorja domnevata, da tresenje traktorjev tudi pospešuje ta obolenja. Meritve lastnosti traktorja – tresenja na sedežu kažejo, da je traktorist obremenjen s tresenjem, ki ovira delo oziroma zmanjšuje njegovo zmogljivost.

V različnih raziskavah avtorji ugotavljajo, da do največjih obremenitev s tresenjem celega telesa prihaja, ko se traktor premika. Poje (2011) in Žunič (2010) sta največje obremenitve s tresenjem po kazalniku RMS VTV (vektorska velikost tresenja) izmerila med prazno vožnjo ($1,31$ oz. $1,97 \text{ m/s}^2$). V nekaterih primerih so podobno ugotovili tudi Košir (1982) ter Lipoglavšek in Koren (1982). Prazni vožnji po jakosti tresenja večinoma sledita delovni operaciji polna vožnja in rampanje. Žunič (2010) je drugo najvišjo vrednost jakosti tresenja ugotovil med privlačenjem v traktorju ($1,92 \text{ m/s}^2$). Najmanjše vrednosti so avtorji v splošnem ugotovili pri delovnih operacijah pri katerih traktor miruje. Izmerjene vrednosti obremenitev s tresenjem celega telesa za produktivni čas se gibljejo med $1,13$ in $4,29 \text{ m/s}^2$. Košir (1982) ter Lipoglavšek in Koren (1982) so ugotovili, da je obremenitev s tresenjem celega telesa v produktivnem času največja pri močnejših strojih (IMT 558 = $2,65 \text{ m/s}^2$, Timberjack = $2,77 \text{ m/s}^2$). Največjo obremenitev s tresenjem v produktivnem času pa povzroča gosenični traktor FIAT 505C ($4,29 \text{ m/s}^2$).

Poje (2011) je v svoji raziskavi v okviru doktorske disertacije ugotavljal tudi jakosti tresenja celega telesa po kazalniku VDV VTV (skupna doza tresenja). Največjo vrednost je ugotovil med prazno vožnjo ($13,56 \text{ m/s}^{1,75}$). Prazni vožnji sledijo rampanje ($11,47 \text{ m/s}^{1,75}$), polna vožnja ($9,43 \text{ m/s}^{1,75}$) in izvajanje gozdnega reda ($8,62 \text{ m/s}^{1,75}$). V času, ko je bil traktorist v zgibniku je skupna doza tresenja znašala $17,8 \text{ m/s}^{1,75}$, vendar je pri tem potrebno opozoriti, da so meritve tresenja celega telesa trajale samo štiri ure.

Jack in sod. (2010) so v Kanadi ugotavljali obremenitve osmih delavcev s tresenjem pri upravljanju zgibnih traktorjev. Poleg merjenja jakosti tresenja v treh običajnih smereh so raziskovalci v tej raziskavi merili tudi jakosti tresenja v krožnih smereh. V splošnem so bile

največje vrednosti tresenja celega telesa izmerjene pri prazni vožnji (med $0,99 \text{ m/s}^2$ in $2,39 \text{ m/s}^2$), pri polni vožnji pa so se vrednosti gibale med $0,96 \text{ m/s}^2$ in $2,46 \text{ m/s}^2$. Avtorji so na podlagi rezultatov in primerjav z mednarodnimi standardi (ISO 2631-1:1997) ugotovili, da bi bilo v povprečju potrebnih 2,8 ur polne vožnje za prekoračitev zgornje meje območja previdnosti, definirane v mednarodnem standardu, ter 2,3 ure v primeru prazne vožnje.

2.5 RAZVOJ, UČINKI IN ERGONOMSKE ZNAČILNOSTI ZGIBNIKA ECOTRAC 120V

Horvat in sod. (2007) so v obsežni raziskavi, katere osnovni namen je bil v družino zgibnikov vpeljati nov zgibni traktor domačega proizvajalca Hittner d.o.o, predstavili morfološke karakteristike in dnevne učinke novega zgibnega traktorja Ecotrac 120V. V raziskavi ugotavljajo, da je na Hrvaškem v tistem času obratovalo približno 300 zgibnih traktorjev v lasti podjetja Hrvatske šume d.o.o., in okoli 100 zgibnikov v zasebni lasti. Na podlagi zahtev hrvaške gozdarske dejavnosti in potrebah po tovrstni tehnologiji je nastala ideja o proizvodnji domačega zgibnega traktorja z maso nad 7 ton. Pri projektu so sodelovali Ministrstvo za znanost, izobraževanje in šport, podjetje Hittner d.o.o., gozdarski strokovnjaki in znanstveniki iz Zagrebške gozdarske fakultete. Tako je nastal zgibni traktor Ecotrac 120V, ki je namenjen izpolnjevanju zahtev pri spravilu lesa v hrvaških gozdovih. V raziskavi je predstavljena predhodna različica zgibnika, ki se od trenutne različice ne razlikuje bistveno. Učinke zgibnega traktorja so avtorji merili na dveh različnih deloviščih. Prvo delovišče je bilo v bližini Đurđevaca, kjer so izvajali predhodno sečnjo. Proizvodnja je potekala na hribovitem terenu na nadmorski višini med 185 in 245 metrov. Spravilo je potekalo navzgor pri povprečni razdalji 257 metrov in povprečnem naklonu 4 %. Uporabljali so sortimentno metodo. Povprečno neto drevo je merilo $0,52 \text{ m}^3$, gostota sečnje pa je znašala $128 \text{ m}^3/\text{ha}$. V tem primeru je učinek zgibnega traktorja znašal $125,25 \text{ m}^3$ v 46 ciklih oz. približno $2,7 \text{ m}^3/\text{cikel}$. Traktorist je v povprečju potreboval $10,35 \text{ min/m}^3$. Dnevni učinek je v povprečju znašal $46,38 \text{ m}^3$.

Drugo delovišče je bilo na sredogorskem terenu v okolici Senja. Delo je potekalo na nadmorski višini med 960 in 1155 metri. Spravilo je potekalo navzdol s povprečno razdaljo vlačjenja 335 metrov in povprečnim naklonom vlake -9,6 %. Povprečno neto drevo

je merilo $1,59 \text{ m}^3$. Intenziteta sečnje je znašala $46 \text{ m}^3/\text{ha}$. Uporabljali so poldebelno metodo. Učinek zgibnega traktorja je znašal 255 m^3 v 48 ciklih oz. približno $5,3 \text{ m}^3/\text{cikel}$. V tem primeru je traktorist potreboval v povprečju $12,03 \text{ min/m}^3$. Dnevi učinek spravila je znašal $39,92 \text{ m}^3$.

Goglia in Đukić (2005) sta na primeru prototipa zgibnega traktorja Ecotrac 120V ugotavljala jakost ropota in tresenja na novem in eno leto starem zgibniku. Jakost ropota so snemali pri različnih obratih motorja. Največja jakost ropota pri novem in eno leto starem stroju je bila izmerjena med polnim plinom ($85,5$ oz. 84 dB(A)), najnižja pa med prostim tekom ($900 \text{ min}^{-1} = 73,5$ oz. $74,5 \text{ dB(A)}$). Ugotovili so, da je jakost ropota pri eno leto starem stroju nižja. Na podlagi rezultatov so zaključili, da so ugotovljene vrednosti jakosti ropota takšne, da lahko traktorist delo opravlja brez osebne varovalne opreme. Glede na jakost ropota zgibnik po njihovem mnenju zadostuje vsem varnostnim zahtevam, tako nov, kot tudi eno leto star stroj.

Jakost tresenja so merili na volanu in na sedežu zgibnika. Na volanu novega stroja so ugotovili, da je največja jakost tresenja pri prostem teku ($2,88 \text{ m/s}^2$), najmanjša vrednost pa pri polnem plinu ($0,58 \text{ m/s}^2$). Pri eno leto starem stroju so vrednosti nižje. Največja je bila izmerjena pri prostem teku ($0,84 \text{ m/s}^2$), najmanjša pa pri polnem plinu ($0,43 \text{ m/s}^2$).

Na sedežu novega zgibnika so ugotovili naslednje vrednosti. V horizontalni smeri (X) so se jakosti tresenja gibale med $0,092 \text{ m/s}^2$ pri vožnji v prvi prestavi in $0,63 \text{ m/s}^2$ pri vožnji v peti prestavi. V aksialni smeri (Y) so se jakosti tresenja gibale med $0,042 \text{ m/s}^2$ pri vožnji v prvi prestavi in $0,38 \text{ m/s}^2$ pri vožnji v peti prestavi. V vertikalni smeri (Z) pa so se vrednosti gibale med $0,06 \text{ m/s}^2$ in $0,357 \text{ m/s}^2$ pri vožnji v peti prestavi. Pri eno leto starem stroju so jakosti snemali pri sedmih različnih obremenitvah motorja zgibnika (prosti tek-najvišji obrati motorja). Ugotovili so, da v nobeni smeri (X, Y, Z) niti pri nobeni obremenitvi motorja ne pride do jakosti tresenja celega telesa, ki bi lahko ogrozila zdravje traktorista.

3 POSTAVITEV DELOVNIH HIPOTEZ

Na podlagi pregleda dosedanjih raziskav, ogleda zgibnega traktorja Ecotrac 120V pri delu in dosedanjih izkušenj smo postavili naslednje delovne hipoteze:

- težavnost dela traktorista pri spravilu lesa z zgibnim traktorjem Ecotrac 120V presega dopustne meje,
- obremenitve z ropotom in s tresenjem celega telesa presegajo dopustne obremenitve glede na trenutno slovensko zakonodajo,
- na vse merjene dejavnike (težavnost dela, obremenitve z ropotom in tresenjem celega telesa) značilno vplivajo kazalci odprtosti gozdnega prostora s primarnimi in sekundarnimi gozdnimi prometnicami.

4 MATERIAL IN METODE

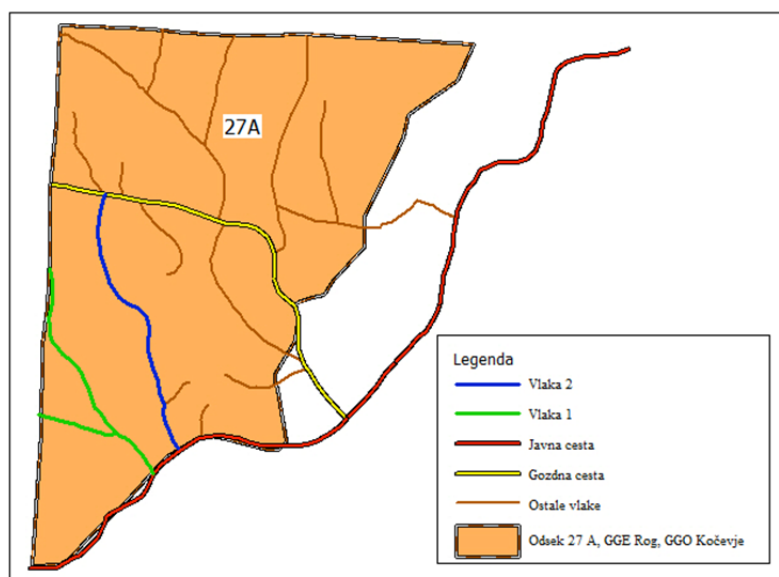
4.1 POSTOPEK IZBIRE OBJEKTA

Za potrebe magistrske naloge je bilo potrebno izbrati primeren objekt za izvedbo terenskega dela raziskave. Na razgovoru, ki smo ga opravili s predstavniki podjetja Gozdarstvo Grča, smo predstavili določene zahteve glede ustreznosti objekta raziskave.

Glede na cilj magistrske naloge so bile osnovne zahteve; oddelek s tipičnimi terenskimi razmerami za visoki kras, primernimi za spravilo lesa z zgibnim traktorjem, primerne sestojne razmere (jelovo bukovi gozdovi) ter redno, čim bolj enakomerno odkazilo. Znotraj izbranega oddelka so bile potrebne vlake različnih kategorij vlačjenja (gor, dol) z dolžino 250-500 m. Zanimala nas je skupina delavcev z organizacijsko obliko I+2, pri kateri traktorist upravlja gozdarski zgibni traktor Ecotrac 120.

Prehodili in ogledali smo si več oddelkov, ki so deloma ustrezali našim zahtevam. Na koncu smo se odločili za oddelek 27 v gozdnogospodarski enoti Rog, na gozdnogospodarskem območju Kočevje. S pomočjo programa MapInfo smo izdelali profile nekaterih vlak. Na vlakah, ki so najbolj ustrezale našim kriterijem smo z GPS napravo posneli lokacije odkazanih dreves in njihove prsne premere. To smo storili predvsem zato, ker nas je zanimala skupna količina odkazanega drevja za spravilo na posamezni vlaki.

Na podlagi izdelanih profilov, ogleda na terenu in izračunane bruto lesne mase odkazanih dreves, smo se odločili, da meritve izvedemo na vlakah št. 1 in 2. (slika 1). Na vlaki številka 1 je spravilo potekalo navzdol, na vlaki številka 2 pa navzgor.



Slika 1: Raziskovalni objekt (oddelek 27, GGE Rog, GGO Kočevje)

4.2 SPLOŠNE LASTNOSTI OBJEKTA

Vse podatke za splošen opis objekta smo pridobili v Gozdnogospodarskem načrtu za gozdnogospodarko enoto Rog, ki je bil izdelan leta 2007.

Površina izbranega oddelka znaša 26,10 hektarjev in je v celoti v državni lasti. Oddelek uvrščamo v rastiščnogojitveni razred *Abieti-Fagetum D. Omphalodetosum* – skupinsko raznodobni. Razteza se na nadmorski višini od 820 do 900 m. Položaj je vznožje, relief je gladek, ekspozicija pa jugovzhodna. Povprečen naklon v oddelku je 10 stopinj, kamnitost oz. skalovitost je 10 oz. 25 %. Matična kamnina je dolomitiziran apnenec.

Gozdne združbe, ki prevladujejo so *Omphalodo-Fagetum Neckeretosum* (50%), *Omphalodo-Fagetum Scopolietosum* (40%) in *Omphalodo-Fagetum Aceretosum* (10%). V oddelku se pojavlja letvenjak smreke, debeljak bukve, smreke, jelke in javorja, skupinsko raznomenen gozd bukve in jelke, drogovnjak bukve in gozdna jasa z ostanki žage in več objekti.

Gozdovi so ohranjeni (do 30 %). Lesna zaloga za iglavce znaša 219 m³/ha, za listavce 222 m³/ha, skupno torej 441 m³/ha. Prevladujejo naslednje drevesne vrste; bukev (46 %), jelka

(45 %), smreka (4 %), gorski javor (3 %) in češnja (1 %). Mladovje in podmladek je v oddelku prisotno na površini 1,23 hektarja

V oddelku so s prvo stopnjo poudarjenosti prisotne; funkcija ohranjanja biotske raznovrstnosti, funkcija varovanja naravnih vrednot, varovanje kulturne dediščine, estetska in turistična funkcija. Drugo stopnjo poudarjenosti imata hidrološka in rekreacijska funkcija.

Spravilo lesa poteka s traktorjem. Povprečna pravilna razdalja znaša 170 m. Delež površine, ki je odprta z gozdnimi vlakami je 100 %.

Skupna količina posekanega lesa v izbranem oddelku je znašala 2.743,36 m³, od tega 1.459,18 m³ iglavcev in 1.284,18 m³ listavcev.

4.3 LASTNOSTI SPRAVILNEGA SREDSTVA

Spravilo lesa je potekalo s specialnim gozdarskim zgibnim traktorjem Ecotrac 120V, hrvaškega proizvajalca Hittner d.o.o. (slika 2).



Slika 2: Hittner Ecotrac 120V

Gozdarski zgibnik, na katerem smo izvajali meritve, je bil star tri leta. Opravljenih je imel 3.400 delovnih ur. Stroj je opremljen z dvobobenskim vitlom, ki premore dva krat 80 kN vlečne sile. Na vitlu je nameščena jeklena vrv s premerom 12 mm, skupne dolžine 60 metrov. Skupna masa zgibnika znaša 7200 kg, dolžina 7130 mm, širina 2440 mm in višina 2950 mm. Zgibnik je imel v času gozdne proizvodnje na kolesih ves čas nameščene verige.

Glede na dosedanje izkušnje zgibnik glede učinkovitosti zadovoljuje potrebe, ima pa tudi nekaj pomankljivosti. Tako delavci izpostavljajo težave pri prenosu moči (kardan) in težave pri razvijanju jeklene vrvi. Te težave so se pojavile tudi v času naše raziskave.

Ostale tehnične podatke zgibnega traktorja Ecotrac 120V prikazujemo v preglednici 1.

Preglednica 1: Tehnični podatki zgibnega traktorja Ecotrac 120V

DIMENZIJE IN MASA	
DOLŽINA	7130 mm
ŠIRINA	2440 mm
VIŠINA	2950 mm
PREHODNOST	570 mm
SKUPNA MASA	7200 kg
PREDNJA:ZADNJA OS	59:41
MINIMALNI RADIJ OBRAČANJA	5,1 m
VITEL	
Dvobobenski hidravlični z elektro hidravličnim upravljanjem	
VLEČNA SILA	2 X 80 kN
UPRAVLJANJE VITLA	DALJINSKO
JEKLENA VRV	60 m / 12 mm
HITROST NAVIJANJA	0-1,26 m/s
NOTRANJI PREMER BOBNA	200 mm
ZUNANJI PREMER BOBNA	490 mm
MOTOR	
ZNAMKA	DEUTZ
TIP	F6L-914
MOČ	84 kW pri 2300 vrtljajih/min
HLAJENJE	ZRAČNO
IZPUŠNI PLINI	EPA/COM II
NAJVIŠJA HITROST	30 km/h
PROSTORNINA REZERVOARJA	70 l
SPECIFIČNA PORABA	220 – 240 g/kWh
MENJALNIK	MEHANSKI, SINHRONIZIRAN
ŠTEVILO PRESTAV	10 naprej, 2 nazaj
POGON	STALNI 4X4, 2 diferenciala
UPRAVLJANJE	HIDRAVLIČNO
PNEVMATIKE	16,9 – 30, R-1, 14 PR
RAMPNA DESKA	HIDRAVLIČNA
NALETNA DESKA	HIDRAVLIČNA

4.4 OPIS DELAVCEV

Kot je bilo ugotovljeno že v preteklosti, so fizične lastnosti delavca, ki opravlja težko delo traktorista v gozdarstvu, zelo pomembne in značilno vplivajo na njegovo fizično pripravljenost. Le-ta pa posledično vpliva predvsem na traktoristovo težavnost dela.

Izbrana organizacijska oblika je imela enega traktorista in dva sekača (I+2). V raziskavi so sodelovali vsi trije delavci, vsi zaposleni v podjetju Gozdarstvo Grča.

Delavec traktorist je bil star 28 let, končano ima osnovno šolo. Delavec je poročen in ima dva otroka. Poklic gozdnega delavca opravlja že 10 let, tako da gre v tem primeru za relativno izkušenega delavca. Visok je 177 cm in tehta 72 kg. Delavec traktorist je kadilec. Na dan pokadi približno 20 cigaret. V preteklosti je pri opravljanju dela sekača doživel delovno nezodo pri kateri je utrpel resnejšo poškodbo. Na gozdarskem zgibniku Ecotrac 120V je delal 2 leti in 7 mesecev. Pri svojem delu uporablja motorno žago znamke STIHL, tip MS 341. Dolžina meča motorne žage je 45 cm, uporablja verigo znamke STIHL s 3/8 korakom, ki ima 33 rezalnih zob. Motorna žaga je bila stara 2 leti.

Sekač 1 je bil star 21 let, po poklicu je trgovec. Delavec je bil v času snemanja samski. Poklic godnega delavca-sekača opravlja 2 leti. Visok je 180 cm, tehta 90 kg. Delavec je kadilec. Občasno uživa alkohol. V preteklosti ni doživel hujše delovne nesreče. V skupini z gozdnim delavcem-traktoristom, ki upravlja z gozdarskim zgibnikom Ecotrac 120V, dela skoraj 2 leti. Pri svojem delu uporablja motorno žago znamke STIHL, tip MS 460. Dolžina meča motorne žage je 45 cm, uporablja verigo znamke STIHL s 3/8 korakom. Motorna žaga delavca sekača je bila stara 1 leto.

Sekač 2 je bil star 28 let, po poklicu je mizar. Je poročen in ima dva otroka. Poklic godnega delavca-sekača opravlja 7 let, v podjetju je zaposlen šesto leto. Visok je 178 cm, tehta 81 kg. Delavec nima škodljivih življenjskih razvad kot sta uživanje alkohola ali kajenje, prav tako v preteklosti ni doživel hujše delovne nesreče. V skupini z gozdnim delavcem-traktoristom, ki upravlja z gozdarskim zgibnikom Ecotrac 120V, dela 2 leti in 5 mesecev. Pri svojem delu uporablja motorno žago znamke STIHL, tip MS 460. Dolžina

meča motorne žage je 45 cm, uporablja verigo znamke STIHL s 3/8 korakom. Motorna žaga delavca sekača je bila stara 5 let in 6 mesecev.



Slika 3: Delovna skupina z organizacijsko obliko I+2

4.5 OPIS POTEKA MERITEV

Meritve za magistrsko nalogo smo izvedli v mesecu septembru, v tednu od 10. do 14. ter 17. in 18. septembra 2012. Za terensko delo (ogled, priprava, meritve) smo skupno potrebovali deset dni, same meritve za magistrsko nalogo pa so potekale šest delovnih dni. Sočasno z meritvami različnih obremenitev in težavnosti dela je potekala časovna študija. Takoj po prihodu na delovišče smo pričeli z merjenjem časa. V časovni študiji smo priprave pred pričetkom snemanja obremenitev označili kot zastoj zaradi meritev.

Najprej smo v bližini delovišča postavili prenosno napravo za merjenje klimatskih dejavnikov. Vsak dan smo pred pričetkom gozdne proizvodnje celotno ekipo in gozdarski zgibnik opremili z merilnimi napravami.

Gozdnega delavca-traktorista smo najprej opremili z merilnikom srčnega utripa. Ko smo delavcem nadeli merilnik, je le-ta oddal zvočni signal, ki je pomenil začetek merjenja srčnega utripa. Oba sekača smo opremili samo z merilnikom srčnega utripa. Začetek

merjenja smo zabeležili v časovni študiji. Merilniki srčnega utripa so bili označeni z različnimi barvnimi oznakami, tako, da smo jih med seboj ločili.

V zgibnik na sedež smo pritrdili merilnik za merjenje tresenja celega telesa. Na sedišče smo z lepilnim trakom pritrdili adapter. Na naslon sedeža smo obesili zaščitno torbo v kateri je bila shranjena naprava za zajem izmerjenih jakosti tresenja. Ker merilnik za merjenje tresenja podatke zajema samo štiri ure in pol, smo ga med prekinitvami izklapljali. Vsakič, ko smo napravo zagnali ali izključili, smo začetek in konec merjenja zabeležili v časovni študiji.

Traktorista smo nato opremili z merilnikom za zajem jakosti ropota. Začetek in konec merjenja ropota smo prav tako zabeležili. Prvi dan meritev smo imeli z merilnikom ropota nekaj težav. Ta se je namreč izklapljal zaradi slabo pritrjene zaščite za baterijo. Ko smo problem odpravili so meritve ropota potekale nemoteno. Pred pričetkom proizvodnje je delavec traktorist opravil nekaj značilnih gibov s čimer smo preizkusili ali ga nahrbtnik z nameščenimi merilnimi napravami in prilagojena zaščitna čelada kakorkoli ovirata. Namestili smo ju tako, da delavca med gozdno proizvodnjo nista motila.

Po pripravi in namestitvi merilnih naprav so delavci pričeli z delom. Med delom, ki smo ga skušali čim manj motiti, smo se posvetili izdelavi čim bolj natančne časovne študije, pri čemer smo spremljali le traktorista. Delavca smo spremljali na vsakem koraku in njegove delovne postopke skrbno beležili. Vse izmerjene čase, posamezne delovne operacije, prijeme in opombe smo zapisovali v poseben obrazec za beleženje časovne študije. Poleg časovne študije in snemanja obremenitev smo merili tudi učinke zgibnega traktorja Ecotrac 120V. Po koncu proizvodnje, smo vsak dan izmerili podolžen profil vlake, na kateri je tisti dan potekalo spravilo.

Na koncu vsakega delovnega dneva smo merilne naprave izključili. Izmerjene podatke smo z ustrezno programsko opremo prenesli na prenosni računalnik in kasneje v program MS Excel.

4.6 ČASOVNA ŠTUDIJA IN DELOVNE OPERACIJE

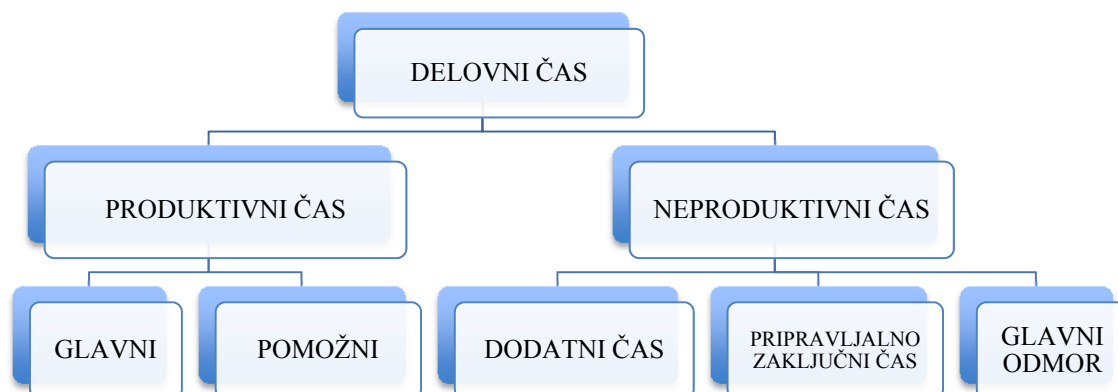
4.6.1 Časovna študija in opredelitev delovnega časa

Kot že rečeno, je sočasno s snemanjem različnih obremenitev traktorista potekala tudi študija časa traktoristovega 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).

V našem primeru je prišlo v poštev predvsem ugotavljanje strukture delovnega časa oz. ugotavljanje časa, ki ga je delavec porabil za posamezne delovne operacije. Struktura traktoristovega delovnega časa je pomembna pri vrednotenju rezultatov različnih obremenitev in težavnosti dela, saj imamo celoten delovni čas razdeljen na posamezne delovne operacije in lahko za vsako izmed njih ugotovimo različne obremenitve.

Pri izdelavi študije časa za magistrsko nalogo 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).

V nadaljevanju skušamo razčleniti in podrobno opisati delo gozdnega delavca traktorista. Spravilo lesa poteka na zelo različne načine, zato je za vsakega med njimi potrebna posebna tehnika dela. Kljub temu lahko posamezne skupine postopkov združimo v tiste, ki predstavljajo glavni in tiste, ki spadajo v pomožni produktivni čas (slika 4). V prvo skupino tako štejemo polno in prazno vožnjo stroja. V drugo skupino pa uvrščamo postopke pri zbiranju lesa ter odpenjanju (delo na skladišču in rampanje) (Košir, 1997).



Slika 4: Shema razdelitve delovnega časa

Značilno za postopke v glavnem produktivnem času je, da takrat delavec dejansko opravlja nalogo v delovnem procesu (premikanje bremena), medtem ko postopki v pomožnem produktivnem času pri tem pomagajo (so nujni pogoj), vendar pri tem tudi pomembno odločajo o učinkovitosti vsega dela (Košir, 1997). Poleg produktivnega časa, se v osmih urah (delovni čas) pojavijo tudi opravila oz. delovne operacije, ki jih opredelimo kot neproduktiven čas. To so delovne operacije in prijemi, ki so z vidika proizvodnega procesa in delovnega časa nujni, vendar direktno ne vplivajo na učinek delovne skupine ali traktorista samega. Neproduktivni čas razdelimo na dodatni čas, pripravljalo zaključni čas in glavni odmor.

Pri uvrščanju določenih delovnih operacij in posameznih prijemov v zgornjo shemo razdelitve delovnega časa (slika 4), je potrebno razumeti, da lahko določene delovne operacije in prijeme, ki jih opravlja traktorist označimo kot neproduktiven čas (opravljanje gozdnega reda, pomoč pri klesčenju, prežagovanju, podiranju), če na delovni proces gledamo samo iz vidika traktorista oz. njegovega dela, saj omenjene delovne operacije ne sodijo neposredno v traktoristovo delo. V kolikor pa na delovni proces gledamo skozi celotno delovno skupino, ki stremi k doseganju skupne norme, potem lahko te delovne operacije in prijeme označimo kot produktiven čas. Zaradi konkretnega cilja magistrske naloge, ki je ugotoviti vpliv dejavnikov delovnega okolja na obremenitve in težavnost dela traktorista, smo se v tem primeru odločili za prvi pristop. Torej kot produktiven čas

smatramo samo delovne operacije in prijeme, ki so značilni za spravilo gozdnih lesnih sortimentov.

4.6.2 Opis delovnih operacij

Najbolj pogoste delovne operacije, ki jih je traktorist izvajal so (prirejeno po Košir, 1997):

- prazna vožnja: poteka od pomožnega skladišča, ki je navadno na gozdni cesti, do samega delovišča, kjer traktorist prične z zbiranjem lesa. Med tem časom je traktor neobremenjen v smislu vlačanja gozdnih lesnih sortimentov. Večji del prazne vožnje poteka po sekundarnih gozdnih prometnicah (vlakah), manjši delež pa po primarni gozdni prometnici (odvisno od pravilne razdalje).

Preden traktorist prične z zbiranjem, se mora prepričati, da je traktor varno postavljen in da ustreza tudi položaj vitla glede na predvideno smer zbiranja. Načelo pri delu je, da traktor ne sme zapustiti označene vlake oz. označenega brezpotja, ne glede na to, če je teren primeren za vožnjo po brezpotju ali ne. To prepoved lahko traktorist krši le, če bi z drugačnim delom ogrozil lastno varnost ali varnost drugih oseb ali pomembnih objektov ter, če bi na tak način nastala večja škoda v sestoju. Preostri kot navijanja vrvi na vitel lahko povzroči poškodbe vrvi in delov vitla, kar predstavlja nevarnost za poškodbe delavca, zaradi pretrganja vrvi ali vbodljajev s pretrganimi žicami ter pomeni nevarnost prevračanja traktorja. Pred pričetkom zbiranja lesa je potrebno traktor stabilizirati. Rampno in naletno desko je potrebno spustiti na tla. Na ta način je traktor zasidran (Košir, 1997).

- Razvlačevanje: najprej traktorist z daljinskim upravljalcem sprosti zavore vitla. Nato prime jekleno vrv in jo razvlačuje do posameznega kosa bremena,
- pripenjanje (vezanje): postopek pri katerem delavec traktorist na jekleno vrv vitla pripne različne kose gozdnih lesnih sortimentov, ki so bili predhodno izdelani. Za pripenjanje uporablja različne načine vezanja lesa z verižnimi zankami,
- privlačevanje: delavec traktorist z varnega položaja z daljinskim upravljalcem privlačuje predhodno pripeto breme od mesta vezanja do samega traktorja. Pred pričetkom privlačevanja se mora nujno prepričati, da v nevarnem območju v bližini

bremena in vrvi ni nikogar. V nekaterih primerih je traktorist breme privlačeval iz traktorske kabine,

- premik med zbiranjem: v primeru, ko na določenem mestu v delovišču ni dovolj izdelanih gozdnih lesnih sortimentov (pripetih je le nekaj sortimentov), je potrebno traktor premakniti na mesto, kjer lahko traktorist breme dopolni. Pri klasični sečnji poteka usmerjeno podiranje dreves. Sekači nato drevo oklestijo in razžagajo na sortimente. Le-ti ležijo na različnih mestih po delovišču, zato je potrebno traktor med zbiranjem večkrat premakniti,



Slika 5: Ecotrac 120V med zbiranjem lesa

- polna vožnja (vlačenje lesa): ko traktorist oceni, da je pripel primerno količino lesa, se prične polna vožnja. Polna vožnja poteka od mesta, ko je traktorist zaključil z zbiranjem lesa, do pomožnega skladišča, ki je navadno ob gozdni cesti. Vlačenje lesa lahko poteka, odvisno od kategorije vlačjenja, navzdol, po ravnem ali navzgor. Traktorist je pri spravilu lesa večinoma uporabljal metodo mnogokratnikov oz. metodo kombiniranih hlodov, nekajkrat tudi debelno metodo,
- odpenjanje (odvezovanje) (slika 6): ko traktorist breme pripelje do skladišča je potrebno posamezne sortimente odpeti. Traktorist najprej popusti napetost vitla, tako, da del sortimenta, ki je bil med vlačanjem dvignjen pade na tla. Nato traktorist zapusti kabino in sortimente odpne (odveže). Ko so določeni sortimenti odpeti vrv navije nazaj na boben. Traktorist opravi odpenjanje sortimentov na

gozdni cesti vzporedno s posameznimi pomožnimi skladišči, na katerih so začasno skladiščeni kosi določene kvalitete,



Slika 6: Delovna operacija odpenjanje

- krojenje (slika 7): deloma poteka krojenje že v sestoju, kjer gozdni delavci sekači posamezne hlode skrojijo tako, da izmerijo zahtevano dolžino in z motorno žago označijo mesto prereza. Krojenje nadaljuje traktorist na pomožnem skladišču ob gozdni cesti. Traktorist hlode prežaga na sortimente zahtevane oz. primerne dolžine po zahtevah kupcev,



Slika 7: Delovna operacija krojenje

- premik po skladišču: Na pomožnem skladišču je potrebno traktor s pripetim bremenom premikati med posameznimi kupi določene kvalitete. Ves les, ki s pravilom prihaja na gozdno cesto, je namreč potrebno do trenutka odvoza gozdnih lesnih sortimentov začasno skladiščiti. Gozdni delavec traktorist na začasnem skladišču posamezne sortimente sortira glede na kvaliteto. Zato vzdolž gozdne ceste nastane več kupov na katerih so skladiščeni kosi določene kvalitete,
- rampanje (slika 8): ko traktorist sortimente odpne in skroji prične z rampanjem lesa. Z rampno desko, ki je nameščena na sprednjem delu traktorja, sortimente potisne na primeren prostor ob gozdni cesti. Les sortira glede na kvaliteto.



Slika 8: Delovna operacija rampanje

Poleg opisanih delovnih operacij, ki sestavljajo glavni in pomožni produktivni delovni čas, je traktorist v delovnem dnevu opravljal tudi ostale delovne operacije in prijeme, ki sestavljajo neproduktivni delovni čas. Govorimo o delovnih operacijah, ki sestavljajo pripravljajno zaključni čas (vožnja do delovišča, gradnja vlake, priprava vlake, popravilo ceste,...), in različnih zastojih (zaradi organizacije, delovnih sredstev, osebnih potreb) ter glavni odmor.

- Zastoj zaradi organizacije: skupinsko delo je potekalo v organizacijski obliki I+2, torej v sestavi gozdni delavec traktorist in dva gozdna delavca sekača. V podjetju Gozdarstvo Grča d.d. je delo organizirano tako, da ima vsaka skupina določeno

skupno normo. Norma se dosega s primerno količino lesa, ki mora biti dnevno spravljena na skladišče ob gozdni cesti.



Slika 9: Gozdna proizvodnja v podjetju Gozdarstvo Grča d.d.

Zaradi same organizacije doseganja skupne norme, je med delom redno prihajalo do zastoja zaradi organizacije z vidika traktoristovega dela. Vzrokov za to je bilo več. Na začetku delovnega dneva, pa tudi skozi celoten delovni dan, je do zastojev zaradi organizacije prišlo zaradi začetka proizvodnje oz. sečnje, kar pomeni, da je moral traktorist nekaj minut počakati, da sta oba sekača v sestoji pripravila les, ki ga je potrebno spraviti do gozdne ceste. Torej na začetku delovnega dneva oz. posameznega cikla, zaradi priprave bremena. Kot zastoj zaradi organizacije smo označili tudi opravljanje gozdnega reda, ki ga je traktorist vedno opravljal s pomočjo traktorja in rampne deske, tako, da je veje porinil na kup. Ta delovna operacija je gledano s stališča traktoristovega dela zastoj, torej neproduktiven čas, saj delovna operacija izvajanje gozdnega reda ne spada neposredno v traktoristovo delo tj. spravilo lesa. Vendar je zaradi skupnih interesov skupine po doseganju norme, to delo opravljal s traktorjem zaradi večjega učinka. Iz istega razloga je traktorist večkrat pomagal opravljati sekačevo delo, tako, da je v sečišču pomagal

nekaj dreves oklestiti, jih prežagati ipd. V enem primeru so delavci s pomočjo vitla podrli drevo, ki je viselo v nasprotno smer, kot je bila željena smer podiranja. Vse te primere smo označili kot zastoj zaradi organizacije (pomoč sekaču). Kasneje je do zastojev zaradi same organizacije dela prihajalo med zbiranjem lesa. Ko je traktorist pripel nekaj kosov bremena in se premaknil (premik med zbiranjem), so morali sekači na posameznih kosih bremena oklestiti še nekaj vej ali pa določen kos prežagati. Ta čas, ko je traktorist čakal, da sekači opravijo oz. dokončajo svoje delo smo označili kot zastoj zaradi organizacije. Kot zastoj zaradi organizacije smo označili tudi čas, ko je moral traktorist s pripetim bremenom počakati na vlaki, saj je na cesti stal gozdarski kamion, ki je nalagal hlodovino za odvoz. Ko je delovišče obiskal delovodja in s traktoristom spregovoril nekaj besed, smo prav tako smatrali kot zastoj zaradi organizacije,

- zastoj zaradi delovnih sredstev: je čas, ko je traktorist opravljal različna popravila, vzdrževanje in pripravo delovnih sredstev, torej zgibnika in motorne žage ter njunih sestavnih delov. Pri traktorju je imel največkrat težave z razvijanjem jeklene vrvi. Nekajkrat se je zgodilo, da so delavci jekleno vrv razvijali skupaj. Traktorist je stal v neposredni bližini vitla in pomagal razvlačevati vrv sekaču, ki je vrv razvijal do mesta pripenjanja. Ta čas smo označili kot zastoj zaradi delovnih sredstev (pomoč pri razvlačevanju). Kot zastoj zaradi delovnih sredstev smo označili tudi čas, ko je traktorist brusil verigo motorne žage, dolival gorivo in olje. Tretji dan snemanja za magistrsko nalogo je na traktorju počil del kardana, ki ga je delavec traktorist spretno odstranil. Ta čas in tudi čas, ki ga je naslednji dan za zamenjavo kardana porabil serviser, smo prav tako označili kot zastoj zaradi delovnih sredstev,
- zastoj zaradi osebnih potreb: v ta čas uvrščamo vse krajše in nekoliko daljše oddihe in odmore, ki si jih je privoščil traktorist.

4.7 MERILNE NAPRAVE

Za zajem podatkov o težavnosti dela ter obremenitvah z ropotom in tresenjem, smo delavca traktorista in zgibni traktor opremili z različnimi merilnimi napravami.

Za merjenje jakosti ropota smo traktorista opremili s posebej prirejeno zaščitno čelado, na kateri je bil pritrjen precizni mikrofoni znamke Bruel & Kjaer 4189. Le-ta je bil nameščen 5-10 cm od desnega ušesa v višini traktoristovih oči. Mikrofoni je bil s kablom povezan z merilno napravo za merjenje ropota Bruel & Kjaer 2250, ki je bila nameščena v posebnem nahrbtniku za shranjevanje merilnih naprav (slika 10). Merilnik je bil nastavljen na opcijo hitro (Fast), kar pomeni hitro vzorčenje. Vse vrednosti smo beležili v sekundnem intervalu.

Nahrbtnik, ki ga je imel traktorist ves čas snemanja na sebi, je bil narejen posebej za potrebe različnih raziskav na področju ergonomije v gozdarstvu. Nahrbtnik, ki je, tako kot ostale merilne naprave uporabljene v raziskavi, last Oddelka za gozdarstvo Biotehniške fakultete, je relativno majhen, lahek in ergonomsko oblikovan, tako, da delavca med delom čim manj moti. Nahrbtnik ima več predalov, v katerih so lahko nameščene različne merilne naprave in pripomočki, ki jih uporabljamo v raziskavah. Predal, v katerem je bil nameščen merilnik za merjenje ropota ima prozorno okno, zato, da je mogoče tudi med samim merjenjem, ko naprava deluje, kontrolirati delovanje same naprave.



Slika 10: Nahrbtnik z merilnimi napravami za ergonomske raziskave v gozdarstvu

Za merjenje jakosti tresenja smo uporabili merilnik Bruel & Kjaer 4447 in akcelerator Bruel & Kjaer 4524. Snemanje obremenitev celotnega telesa s tresenjem smo izvedli z uporabo adapterja za sedež Bruel & Kjaer 4515-B-002. Adapter smo na sedež pritrdili z lepilnim trakom (slika 11). Nameščen je bil vedno tako, da je bila X os akceleratorja usmerjena v smer vožnje, Y os pravokotno v horizontalni smeri ter Z os pravokotno v vertikalni smeri na njo. Samo merilno napravo smo namestili v zaščitno torbo, le-to pa smo obesili na sedež zgibnega traktorja. Merilno napravo smo s kablom povezali z akceleratorjem. Pri nastavitvah instrumenta smo upoštevali vrsto obremenitve (celo telo), uporabljen akcelerator (10 mV/ms^{-2}), triosne meritve ter sekundno shranjevanje vseh vrednosti merjenih parametrov.



Slika 11: Nameščanje adapterja za sedež Bruel&Kjaer 4515

Za merjenje težavnosti dela smo uporabljali pulzometer Suunto Belt. Gre za novejši model, ki je za razliko od starejših merilnikov pulza, ki so bili uporabljeni pri domačih ergonomske raziskavah (elastični elektrodni pas z oddajnikom in sprejemno-shranjevalna enota v obliki zapestne ure), v obliki elastičnega elektrodnega pasu, v katerem pa je nameščena tudi sprejemno-shranjevalna enota. Pulzometer smo delavcu namestili okoli prsnega koša v višini srca. Vsak dan pred pričetkom izvajanja meritev smo elektrode na pasu namazali s kontaktnim gelom, ki poveča stik med kožo in elektrodami. Merilnik smo nastavili tako, da je podatke o izmerjenem pulzu zabeležil vsakih deset sekund, kar je v tem primeru najmanjši možni interval shranjevanja podatkov.

Za merjenje klimatskih dejavnikov (okoljskih parametrov), smo uporabili merilno napravo Metrel MI 6041 Poly. Merilno postajo smo namestili na stojalo (cca. 150 cm od tal) in jo postavili v sestoj v bližini delovišča. Merilnik smo nastavili tako, da je podatke o izmerjenih parametrih shranjeval vsakih deset sekund.

4.8 KAZALNIKI OBREMENITEV IN TEŽAVNOSTI DELA TER NJIHOVE DOPUSTNE MEJE

4.8.1 Pregled zakonskih opredelitev

V Republiki Sloveniji je področje, ki zagotavlja zdravo in varno delovno okolje za delavce, urejeno z Zakonom o varnosti in zdravju pri delu, Ur.l. RS, št. 43/2011 (ZVZD-1). Zakon v svojih splošnih določbah pravi, da se s tem zakonom določajo pravice in dolžnosti delodajalcev in delavcev v zvezi z varnim in zdravim delom ter ukrepi za zagotavljanje varnosti in zdravja pri delu. Ta zakon določa tudi organe, pristojne za varnost in zdravje pri delu (Zakon o varnosti..., 2011).

V temeljnih načelih ZVZD je zapisano, da mora delodajalec zagotoviti varnost in zdravje pri delu. V ta namen mora izvajati ukrepe, potrebne za zagotovitev varnosti in zdravja delavcev ter drugih oseb, ki so navzoče v delovnem procesu, vključno s preprečevanjem, odpravljanjem in obvladovanjem nevarnosti pri delu, obveščanjem in usposabljanjem delavcev, z ustrezno organiziranostjo in potrebnimi materialnimi sredstvi (Zakon o varnosti..., 2011).

Za zagotavljanje varnosti in zdravja pri delu so poleg krovnega zakona pomembni tudi posamezni podzakonski akti. Za delo v gozdarstvu, predvsem pri sečnji in spravilu gozdnih lesnih sortimentov so poleg ostalih, pomembni naslednji podrejeni predpisi, ki jih uporabljamo pri ergonomski presoji delovnega sredstva:

- Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu, Ur.l. RS, št. 17/2006 (popr. 18/2006),
- Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti vibracijam pri delu, Ur.l. RS, št. 94/2005,
- Pravilnik o osebni varovalni opreми, ki jo delavci uporabljajo pri delu, Ur.l. RS, št. 89/1999.

4.8.2 Težavnost dela

Za ugotavljanje težavnosti dela so pomembni naslednji kazalniki, ki so izpeljani iz pulza med delom (meritve srčnega utripa) (Poje, 2011):

- povprečni pulz med delom; izračunan povprečni pulz med delom (osem urni delovnik) ne sme presegati 150 u/min. Maksimalna vrednost pulza med delom pa ne sme presegati 180 u/min,
- delovni pulz: izračunan povprečni delovni pulz ne sme presegati 35 u/min,
- relativni pulz med delom: le-ta v osemurnem delovniku ne sme presegati 40 %.

V nadaljevanju naloge smo omenjene kazalnike preimenovali oz. jim določili kratice. Za kazalnik pulz med delom v nadaljevanju uporabljamo kratico PMD, za delovni pulz kratico DP in za relativni delovni pulz kratico RDP.

4.8.3 Obremenitev z ropotom

Na podlagi Zakona o varnosti in zdravju pri delu je izšel Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu. Ta 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. Določa tudi obveznosti delodajalca v zvezi z varovanjem delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (Pravilnik ..., 2006).

V pravilniku so kot merila za okvaro sluha določene naslednje fizikalne veličine:

- konična raven zvočnega tlaka: 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 petdnevnem delovnem tednu, dB(A).

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 ravni hrupa in povprečno ravni 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 magistrski nalogi smo konično raven zvočnega tlaka označili z LC_{peak} , ekvivalentno jakost ropota in impulzivno jakost ropota, ki sta potrebni za izračun ravni dnevne izpostavljenosti pa z LA_{eq} oz. LA_{Ieq} . Raven dnevne izpostavljenosti smo označili z $LA_{eq.kor.}$, pri čemer smo predpostavili, da obremenitve v osmih urah ostanejo enake kot v snemalnem času.

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 $LC_{peak} = 200$ Pa (140 dB(C)),
- zgornji opozorilni vrednosti izpostavljenosti: ločeno za $LEX_{(8h)} = 85$ dB(A) in $LC_{peak} = 140$ Pa (137 dB(C)),
- spodnji opozorilni vrednosti izpostavljenosti: ločeno za $LEX_{(8h)} = 80$ dB(A) in $LC_{peak} = 112$ 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).

4.8.4 Obremenitev s tresenjem celega telesa

Prav tako je na podlagi Zakona o varnosti in zdravju pri delu izšel Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti vibracijam pri delu. Ta pravilnik v skladu z Direktivo Evropskega parlamenta in Sveta o minimalnih zdravstvenih in varnostnih zahtevah glede izpostavljenosti delavcev tveganjem iz fizikalnih dejavnikov (tresenje), določa zahteve za varovanje delavcev pred tveganji za njihovo zdravje in varnost, ki izhajajo ali bi lahko izhajale iz izpostavljenosti mehanskemu tresenju (Pravilnik ..., 2005).

Ko govorimo o obremenitvi traktorista z s tresenjem pri spravilu lesa s traktorjem (zgibnikom), nas zanima predvsem obremenitev celotnega telesa. V Pravilniku o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti vibracijam pri delu ima izraz »vibracije celotnega telesa« naslednji pomen; gre za mehansko tresenje, ki ob prenašanju na celotno telo predstavljajo tveganje za varnost in zdravje delavcev, zlasti težave s križem in poškodbe hrbtenice (Pravilnik ..., 2005).

Kazalniki, ki so pomembni pri ugotavljanju obremenitev delavca s tresenjem so:

- povprečne jakosti tresenja (RMS) po vseh treh smereh (X, Y, Z) in njihova vektorska velikost (VTV).

Evropska zakonodaja (Direktiva 2002/44/EC) in mednarodni standardi (ISO 2631; SIS EN ISO 5349) pri vrednotenju tresenja celega telesa (WB) poleg uporabe frekvenčno tehtanih RMS sredin predvideva dodatne metode v primerih, ko crest faktor presega vrednost 9, to je v primerih tresenja z nenadnimi sunki. Predvidene dodatne metode vključujejo poročanje vrednosti MTVV, kar pomeni največjo prehodno jakost tresenja v sekundnem intervalu, in VDV, kar je nasprotno od RMS vrednosti, kumulativna vrednost tresenja (Poje, 2011).

Mejne vrednosti in opozorilne vrednosti izpostavljenosti za tresenje celotnega telesa so naslednje (Pravilnik ..., 2005, direktiva 2002/44/EC):

- mejna vrednost dnevne izpostavljenosti, normalizirana na referenčno obdobje osmih ur, je: $\text{RMS VTV} = 1,15 \text{ m/s}^2$, pri skupni vrednosti $\text{VDV} = 21 \text{ m/s}^{1,75}$,
- opozorilna vrednost dnevne izpostavljenosti, normalizirana na referenčno obdobje osmih ur, je: $\text{RMS VTV} = 0,5 \text{ m/s}^2$, pri skupni vrednosti $\text{VDV} = 9,1 \text{ m/s}^{1,75}$.

4.9 OBDELAVA PODATKOV IN IZRAČUN OBREMENITEV

Izmerjene podatke smo po koncu vsakega snemalnega dneva s pomočjo ustrezne programske opreme najprej prenesli na prenosni računalnik. Nato smo podatke izvozili v program Microsoft Excel, vendar samo tiste, ki smo jih potrebovali za analize. Tako smo za izračun obremenitev z ropotom izvozili podatke za tri kazalnike: maksimalno vrednost C-vrednotenega trenutnega zvočnega tlaka (LC_{peak}), ekvivalenta jakost ropota (LA_{eq}) in pa kazalnik, kjer se upošteva tudi prisotnost impulznega hrupa (LA_{Ieq}). Za izračun obremenitev s tresenjem celega telesa smo izvozili podatke za vse tri smeri; X (RMS X, VDV X), Y (RMS Y, VDV Y), Z (RMS Z, VDV Z) in njihovo vektorsko velikost (RMS VTV in VDV VTV). Za izračun težavnosti dela smo prenesli podatke o izmerjenem srčnem utripu – pulz med delom (PMD v u/min). Vse podatke smo prenesli v skupno bazo, kjer smo predhodno vnesli celotno študijo časa za vseh šest snemalnih dni.

Korigirane ekvivalentne jakosti ropota ($LA_{eq.kor}$), smo izračunali po navodilih iz Pravilnika o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (2006), pri čemer smo poleg ekvivalentne jakosti ropota upoštevali vpliv impulzivnega zvoka.

Za izračun ekvivalentne jakosti ropota (LA_{eq}), impulzivne jakosti ropota (LA_{Ieq}) in koregirane ekvivalentne jakosti ropota ($LA_{eq.kor}$) po delovnih operacijah in skupno, smo uporabili enačbo 1.

$$L_y = 10 \times \log \left(\frac{\sum_{i=1}^n 10^{0,1 \times L_{yi} \times t_i}}{\sum t_i} \right) \quad \dots (1)$$

Konično vrednost jakosti ropota (LC_{peak}) smo izračunali s pomočjo enačbe 2.

$$LC_{peak} = \max(LC_{peak_i}) \quad \dots (2)$$

L_y kazalniki ropota LA_{eq} , LA_{Ieq} , $LA_{eq.kor}$ v dB(A)
 L_{yi} I – te vrednosti kazalnikov ropota LA_{eq} , LA_{Ieq} , $LA_{eq.kor}$ v dB(A)

- t_i trajanje i-tega interval ($i=1,2,\dots,n$)
 LC_{peak} konična vrednost ropota v dB(C)
 LC_{peak_i} konična vrednost ropota i-tega interval v dB(C)

Za izračun obremenitve s tresenjem celega telesa po delovnih operacijah in skupno smo uporabili enačbo 3, za izračun kumulativne vrednosti tresenja (VDV) pa enačbo 4.

$$RMS Y = \sqrt{\frac{\sum RMS Y_i^2 \times t_i}{\sum t_i}} \quad \dots (3)$$

- $RMS Y$ kazalniki tresenja RMS po smereh (X, Y, Z, VTV) za celo telo (WB) v m/s^2
 $RMS Y_i$ i – te vrednosti kazalnikov tresenja RMS po smereh (X, Y, Z, VTV) za celo telo v m/s^2
 t_i trajanje i-tega interval

$$VDV[m/s^{1,75}] = \sqrt[4]{\sum VDV_i^4 \times t_i} \quad \dots (4)$$

- Y kazalniki tresenja peak Max in MTVV Max (X, Y, Z, VTV) v m/s^2
 Y_i i – te vrednosti kazalnikov tresenja peak Max in MTVV Max (X, Y, Z, VTV) v m/s^2
 VDV skupna doza tresenja v $m/s^{1,75}$
 VDV_i i – te vrednosti kazalnikov tresenja VDV po smereh (X, Y, Z, VTV) v $m/s^{1,75}$

Za izračun težavnosti dela traktorista smo uporabili enačbe od 5 do 7.

Delovni pulz (DP):

$$HR_{wr} = HR_{wi} - HR_r \quad \dots (5)$$

Relativni delovni pulz (RDP):

$$HRR = \frac{HR_{wi} - HR_r}{HR_{max} - HR_r} \times 100 \quad \dots (6)$$

Maksimalni pulz:

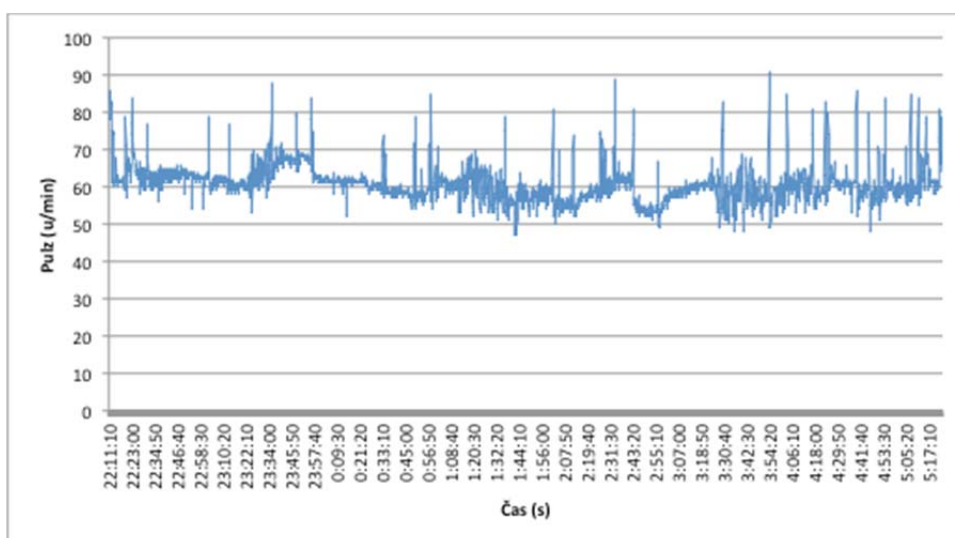
$$HR_{max} = 220 - STAROST \quad \dots (7)$$

HRwr	delovni pulz v številu utripov na minuto
HRwi	pulz med delom v številu utripov na minuto
HRR	relativni delovni pulz v procentih
HRr	pulz v mirovanju v številu utripov na minuto
HRmax	maksimalni pulz v številu utripov na minuto
STAROST	starost delavca v letih

Za namen te raziskave smo, kot že rečeno, uporabili nekoliko drugačne oznake za poimenovanje kazalnikov težavnosti dela (HRwi = PMD, HRwr = DP, HRR = RDP).

Za oceno pulza v mirovanju smo uporabili naslednjo metodologijo. Delavcem, ki so sodelovali v raziskavi, smo naročili, da morajo merilnik srčnega utripa nositi preko ene noči, torej med spanjem. Ko so se zbudili so morali v postelji ležati še približno minuto, nato so se lahko iz postelje dvignili in sneli merilnik. Na podlagi izmerjenih podatkov smo v Excelu izrisali grafikon (slika 12), s pomočjo katerega smo si ustvarili sliko o poteku srčnega utripa. Nato smo najprej zbrisali podatke, ki so bili posneti zadnjo minuto (ko je bil delavec že buden), potem pa izračunali povprečje iz podatkov, ki so bili zabeleženi v zadnjih treh minutah, ko je delavec še spal. Tako smo ocenili delavčev pulz v mirovanju.

Pulz v mirovanju delavca traktorista je tako znašal 63 u/min, sekača 1 44 u/min in sekača 2 59 u/min)



Slika 12: Potek traktoristovega pulza preko noči

4.10 KLIMATSKI DEJAVNIKI

Za merjenje klimatskih dejavnikov (okoljskih parametrov), smo uporabili merilno napravo Metrel MI 6041 Poly. Meritve so potekale konec poletja. Vreme je bilo prve tri dni jasno. Jutranje temperature so bile nekoliko nižje, kasneje, okoli desete ali enajste ure pa se je ozračje segrelo. Prvi dan je povprečna dnevna temperatura (WBGT) znašala 13°C. Vlažnost zraka je bila 90 %, veter je pihal s povprečno hitrostjo 0,37 m/s. Drugi dan je bilo nekoliko topleje, saj je povprečna dnevna temperatura znašala 17°C, v zraku je bila 85 % vlažnost, veter pa je pihal s povprečno hitrostjo 0,32 m/s. Tretji dan je povprečna dnevna temperatura prav tako znašala 17°C. Vlažnost zraka je bila 80 %, veter je pihal s povprečno hitrostjo 0,37 m/s. Četrty dan meritev je bilo bolj oblačno in občutno hladneje. Povprečna temperatura je tedaj znašala med 7 in 8°C. Vlažnost zraka je bila 80 %. Veter je ta dan pihal s povprečno hitrostjo 0,14 m/s. Peti dan meritev so se temperature nekoliko dvignile, vendar povprečna temperatura ta dan ni presegla 13°C. Ta dan je bila v zraku 81 % vlažnost. Veter je pihal s povprečno hitrostjo 0,16 m/s. Zadnji dan meritev je bila povprečna dnevna temperatura 15°C. vlaga v zraku je bila 90 %. Veter je zadnji dan meritev pihal s povprečno hitrostjo 0,14 m/s.

4.11 UČINKI SPRAVILA LESA Z ZGIBNIM TRAKTORJEM ECOTRAC 120V

Kot je bilo že omenjeno smo poleg obremenitev, težavnosti dela in časovne študije za potrebe magistrske naloge merili tudi učinke spravila lesa z zgibnikom Ecotrac 120V. Učinke smo merili sproti, med samim spravilom lesa, tako da smo izmerili dolžino in srednji premer vsakega posameznega kosa v bremenu. Te podatke smo skupaj z drevesno vrsto posameznega kosa bremena zapisovali v poseben obrazec za beleženje učinkov spravila lesa.

Po končanih meritvah smo podatke vnesli in jih analizirali s pomočjo programa MS Excel. Vsak delovni dan smo razdelili na cikle. En cikel predstavlja skupek delovnih operacij, ki so potrebne za spravilo lesa do gozdne ceste, vključno z deli na skladišču. Posamezen cikel se tako prične s prazno vožnjo in konča z delovno operacijo, ki jo traktorist uporabi pred pričetkom naslednje prazne vožnje. Podatke o učinkih spravila lesa po dnevih in ciklih prikazujemo v preglednici 2.

Delavec traktorist je povprečno pripel 3,5 kosov s povprečno prostornino 1,9 m³ na posamezen cikel. Učinki sečnje in spravila lesa so v času snemanj dosegli skupni volumen 338,2 m³ ali povprečno 56,4 m³ lesa na dan. Povprečno breme po ciklih je znašalo 6,8 m³ s povprečno 3,5 kosov na breme. Največje breme, ki ga je delavec traktorist spravil na gozdno cesto je imelo volumen 11,7 m³

Pri spravilu navzdol je učinek v povprečju znašal 55,5 m³ na dan, kar znaša približno 6,9 m³ na cikel. Povprečno število kosov v bremenu je bilo pri spravilu navzdol 3,8. Pri spravilu navzgor je učinek v povprečju znašal 58 m³ na dan, kar znaša približno 6,45 m³ na cikel. Povprečno število kosov v bremenu je bilo v primeru spravila navzgor 3,3.

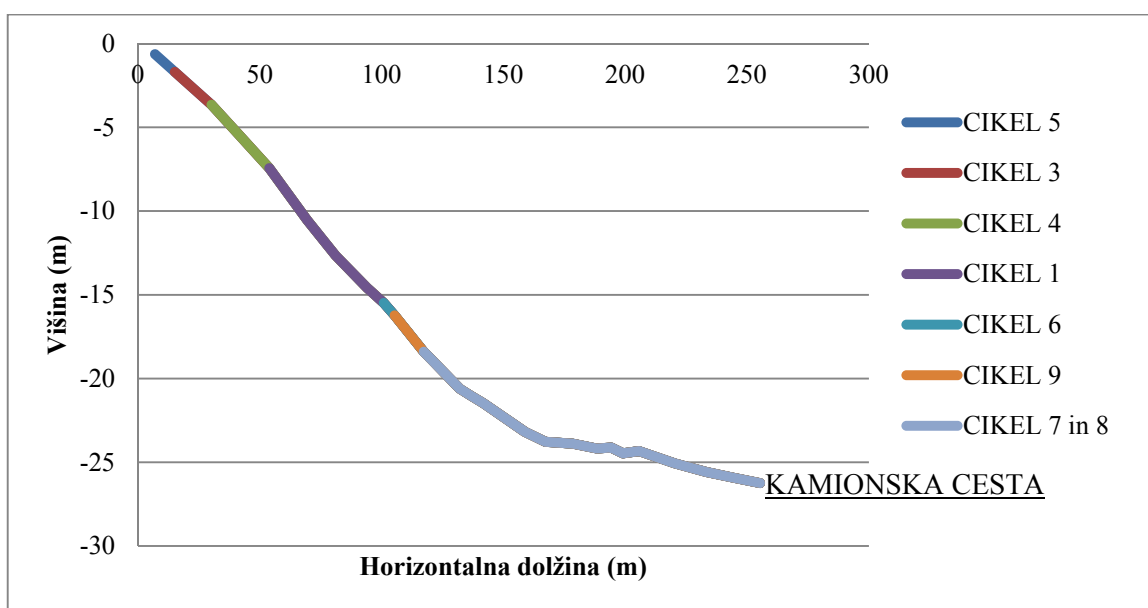
Preglednica 2: Učinki spravila lesa z zgibnim traktorjem Ecotrac 120V

DAN	CIKEL	DR.VRSTA	ŠT.KOSOV	VOLUMEN (m3)	DAN	CIKEL	DR.VRSTA	ŠT.KOSOV	VOLUMEN (m3)
1	1	IGL	3	5.2	4	1	LST	3	8.6
	2		2	11.2		4		7.9	
	3		4	7.2		4		8.1	
	4		5	11.7		4		6.9	
	5		3	6		5		8.5	
	6		3	4		4		5	
	7		3	7.8					
	8		2	3					
	9		2	11.2					
			1.DAN	67.2	DAN	CIKEL	DR.VRSTA	ŠT.KOSOV	VOLUMEN (m3)
2	1	LST	2	5.8	5	1	IGL	2	6.2
	2		3	4.9		2		3	7.7
	3		4	6.2		3		4	7.3
	4		5	9.1		4		5	7.1
	5		3	3.8		5		4	6.1
	6		5	5.5		6		3	8
	7		7	6.2	7	LST	5	5.9	
	8		6	5.6	8	IGL	3	5	
	9		4	7.3	9		3	6	
			2.DAN	54.4					
3	1	LST	6	8.9	6	1	IGL	4	7.2
	2		4	9.8		2	LST	3	5.1
	3		3	5.6		3	IGL	2	8
	4		3	7.3		4		2	6.9
	5		4	7.6		5		3	2.9
	6		4	6.1		6		2	9.3
	7		4	4.6		7		4	6.2
	8		5	5.6		8		3	5.9
						9	3	5.3	
			3.DAN	55.5					

4.12 SPRAVILNE RAZMERE

Na koncu vsakega delovnega (snemalnega) dneva smo po zaključku proizvodnje izmerili podolžni profil vlake, na kateri je tisti dan potekalo spravilo lesa z zgibnim traktorjem Ecotrac 120V. Pri tem smo uporabili padomer in tračni meter. Podatke o naklonu in dolžini odseka smo zapisovali na snemalni list. Kasneje smo s pomočjo Excela podatke preračunali in izdelali grafikone, ki prikazujejo podolžni profil vlake in posameznih odsekov (ciklov) za vsak delovni dan (priloge).

Povprečen naklon za posamezen cikel smo izračunali tako, da smo vsoto produktov dolžine in naklona posameznega cikla delili s skupno dolžino posameznega cikla..



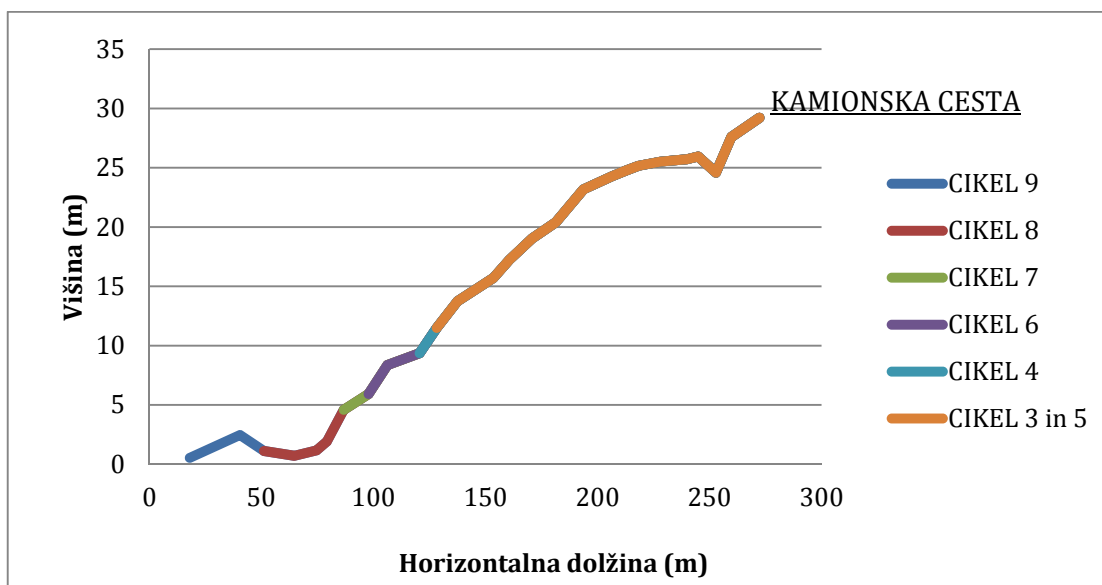
Slika 13: Podolžni profil vlake pri spravilu navzdol (2. snemalni dan)

Prvi delovni dan je spravilo lesa potekalo navzdol. Spravilo je potekalo po vlaki z relativno nizkim deležem kamnitosti oz. skalovitosti. Traktorist je v tem dnevu opravil devet ciklov spravila lesa. Na sliki 13 in 14 prikazujemo samo cikle, ki so bili opravljeni na najdaljši trasi gozdne vlake. Spravilo je ta dan potekalo na razdalji med 35 in 139 metri. Povprečna razdalja vlačjenja je prvi delovni dan znašala 109 m. Povprečen naklon gozdne vlake je prvi dan znašal 2,9 %. Drugi delovni dan (slika 13) je spravilo prav tako potekalo navzdol, po vlaki z nizkim deležem skalovitosti. Spravilo je ta dan potekalo na razdalji od 151 in 257

metrov. Povprečna razdalja vlačjenja (vlaka in cesta) je ta dan znašala 225,2 m. Povprečen naklon gozdne vlake je drugi delovni dan znašal 7,8 %. Povprečna pravilna razdalja je tretji delovni dan znašala 130,3 m. Ta dan je spravilo potekalo na razdalji med 35 in 149,7 metrov. Povprečen naklon vlake je znašal 3,2 %. Spravilo lesa je tretji delovni dan prav tako potekalo navzdol. Tudi četrti delovni dan je spravilo lesa potekalo navzdol oz. po ravnem, s povprečno pravilno razdaljo 93,8 m. Ta dan je spravilo sicer potekalo na razdalji med 20 in 103,9 metrov. Povprečni naklon gozdne vlake je četrti dan znašal 1,2 %.

Za prikaz težavnosti dela in obremenitev traktorista pri spravilu, v odvisnosti od kategorije vlačjenja lesa, smo morali posneti tudi spravilo navzgor. Za to smo potrebovali primerno dolgo gozdno vlako.

Običajno je spravilo lesa organizirano tako, da oddelek ali pa del oddelka razdelimo na dve pravilni polji. Les, ki je posekan v zgornji tretjini delovišča gravitira na zgornjo cesto (spravilo navzgor), les v spodnjih dveh tretjinah delovišča pa gravitira na spodnjo cesto (spravilo navzdol). V našem primeru tega pravila nismo upoštevali, saj smo spravilo (peti in šesti delovni dan), zaradi potreb magistrske naloge, na celotni trasi gozdne vlake izpeljali navzgor.



Slika 14: Podolžni profil vlake pri spravilu navzgor (6. snemalni dan)

Povprečna pravilna razdalja je peti delovni dan znašala 79,8 m (32,9 – 69,8 metrov). Spravilo je potekalo po gozdni vlaki z nekoliko večjim deležem skalovitosti, s povprečnim naklonom 7,2 %. Zadnji delovni dan (slika 14) je spravilo, tako kot peti dan, potekalo navzgor. Povprečna pravilna razdalja je znašala 180 m (28,9 - 275,3 metrov). Spravilo je potekalo po gozdni vlaki s povprečnim naklonom 11,8 %. Vlaka je bila na določenih delih bolj skalovita.

Preglednica 3: Spravilna razdalja in povprečen naklon po ciklih

DAN	CIKEL	DOLŽINA VLAKE (m)	DOLŽINA CESTA (m)	SKUPAJ (m)	% CESTE	POVPR.NAKLON (%)
1	1	90.5	9.3	99.8	9.3	-1.4
	2	109.2	9.3	118.5	7.8	-0.9
	3	90.5	9.3	99.8	9.3	-1.4
	4	35	9.3	44.3	21.0	-2.5
	5	76.8	9.3	86.1	10.8	-2.6
	6	119	9.3	128.3	7.2	-4.0
	7	113.8	9.3	123.1	7.6	-4.4
	8	139.2	9.3	148.5	6.3	-3.6
	9	123.4	9.3	132.7	7.0	-3.7
2	10	214.8	9.3	224.1	4.1	-9.3
	11	200.4	9.3	209.7	4.4	-8.5
	12	250.2	32.2	282.4	11.4	-9.1
	13	242	32.2	274.2	11.7	-9.0
	14	257.2	32.2	289.4	11.1	-9.1
	15	162	32.2	194.2	16.6	-5.9
	16	150.6	32.2	182.8	17.6	-5.4
	17	150.6	32.2	182.8	17.6	-5.4
	18	155.1	32.2	187.3	17.2	-5.7
3	19	149.7	32.2	181.9	17.7	-4.9
	20	127.4	32.2	159.6	20.2	-3.6
	21	139.2	22.3	161.5	13.8	-4.3
	22	121.3	22.3	143.6	15.5	-3.7
	23	76.4	32.2	108.6	29.7	-2.4
	24	73	22.3	95.3	23.4	-2.1
	25	35	22.3	57.3	38.9	-1.7
	26	112.2	22.3	134.5	16.6	-0.6
4	27	103.9	22.3	126.2	17.7	-0.8
	28	65.9	22.3	88.2	25.3	-1.2
	29	43.4	32.2	75.6	42.6	-0.5
	30	20	32.2	52.2	61.7	-0.2
	31	76.8	32.2	109	29.5	-2.0
	32	79.2	32.2	111.4	28.9	-1.9
5	33	66.5	16.3	82.8	19.7	7.4
	34	66.5	16.3	82.8	19.7	7.4
	35	54.5	25.7	80.2	32.0	6.7
	36	66.5	16.3	82.8	19.7	7.4
	37	69.6	25.7	95.3	27.0	8.0
	38	69.6	25.7	95.3	27.0	8.0
	39	61.3	16.6	77.9	21.3	5.5
	40	56.1	16.3	72.4	22.5	6.3
	41	32.9	16.3	49.2	33.1	7.7
6	42	28.9	16.3	45.2	36.1	8.0
	43	53.8	16.6	70.4	23.6	5.3
	44	155	16.6	171.6	9.7	11.9
	45	168.3	25.7	194	13.2	12.6
	46	153.7	16.3	170	9.6	12.5
	47	188.2	16.3	204.5	8.0	13.6
	48	195.7	25.7	221.4	11.6	13.3
	49	234.8	16.3	251.1	6.5	11.6
	50	275.3	16.3	291.6	5.6	10.7

5 REZULTATI

5.1 ČAS IZPOSTAVLJENOSTI DEJAVNIKOM DELOVNEGA OKOLJA

5.1.1 Struktura delovnikov po delovnih operacijah

Obremenitve delavca z dejavniki delovnega okolja so poleg jakosti posameznih kazalnikov obremenitev odvisne tudi od trajanja izpostavljenosti le-tem. Struktura delovnega časa traktoristovega delovnika je zato zelo pomembna, saj na podlagi trajanja izpostavljenosti posameznim obremenitvam lahko izračunavamo dejanske obremenitve delavca.

Poleg pomena, ki ga ima struktura delovnega časa pri ergonomski oceni delovnega mesta, ima tudi druge uporabne vrednosti. Strukturo delovnega časa tako lahko za analiziranje uporabljamo tudi pri ostalih ekonomsko-tehničnih smereh gozdarskega podjetništva (organizacija del, pridobivanje lesa).

Strukturo delovnega časa smo izdelali na podlagi študije časa. Preglednica 3 je sestavljena tako, da prikazuje trajanje (v minutah) in deleže delovnih operacij po snemalnih dnevih. Delovne operacije so razporejene po opisani strukturi delovnega časa (podpoglavje 3.6.1) in glede na položaj traktorista (v kabini oz. zunaj kabine), snemalni dnevi pa so razporejeni glede na smer spravila. Za vsak snemalni dan je prikazana tudi pravilna razdalja. V preglednici prikazujemo tudi skupno trajanje in deleže za posamezne delovne operacije pri spravilu navzdol in navzgor ter, v zadnjih dveh stolpcih pa skupno trajanje in deleže po posameznih delovnih operacijah v celotnem času snemanja. Na dnu preglednice smo celotni delovni čas razdelili na produktivni in neproduktivni čas po posameznih snemalnih dnevih. Še bolj podrobno smo ta dva časa razdelili glede na položaj traktorista, torej produktivni čas v traktorju oz. zunaj in neproduktivni čas v traktorju oz. zunaj. Zadnja vrstica prikazuje skupen čas po posameznih snemalnih dnevih.

Preglednica 4: Časovna struktura traktoristovega delovnega časa

DELOVNA OPERACIJA		SMER SPRAVILA												SKUPAJ DOL		SKUPAJ GOR		SKUPAJ				
		DOL						GOR														
		DAN																				
		1		2		3		4		5		6										
		RAZDALJA VLAČENJA (m)																				
		44,3-148,5		182,8-289,4		57,3-181,9		52,2-126,2		49,2-95,3		45,2-291,6										
		Trajanje (min)	%	Trajanje (min)	%	Trajanje (min)	%	Trajanje (min)	%	Trajanje (min)	%	Trajanje (min)	%									
																				Trajanje (min)	%	Trajanje (min)
NEPR. ČAS	VTR	PRIPRAVLJALNO ZAKLJUČNI ČAS	0	0.0	0	0.0	1.6	0.5	3.5	1.3	5.3	1.5	0.7	0.2	5.1	0.4	6.0	0.9	11.1	0.6		
		ZASTOJ ZARADI DELOVNIH SREDSTEV	0	0.0	0	0.0	1.5	0.4	0.9	0.3	1.0	0.3	0	0.0	2.3	0.2	1.0	0.1	3.3	0.2		
		ZASTOJ ZARADI ORGANIZACIJE	33.7	10.8	18.9	5.6	7.9	2.3	2.6	0.9	33.1	9.6	35.0	10.6	63.0	5.0	68.0	10.1	131.1	6.8		
		ZASTOJ ZARADI OSEBNIH POTREB	0.3	0.1	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0		
	ZUNAJ	ZASTOJ ZARADI DELOVNIH SREDSTEV	7.2	2.3	5.5	1.6	90.3	26.4	74.3	27.3	20.7	6.0	7.2	2.2	177.2	14.0	27.9	4.1	205.1	10.6		
		ZASTOJ ZARADI ORGANIZACIJE	58.2	18.7	75.4	22.2	40.2	11.7	22.6	8.3	55.8	16.3	37.3	11.3	196.4	15.5	93.1	13.8	289.4	14.9		
		ZASTOJ ZARADI OSEBNIH POTREB	5.2	1.7	0.5	0.2	0	0.0	7.4	2.7	5.7	1.6	15.8	4.8	13.1	8.1	21.5	13.6	34.5	1.8		
		GLAVNI ODMOR	30.1	9.7	37.1	10.9	28.2	8.2	22.6	8.3	36.5	10.7	33.3	10.1	117.9	9.3	69.8	10.4	187.7	9.7		
		NEPRODUKTIVNI ČAS	VTR	POLNA VOŽNJA	19.3	6.2	33.1	9.8	17.6	5.1	11.5	4.2	28.5	8.3	58.4	17.7	81.5	6.4	86.9	12.9	168.4	8.7
				PRAZNA VOŽNJA	24.2	7.8	32.2	9.5	21.8	6.4	14.5	5.3	17.4	5.1	30.5	9.2	92.7	7.3	47.9	7.1	140.6	7.3
PREMIK MED ZBIRANJEM	6.7			2.2	5.2	1.5	6.1	1.8	8.3	3.0	9.6	2.8	5.3	1.6	26.2	2.1	14.9	2.2	41.1	2.1		
PREMIK PO SKLADIŠČU	9.0			2.9	8.9	2.6	8.1	2.4	3.8	1.4	6.0	1.8	7.7	2.3	29.9	2.4	13.7	2.0	43.6	2.2		
PRIVLAČEVANJE	6.7			2.2	4.6	1.3	4.0	1.2	5.6	2.0	9.5	2.8	5.3	1.6	20.9	1.6	14.8	2.2	35.7	1.8		
RAMPANJE	31.4			10.1	30.9	9.1	29.6	8.6	18.5	6.8	24.9	7.3	22.9	6.9	110.3	8.7	47.8	7.1	158.1	8.2		
ZUNAJ	KROJENJE		36.2	11.6	30.8	9.1	37.2	10.9	28.4	10.4	44.0	12.8	32.1	9.7	132.6	10.5	76.1	11.3	208.7	10.8		
	ODPENJANJE		12.8	4.1	22.7	6.7	16.1	4.7	15.1	5.5	16.7	4.9	13.8	4.2	66.7	5.3	30.5	4.5	97.2	5.0		
	PRIPENJANJE		14.2	4.5	9.8	2.9	14.4	4.2	13.7	5.0	10.7	3.1	12.2	3.7	52.0	4.1	22.8	3.4	74.8	3.9		
	PRIVLAČEVANJE		6.0	1.9	12.5	3.7	7.2	2.1	6.8	2.5	8.6	2.5	6.5	2.0	32.4	2.6	15.1	2.2	47.5	2.5		
		RAZVLAČEVANJE	10.3	3.3	11.2	3.3	10.6	3.1	12.7	4.6	9.1	2.7	6.2	1.9	44.8	3.5	15.3	2.3	60.2	3.1		
		NEPRODUKTIVNI ČAS V TRAKTORJU	34.0	10.9	18.9	5.6	11.0	3.2	6.9	2.5	39.3	11.5	35.7	10.8	70.8	5.6	75.0	11.1	145.8	7.5		
		NEPRODUKTIVNI ČAS ZUNAJ	100.6	32.3	118.5	34.9	158.7	46.4	126.9	46.6	118.6	34.6	93.0	28.2	504.6	39.9	211.6	31.4	716.2	37.0		
		PRODUKTIVNI ČAS V TRAKTORJU	97.2	31.2	114.9	33.9	87.2	25.5	62.2	22.8	95.9	28.0	130.0	39.4	361.4	28.6	225.9	33.6	587.3	30.3		
		PRODUKTIVNI ČAS ZUNAJ	79.5	25.5	86.9	25.6	85.5	25.0	76.6	28.1	89.1	26.0	71.4	21.6	328.4	26.0	160.5	23.8	488.9	25.2		
		NEPRODUKTIVNI ČAS	134.6	43.3	137.4	40.5	169.6	49.5	133.8	49.1	157.9	46.1	129.3	39.2	575.4	45.5	287.2	42.7	862.6	44.5		
		PRODUKTIVNI ČAS	176.6	56.7	201.8	59.5	172.7	50.5	138.7	50.9	185.0	53.9	200.8	60.8	689.8	54.5	385.7	57.3	1075.5	55.5		
		SKUPAJ	311.3	100.0	339.2	100.0	342.3	100.0	272.5	100.0	342.9	100.0	330.0	100.0	1265.2	100.0	672.9	100.0	1938.1	100.0		

VTR: v traktorju

Iz analize časovne strukture smo izključili čas, ki smo ga potrebovali za pripravo in nameščanje merilnih naprav (zastoj zaradi meritev), zato prikazan čas predstavlja izključno delovni čas delavca traktorista. Snemanje obremenitev traktorista pri spravilu lesa z zgibnim traktorjem Ecotrac 120V je tako trajalo 1938,1 minut oziroma 32,3 ur.

Iz preglednice je razvidno, da smo v tem času zabeležili skoraj 18 ur produktivnega in dobrih 14 ur neproduktivnega časa. Največji delež neproduktivnega časa predstavlja zastoj zaradi organizacije dela, kamor spadajo delovne operacije, ki smo jih zaradi namena magistrske naloge označili kot neproduktivni čas. Ta zastoj namreč predstavlja 48,7 % neproduktivnega časa oz., kar 21,7 % celotnega snemalnega (delovnega) časa, kar pripisujemo sami organizaciji dela, ki jo izvajajo v delovni skupini (vključevanje traktorista v sekačevo delo, zaradi doseganja skupne norme).

V neproduktivnem času pa izstopa predvsem podatek o deležu zastoja zaradi delovnih sredstev, ki predstavlja 10,6 % oz. 3 ure in pol skupnega delovnega časa. K temu največ pripomoreta zastoj, ki sta nastala v tretjem oz. četrtem snemalnem dnevu, ko se je na traktorju zgodil strojelom (kardan), ki ga je bilo potrebno zamenjati. Delno je delo opravil traktorist že tretji dan, ko je za popravilo porabil eno uro in pol. Četrty snemalni dan pa je popravilo dokončal serviser, ki je potreboval dobro uro časa. Nekoliko izstopa tudi peti snemalni dan, ko je bilo tekom dneva potrebno očistiti filter za gorivo in odstraniti del jeklene vrvi, za kar je traktorist porabil skupno približno 20 minut. Pri ostalih dneh, pa je bil zastoj zaradi delovnih sredstev v pričakovanih vrednostih, to je nekaj minut za vsakodnevna vzdrževalna opravila.

V delovnem času največji delež predstavlja krojenje (10,8 %). Za krojenje je traktorist porabil približno pol ure na dan, v petem dnevu pa celo 44 minut. Krojenje, ki ga izvaja traktorist na pomožnem skladišču ob gozdni cesti je posledica metode mnogokratnikov oziroma kombiniranih hlodov pri sečnji in spravilu gozdnih lesnih sortimentov. Izbira metode je poleg predpisane iz Zavoda za gozdove odvisna od več dejavnikov, v našem primeru pa je po našem mnenju najverjetnejši dejavnik ta, da se pri tej metodi dela občutno zmanjša čas, ki je potreben pri zbiranju lesa (razvlačevanje, pripenjanje in privlačevanje ter premik med zbiranjem), ter se s tem povečuje doseganje skupne dnevne norme.

Po času trajanja v produktivnem času krojenju sledi delovna operacija polna vožnja, ki predstavlja 16 % produktivnega, oziroma 8,7 % celotnega delovnega časa. Pri polni vožnji izstopa predvsem šesti snemalni dan, ko je traktorist za polno vožnjo porabil 18 % celotnega delovnega časa, to je skoraj eno uro. Daljše trajanje polne vožnje v šestem snemalnem dnevu je posledica treh dejavnikov. Prvi dejavnik je smer spravila, saj je spravilo tisti dan potekalo navzgor. Drugi pomemben dejavnik je pravilna razdalja, ki je peti dan znašala v povprečju 180 m, kot tretji pomemben dejavnik pa ugotavljamo nekoliko večji vzdolžni naklon vlake, ki je tisti dan znašal povprečno 11,1 %.

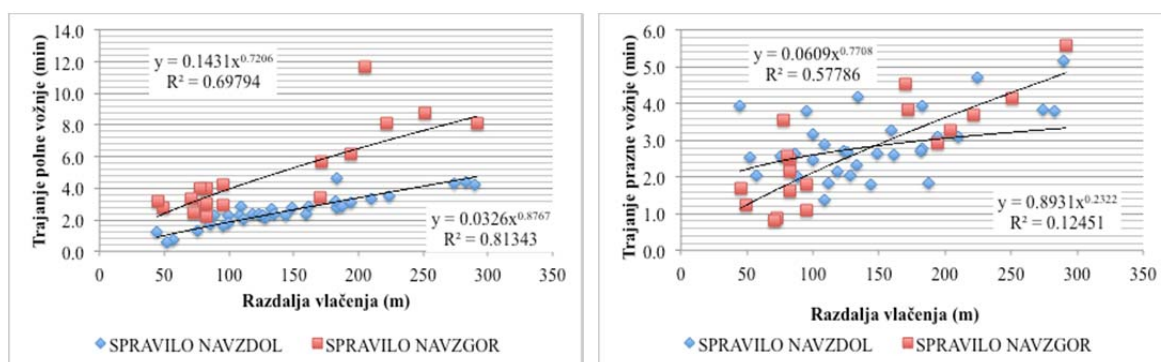
Krojenju in polni vožnji glede na trajanje sledita delovni operaciji rampanje (8,2 % delovnega časa) in prazna vožnja (7,3 % celotnega delovnega časa).

Pri primerjanju trajanja polne in prazne vožnje je moč ugotoviti, da v nekaterih primerih (1., 3. in 4. dan) prazna vožnja traja dlje kot polna, kar pa ni smiselno. Predvideva se namreč, da naj bi polna vožnja, zaradi obremenitve traktorja in temu primerne zmanjšane hitrosti, trajala dlje, kot prazna vožnja pri kateri je traktor neobremenjen in lahko dosega višje hitrosti. Vendar je potrebno pri tem opozoriti, da je delavec traktorist med prazno vožnjo v nekaterih primerih, pri prihodu na delovišče, z rampno desko odrival ležeče hlode, ali pa se nekoliko dlje časa nameščal na primeren položaj za pričetek zbiranja lesa.

Delavec traktorist je v času snemanja obremenitev v kabini traktorja preživel 37,8 % celotnega delovnega časa. 7,5 % celotnega snemalnega časa predstavlja neproduktivni čas v traktorju, 30,3 % celotnega časa pa predstavlja produktivni čas v traktorju. Od tega povprečja nekoliko odstopata tretji in četrti snemalni dan, ko je traktorist v traktorju preživel manj časa, kar je posledica daljših zastojev zaradi popravila traktorja. Občutno več časa (50,2 %) pa je traktorist preživel v traktorju šesti snemalni dan, ko je spravilo potekalo navzgor po nekoliko daljši in bolj strmi vlaki.

5.1.2 Odvisnosti porabe časa od delovnih razmer

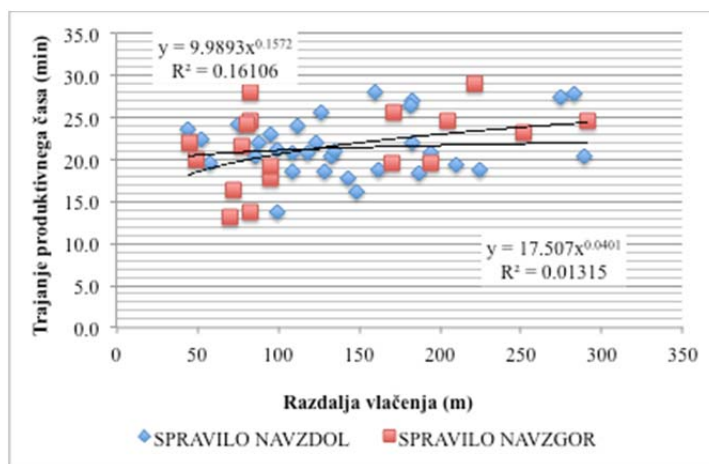
Namen preučevanja odvisnosti je ugotoviti, kateri dejavniki delovnih razmer vplivajo na trajanje nekaterih delovnih operacij ter produktivni in delovni čas. Za preučevanje odvisnosti smo kot neodvisne spremenljivke uporabili razdaljo vlačjenja, težo bremena in število kosov v bremenu. Vzorčno enoto v vseh poglavjih, kjer predvidevamo odvisnosti trajanja ali obremenitev in težavnosti dela od dejavnikov delovnih razmer, predstavlja delovni cikel traktorja. Odvisnosti smo preučili po vseh delovnih operacijah, ki jih uvrščamo v produktivni čas, prikazujemo pa samo tiste, kjer je bil jasno izražen trend.



Slika 15: Trajanje polne in prazne vožnje glede na razdaljo in kategorijo vlačjenja

Slika 15 prikazuje trajanje polne (levo) in prazne (desno) vožnje v odvisnosti od razdalje in kategorije vlačjenja. V splošnem lahko ugotovimo, da je pri večji pravilni razdalji poraba časa večja, kar je povsem smiselno in pričakovano. Slika jasno kaže tudi na to, da polna vožnja pri spravilu navzgor, pri enaki pravilni razdalji traja dlje časa, kot polna vožnja pri spravilu navzdol. To je posledica predvsem hitrosti vožnje, ki je pri spravilu navzgor manjša. V desnem grafikonu na sliki 15 prikazujemo odvisnost trajanja prazne vožnje od razdalje vlačjenja. Pri tem je potrebno opozoriti, da v tem primeru spravo navzdol pomeni, da je navzdol potekala samo polna vožnja, medtem, ko je prazna vožnja pravzaprav potekala v nasprotni smeri, torej navzgor. Iz grafikona je razvidno, da poraba časa s pravilno razdaljo narašča, vendar pa v hitrosti prazne vožnje navzdol in navzgor ni tako jasnih razlik kot pri polni vožnji. Tako je hitrost pri prazni vožnji navzgor na kratkih razdaljah (do 150 m) celo večja kot navzdol. Domnevamo, da sta relativno velik raztros vrednosti ter delno na prvi pogled nesmiselni rezultati posledica definicije prazne vožnje, kamor smo vključili tudi odmikanje sortimentov, ki so ležali na vlaki. Poleg tega se prazna

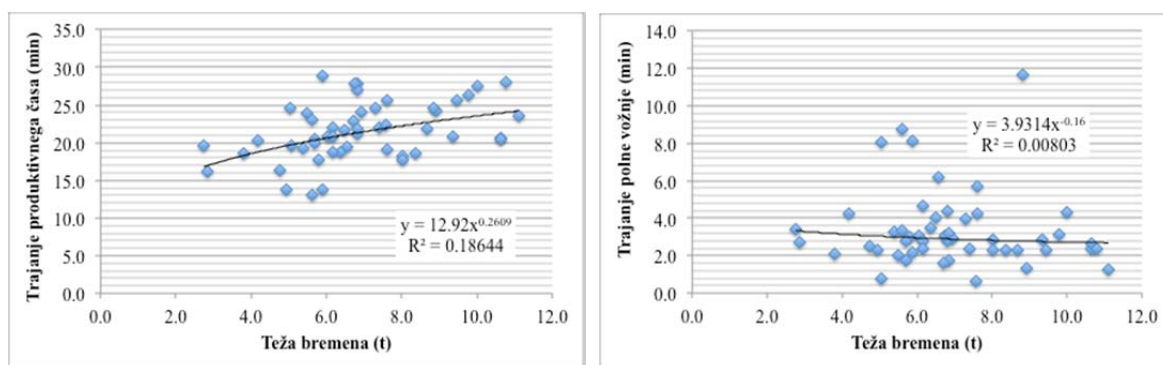
vožnja konča z namestitvijo traktorja v položaj za zbiranje lesa, kar pa ni vedno enako zahtevno.



Slika 16: Trajanje produktivnega časa glede na razdaljo vlačjenja

V produktivnem času (slika 16) je trend naraščanja porabe časa s pravilno razdaljo sicer viden, vendar bistveno manj značilen, kot pri polni in prazni vožnji. V produktivni čas namreč uvrščamo tudi delovne operacije, na trajanje katerih pravilna razdalja ne vpliva. Ugotovimo lahko, da trajanje produktivnega časa pri spravilu navzgor, pri isti razdalji vlačjenja, ni bistveno večje, kot pri spravilu navzdol. Iz rezultatov lahko zaključimo, da razdalja vlačjenja vpliva predvsem na trajanje premika traktorja oz. polne in prazne vožnje medtem, ko na trajanje produktivnega časa, zaradi delovnih operacij, ki potekajo na delovišču (zbiranje lesa) in pomožnem skladišču, ne vpliva bistveno.

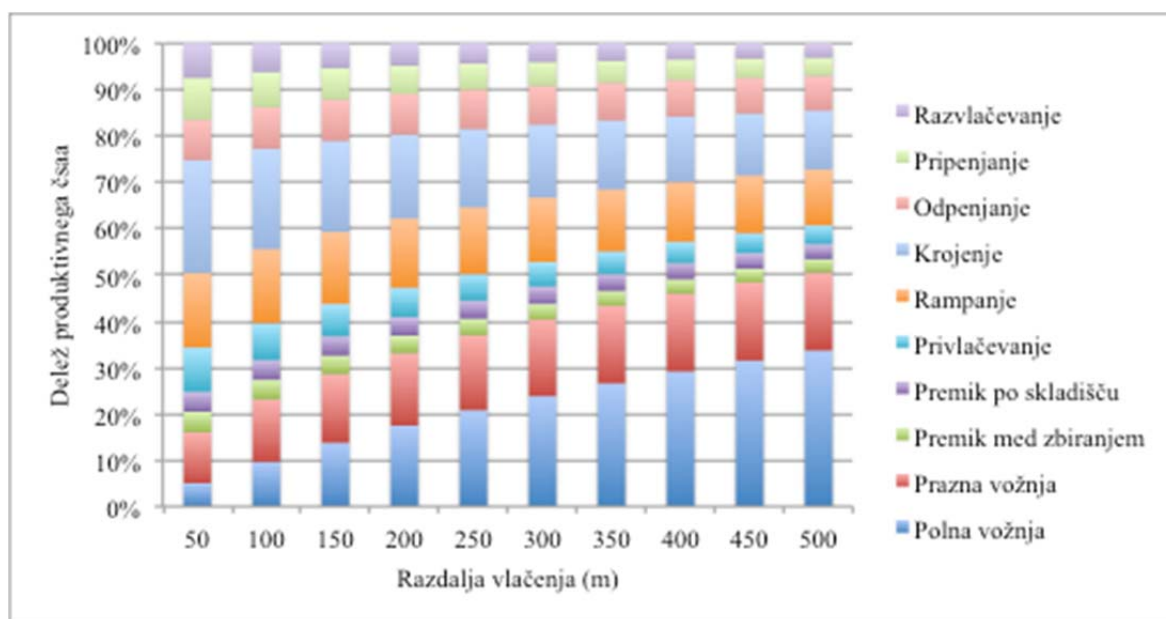
V nadaljevanju smo preučili tudi vpliv teže bremena na trajanje spravila lesa. Za izračun teže bremena smo uporabili splošna koeficienta za preračunavanje iz volumna bremena (m^3), in sicer 0,95 za iglavce ter 1,1 za listavce. Izračunano težo bremena prikazujemo v tonah (t). Vpliv teže bremena na skupno trajanje produktivnega časa in polne vožnje prikazuje slika 17. V tem primeru prikazujemo skupno trajanje produktivnega časa ter polne vožnje in ne ločeno glede na smer spravila, kot smo to prikazovali pri vplivu razdalje vlačjenja. Za delovne operacije, ki spadajo v produktivni čas, je traktorist porabil od 13 do približno 30 minut. Pri trajanju produktivnega časa je jasno viden trend naraščanja porabe časa s povečevanjem teže bremena.



Slika 17: Trajanje produktivnega časa in polne vožnje glede na težo bremena

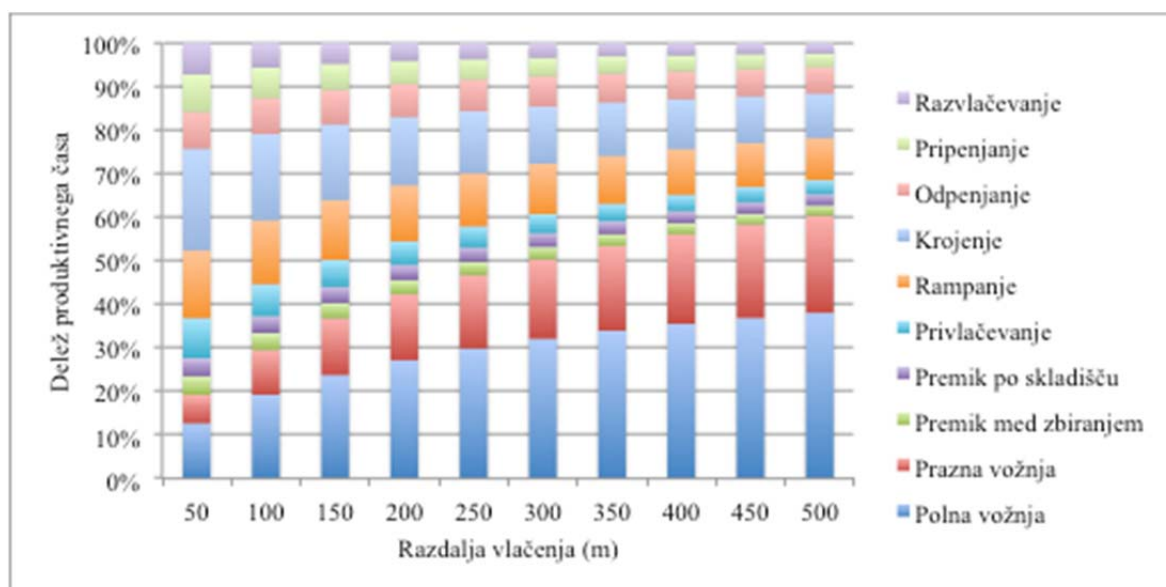
Pri polni vožnji nismo ugotovili jasnega vpliva teže bremena na porabo časa za opravljanje delovne operacije. Polna vožnja je v večini ciklov trajala od 2 do 6 minut, je pa moč razbrati, da je v nekaj primerih trajala več, tudi do 8 oz. 9 minut in celo do 12 minut. Večja poraba časa v omenjenih primerih je posledica polne vožnje pri spravilu navzgor. V tem primeru je imel traktorist zaradi domnevno pretežkega bremena težave pri prehodu bolj skalovitega dela gozdne vlake in pri izhodu na gozdno cesto, ko si je pomagal z dodatnim privlačenjem bremena oz. tako imenovanim vitlanjem. V splošnem trajanje polne vožnje upada s težo bremena. Pri preučevanju odvisnosti trajanja delovnih operacij pomožnega produktivnega časa (operacije zbiranja in delo na pomožnem skladišču) od delovnih razmer, nismo ugotovili smiselnih povezav. Razlog za nekoliko nesmiselne rezultate je v tem, da po eni strani teža bremena povečuje trajanje operacij pomožnega produktivnega časa, istočasno pa jih število kosov v bremenu zmanjšuje. Posledično rezultati niso takšni, kot bi jih pričakovali.

V nadaljevanju raziskovanja vpliva delovnih razmer na porabo časa smo izdelali modelni izračun strukture produktivnega časa v odvisnosti od različnih delovnih razmer, saj bi lahko na podlagi modelne structure lahko predvideli težavnost dela kakor tudi obremenitve delavca s škodljivimi vplivi iz delovnega okolja. Najprej smo ugotavljali strukturo produktivnega časa glede na različno razdaljo vlačjenja pri spravilu navzdol (slika 18).



Slika 18: Struktura produktivnega časa glede na razdaljo vlačjenja (spravilo navzdol)

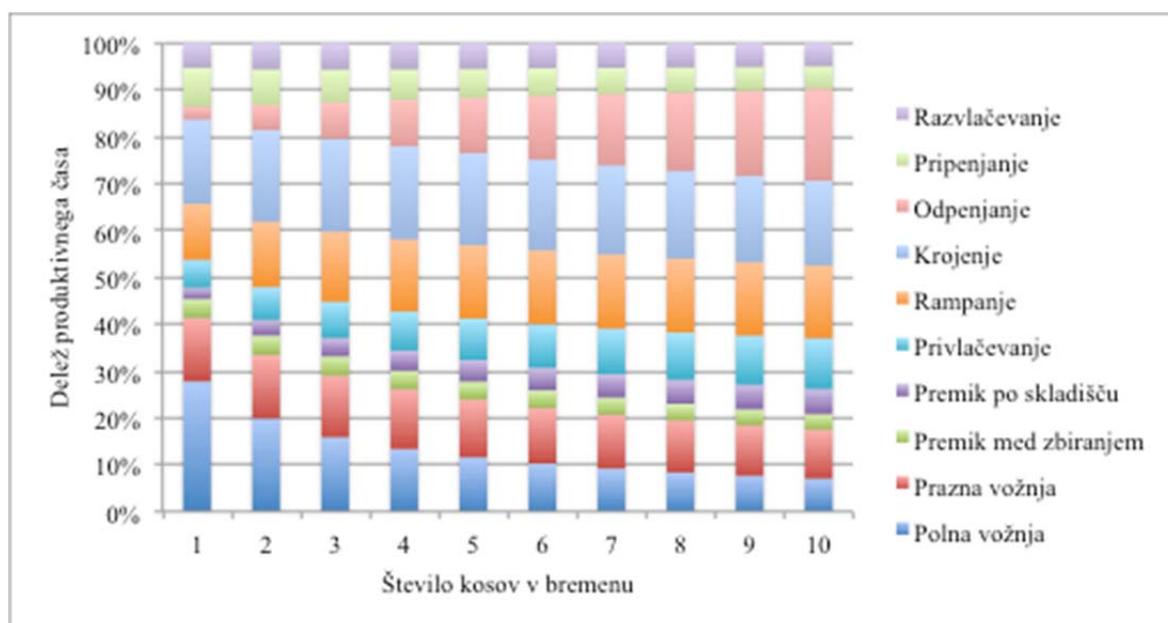
Pri krajših pravih razdaljah (50-100 m) največji delež produktivnega časa predstavljata delovni operaciji krojenje in rampanje. Sledijo delovne operacije prazna vožnja, razvlačevanje, pripenjanje odpenjanje in privlačevanje. Najmanjše deleže produktivnega časa predstavljajo delovne operacije premik med zbiranjem in premik po skladišču ter polna vožnja. Ugotovili smo, da s povečevanjem razdalje vlačjenja najbolj narašča delež polne vožnje, narašča tudi delež prazne vožnje. Pri najdaljši pravi razdalji (500 m) delež polne vožnje prevladuje z več kot 30 % produktivnega časa, medtem, ko pri razdalji 50 m polna vožnja predstavlja le približno 5 % produktivnega časa. Sledijo delovne operacije prazna vožnja, krojenje in rampanje. Z naraščanjem pravih razdalj se najbolj zmanjšuje delež krojenja, zmanjšujejo pa se tudi deleži delovnih operacij razvlačevanje, pripenjanje in privlačevanje. Pri najkrajši pravi razdalji (50 m) predstavlja delovna operacija krojenje več kot 20 % produktivnega časa, pri razdalji 500m pa samo še dobrih 10 % produktivnega časa.



Slika 19: Struktura produktivnega časa glede na razdaljo vlačjenja (spravilo navzgor)

Strukturo produktivnega časa pri spravilu navzgor prikazuje slika 19. Struktura je podobna strukturi pri spravilu navzdol, vendar je moč razbrati nekaj razlik. Pri krajših pravih razdaljah še vedno prevladuje delež krojenja in rampanja, vendar je v tem primeru delež polne vožnje bistveno večji, kot pri spravilu navzdol (navzdol 5 %, navzgor dobrih 10 %). Tudi v tem primeru se s povečevanje pravilne razdalje najbolj povečuje delež polne vožnje, bistveno bolj, kot pri spravilu navzdol, pa se povečuje delež prazne vožnje. Tako lahko ugotovimo, da pri večjih pravih razdaljah (400-500 m) vožnja predstavlja kar 60 % produktivnega časa, kar pa lahko zelo vpliva na obremenitve traktorista. Polna vožnja pri večjih razdalja pri spravilu navzgor predstavlja skoraj 40 % produktivnega časa. S povečevanjem pravilne razdalje pa najbolj pada delež delovnih operacij krojenje in rampanje.

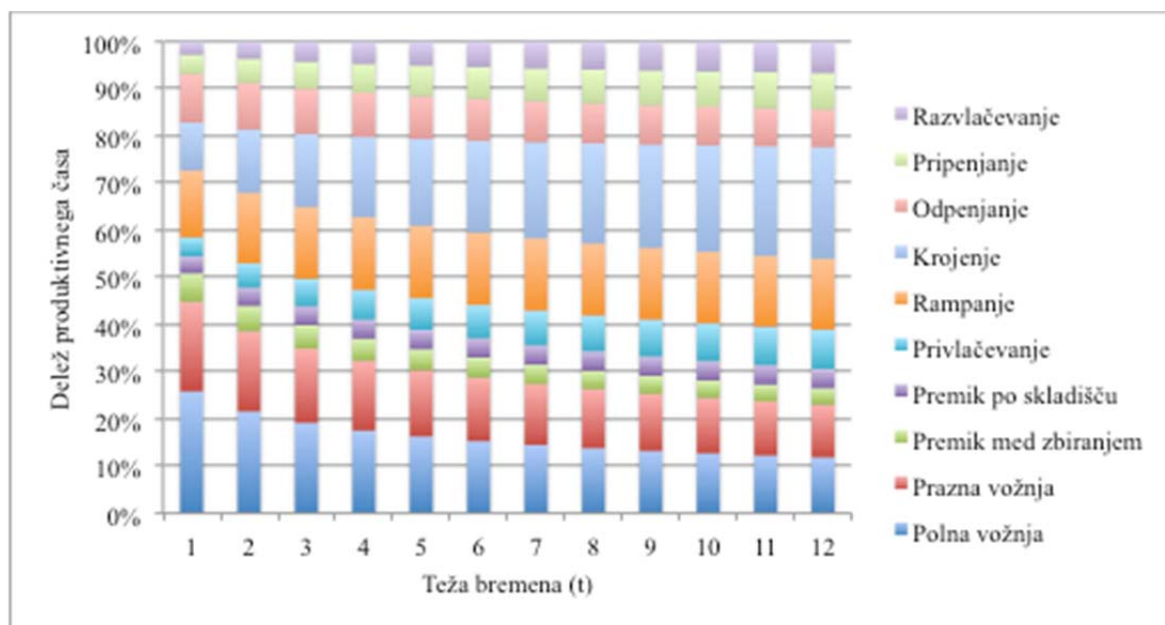
Podobno smo s pomočjo modelnega izračuna analizirali tudi strukturo produktivnega časa glede na število kosov v bremenu (slika 20).



Slika 20: Struktura produktivnega časa glede na število kosov v bremenu

Na podlagi modelnega izračuna smo prišli do zanimivih ugotovitev. V primeru, ko bi delavec traktorist pripel samo en kos bremena, bi največji delež produktivnega časa predstavljala delovna operacija polna vožnja (28 %). V tem primeru po trajanju sledita delovni operaciji krojenje in prazna vožnja. Relativno velik (9 %) je tudi delež pripenjanja. S povečevanjem števila kosov v bremenu pa najbolj narašča delež odpenjanja, ki v primeru desetih kosov v bremenu naraste na 20 % produktivnega časa (2 % pri enem kosu v bremenu). Povečuje se tudi delež privlačevanja in rampanja, medtem, ko delež krojenja, ne glede na število kosov v bremenu, ostaja enak. Presenetljivo je predvsem to, da skupni delež razvlačevanja in pripenjanja, ki sta neposredno povezani s številom kosov, ki jih je potrebno spraviti, predstavlja le 10 % produktivnega časa (v primeru desetih kosov v bremenu). Omenjeni skupni delež je večji tudi pri enem kosu v bremenu (12-13 %). S povečevanjem števila kosov v bremenu se najbolj zmanjšuje delež polne vožnje, ki v primeru enega kosa predstavlja 28 %, v primeru desetih kosov pa samo 7 %. Tako lahko ugotovimo, da delež vožnje v primeru enega kosa predstavlja več kot 40 % produktivnega časa, v primeru desetih kosov v bremenu pa vožnja predstavlja le še 20 % produktivnega časa.

Za konec smo na podlagi modelnega izračuna analizirali še vpliv teže bremena na strukturo produktivnega časa (slika 21).



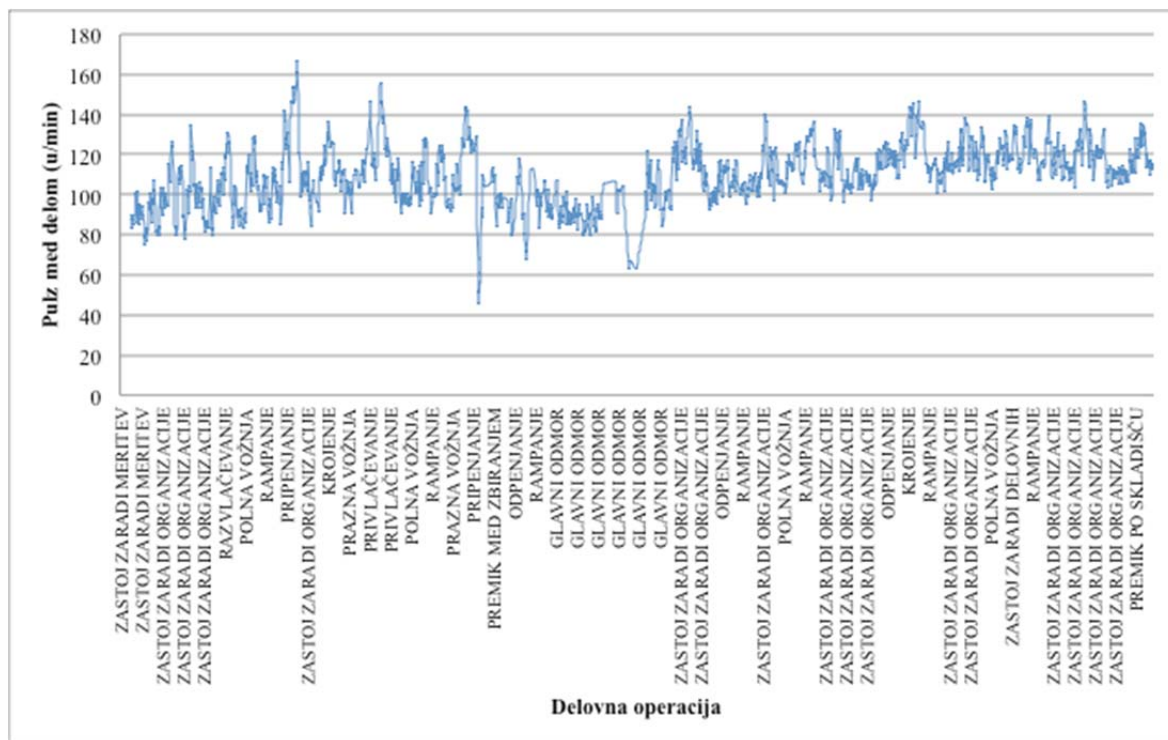
Slika 21: Struktura produktivnega časa glede na težo bremena

Težo bremena prikazujemo v tonah. Pri eno tono težkemu bremenu traktorist največji delež produktivnega časa porabi za polno (25 %) in prazno vožnjo (20 %). Sledijo delovne operacije rampanje, odpenjanje in krojenje. S povečevanjem teže bremena najbolj narašča delež krojenja. Povečujejo se tudi deleži razvlačevanja, pripenjanja in privlačevanja. Pri dvanajst ton težkemu bremenu največji delež predstavlja delovna operacija krojenje, dobrih 20 % produktivnega časa. Sledijo delovne operacije rampanje, prazna in polna vožnja. Ugotovimo lahko, da pri eno tono težkemu bremenu krojenje predstavlja le 10 % produktivnega časa, pri dvanajst ton težkemu bremenu pa dobrih 20 %. Z večjo težo bremena se najbolj zmanjšujeta deleža polne in prazne vožnje. Nakoliko se zmanjšuje tudi delež premika med zbiranjem. Tako lahko ugotovimo, da se delež vožnje iz 45 % pri eno tono težkemu bremenu zmanjša na 22 % produktivnega časa pri dvanajst ton težkemu bremenu.

5.2 TEŽAVNOST DELA

Na začetku vsakega podpoglavja o obremenitvah prikazujemo dnevni potek posameznih obremenitev. Za prikaz dnevnega poteka smo izbrali drugi snemalni dan. Za ta dan smo se odločili, ker v tem dnevu ni prihajalo do zapletov in nepričakovanih situacij pri samem spravilu lesa. Delo je ta dan potekalo normalno brez večjih zastojev.

Pri analizi težavnosti dela prikazujemo dnevni potek pulza med delom. Slika 22 prikazuje delovne operacije in nihanje pulza med delom traktorista. Prikaz poteka delovnih operacij je samo orientacijski, zato je iz slike nemogoče razbrati točno katero delovno operacijo v določenem trenutku traktorist opravlja.

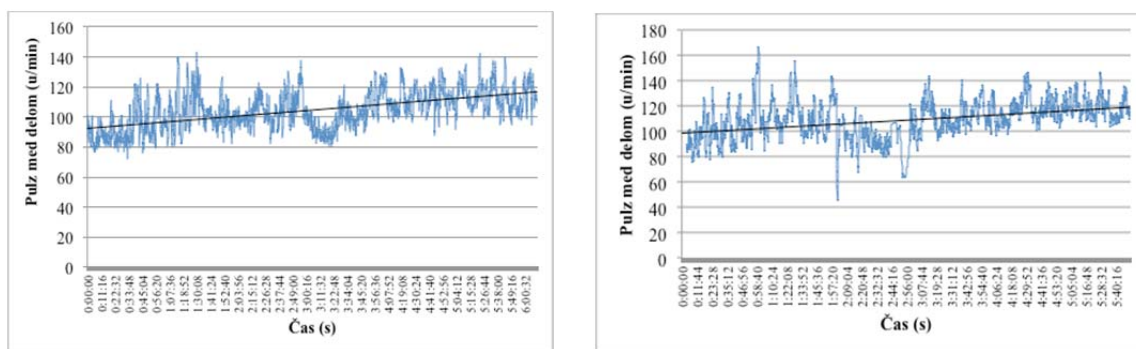


Slika 22: Prikaz pulza med delom preko delovnega časa (2. snemalni dan)

Iz slike 22 je moč razbrati, da je bil pulz med opravljanjem dela v izbranem dnevu večinoma nad 80 utripov na minuto. Pod to mejo je padel samo v treh primerih oz. skupno 8 minut. Z natančnejšo analizo smo ugotovili, da je šlo v prvem primeru, ko pulz med delom pade celo pod 50 utripov na minuto, za nekoliko daljši zastoj zaradi organizacije dela. Traktorist je v tem času nekoliko dlje miroval, zato se je utrip upočasnil. V drugem

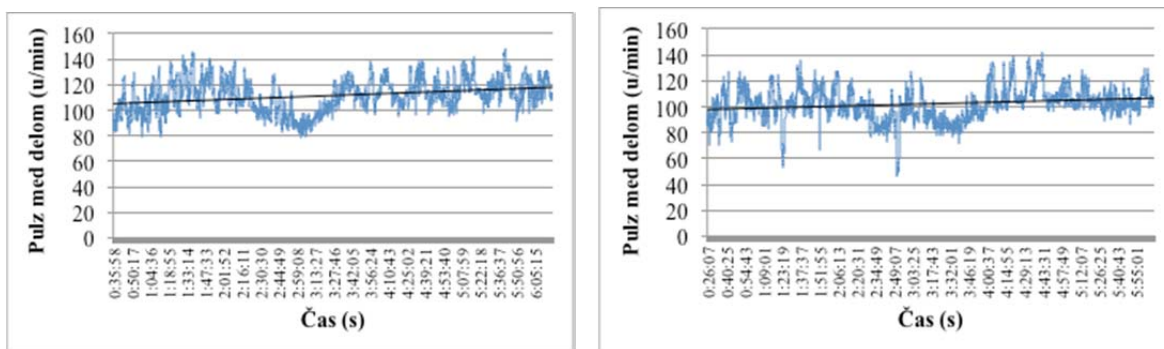
primeru je do padca pulza pod 80 utripov na minuto presenetljivo prišlo med delovno operacijo krojenje. V tretjem primeru se je pulz med delom približal 60 utripom na minuto med glavnim odmorom (malica), ki je trajal dobre pol ure. Iz slike lahko ugotovimo, da je razpon pulza med delom v delovnem času drugega snemalnega dne med 45 in preko 160 utripov na minuto. Traktorist doseže najvišji pulz med delom pri opravljanju delovne operacije razvlačevanje, za katero pogosto ugotavljamo, da je ena izmed najtežavnejših opravil pri spravilu lesa.

Pri vizualnem pregledu podatkov s pomočjo grafikonov smo opazili, da pulz med delom in s tem težavnost dela narašča preko celotnega delovnika. Ker velja, da takšno naraščanje kaže na povečano možnost preutrujanja delavca, smo jih prikazali v nadaljevanju naloge.



Slika 23: Prikaz poteka težavnosti dela skozi delovni čas pri spravilu navzdol (1. in 2. dan)

Iz rezultatov je poleg naraščanja pulza med delom s trajanjem dela vidno tudi, da je trend v dnevih, ko je prišlo do večjih zastojev med delom, nekoliko drugačen, iz česar lahko zaključimo, da delež produktivnega časa povečuje težavnost dela.



Slika 24: Prikaz poteka težavnosti dela skozi delovni čas pri spravilu navzgor (5. in 6. dan)

5.2.1 Težavnost dela po delovnih operacijah

Težavnost dela prikazujemo v preglednici 5. Ta je sestavljena tako, da prikazuje težavnost dela po posameznih delovnih operacijah, glede na smer spravila. Zadnji stolpec prikazuje skupno težavnost dela po delovnih operacijah. Tudi v tem primeru so delovne operacije razdeljene glede na predhodno opisano strukturo delovnega časa. Spodnji del preglednice smo oblikovali tako, da prikazuje težavnost dela glede na položaj delavca traktorista. Zadnja vrstica preglednice prikazuje skupno težavnost dela glede na smer spravila.

V samem jedru preglednice je najprej prikazano trajanje. Za vsako posamezno kategorijo (delovna operacija, smer spravila, neproduktivni oz. produktivni čas, skupaj) je prikazano koliko časa je trajalo snemanje težavnosti dela. Čas je prikazan v minutah.

Težavnost dela prikazujemo s tremi kazalniki, ki smo jih izračunali po postopku opisanem v poglavju metode dela. Pulz med delom (PMD) in delovni pulz (DP) prikazujemo v utripih na minuto (u/min). Relativni delovni pulz (RDP) pa je prikazan v procentih (%). V splošnem lahko ugotovimo, da je bil delavec traktorist bolj fizično obremenjen v produktivnem času (PMD = 113,1 u/min), kot v neproduktivnem času (100,5 u/min), kar je povsem pričakovano. Zanimiva, vendar logična, je primerjava znotraj produktivnega časa. Iz preglednice lahko razberemo, da je delo v času, ko je bil traktorist izven traktorske kabine težavnejše (119,0 u/min) kot delo v času, ko je traktorist za volanom zgibnika (108,1 u/min).

Preglednica 5: Težavnost dela po delovnih operacijah

		DELOVNA OPERACIJA	SMER SPRAVILA								SKUPAJ			
			DOL				GOR							
			Trajanje (min)	PMD	DP	RDP	Trajanje (min)	PMD	DP	RDP	Trajanje (min)	PMD	DP	RDP
NEPR. ČAS	VTR	PRIPRAVLJALNO ZAKLJUČNI ČAS	5.1	111.2	48.2	37.4	6.0	104.4	41.4	32.1	11.1	107.5	44.5	34.5
		ZASTOJ ZARADI DELOVNIH SREDSTEV	2.3	120.1	57.1	44.2	1.0	106.4	43.4	33.7	3.3	116.1	53.1	41.2
		ZASTOJ ZARADI ORGANIZACIJE	63.0	103.1	40.1	31.1	68.0	102.6	39.6	30.7	131.1	102.8	39.8	30.9
		ZASTOJ ZARADI OSEBNIH POTREB	0.3	107.5	44.5	34.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	107.5	44.5	34.5
	ZUNAJ	ZASTOJ ZARADI DELOVNIH SREDSTEV	168.8	92.1	29.1	22.5	27.9	114.5	51.5	39.9	196.7	95.2	32.2	25.0
		ZASTOJ ZARADI ORGANIZACIJE	196.4	111.1	48.1	37.3	93.1	102.9	39.9	30.9	289.4	108.5	45.5	35.2
		ZASTOJ ZARADI OSEBNIH POTREB	13.1	108.9	45.9	35.6	21.5	93.8	30.8	23.9	34.5	99.5	36.5	28.3
		GLAVNI ODMOR	117.9	91.2	28.2	21.9	69.8	92.6	29.6	22.9	187.7	91.7	28.7	22.3
PRODUKTIVNI ČAS	VTR	POLNA VOŽNJA	81.5	105.0	42.0	32.6	86.9	104.0	41.0	31.8	168.4	104.5	41.5	32.2
		PRAZNA VOŽNJA	92.7	103.4	40.4	31.3	47.9	102.6	39.6	30.7	140.6	103.2	40.2	31.1
		PREMIK MED ZBIRANJEM	26.2	117.9	54.9	42.6	14.9	107.5	44.5	34.5	41.1	114.1	51.1	39.6
		PREMIK PO SKLADIŠČU	29.9	118.7	55.7	43.2	13.7	122.3	59.3	46.0	43.6	119.9	56.9	44.1
		PRIVLAČEVANJE	20.9	112.3	49.3	38.2	14.8	106.8	43.8	34.0	35.7	110.0	47.0	36.4
		RAMPANJE	110.3	112.5	49.5	38.4	47.8	108.4	45.4	35.2	158.1	111.3	48.3	37.4
		ZUNAJ	KROJENJE	132.6	117.0	54.0	41.9	76.1	119.3	56.3	43.7	208.7	117.9	54.9
	ODPENJANJE		66.7	117.3	54.3	42.1	30.5	118.0	55.0	42.6	97.2	117.5	54.5	42.2
	PRIPENJANJE		52.0	124.9	61.9	48.0	22.8	120.7	57.7	44.7	74.8	123.7	60.7	47.0
	PRIVLAČEVANJE		32.4	118.9	55.9	43.3	15.1	115.0	52.0	40.3	47.5	117.7	54.7	42.4
	RAZVLČEVANJE		44.8	121.7	58.7	45.5	15.3	119.1	56.1	43.5	60.2	121.1	58.1	45.0
	NEPRODUKTIVNI ČAS V TRAKTORJU		70.8	104.2	41.2	32.0	75.0	102.8	39.8	30.9	145.8	103.5	40.5	31.4
	NEPRODUKTIVNI ČAS ZUNAJ		496.2	99.8	36.8	28.6	212.2	100.1	37.1	28.8	708.4	99.9	36.9	28.6
	PRODUKTIVNI ČAS V TRAKTORJU		361.4	109.4	46.4	36.0	225.9	106.2	43.2	33.5	587.3	108.1	45.1	35.0
	PRODUKTIVNI ČAS ZUNAJ		328.4	119.1	56.1	43.5	159.8	118.8	55.8	43.3	488.3	119.0	56.0	43.4
	NEPRODUKTIVNI ČAS		567.0	100.4	37.4	29.0	287.2	100.8	37.8	29.3	854.2	100.5	37.5	29.1
	PRODUKTIVNI ČAS		689.8	114.0	51.0	39.6	385.7	111.4	48.4	37.5	1075.5	113.1	50.1	38.8
	SKUPAJ		1256.8	107.9	44.9	34.8	672.9	106.9	43.9	34.0	1929.7	107.5	44.5	34.5

PMD: Pulz med delom (u/min), DP: delovni pulz (u/min), RDP: relativni delovni pulz (%)

Najbolj fizično naporna so torej opravila, ki jih traktorist opravlja izven traktorske kabine, pri zbiranju lesa. To potrdijo tudi rezultati prikazani v preglednici. Pri pregledu skupnih obremenitev po posameznih delovnih operacijah smo namreč ugotovili, da je bil najvišji pulz med delom izmerjen oz. izračunan pri delovni operaciji pripenjanje (123,7 u/min). Pri tem je potrebno opozoriti, da pripenjanje bremena samo po sebi ni tako naporno fizično delo, kot se na prvi pogled rezultatov zdi, vendar pa do takšnega rezultata pride zaradi zapoznelega odziva organizma na manj naporno fizično opravilo. Pripenjanje bremena namreč v večini primerov sledi delovni operaciji razvlačevanje jeklene vrvi. Razvlačevanje (121,1 u/min) pa upravičeno smatramo kot opravilo, ki je v delovnem času delavca traktorista, poleg opravljanja pri katerih uporablja motorno žago, najbolj fizično zahtevno. Podobno kot pri delovni operaciji pripenjanje, smo visok pulz med delom izmerili pri premikanju po skladišču (119,9 u/min), ki v večini primerov sledi fizično bolj naporni delovni operaciji krojenje (117,9 u/min), pri kateri delavec traktorist uporablja motorno žago. Sledita delovni operaciji privlačevanje (117,7 u/min) in odpenjanje (117,5 u/min), ki sta prav tako v sosledju s fizično najzahtevnejšimi delovnimi operacijami (razvlačevanje, krojenje).

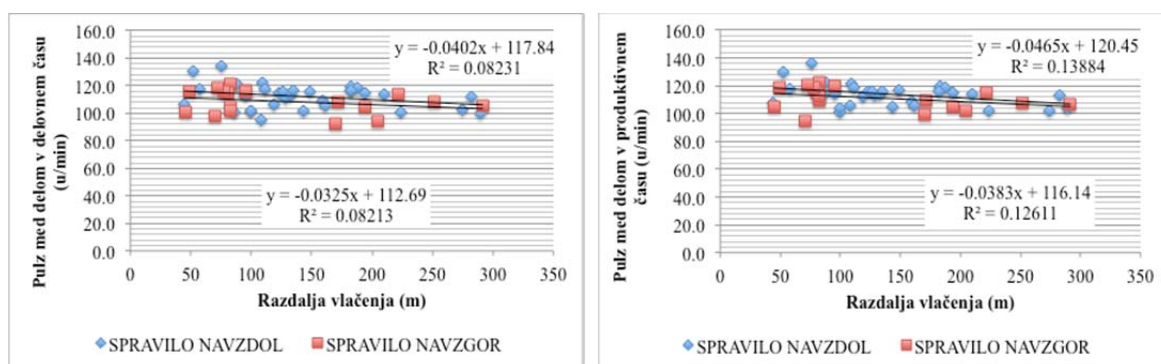
V neproduktivnem času v traktorju izstopa zastoj zaradi delovnih sredstev, med katerim smo zabeležili relativno visok pulz (116,1 u/min). Iz preglednice lahko razberemo, da je šlo za kratek čas trajajoč zastoj, ki je najverjetneje sledil zastoj zaradi delovnih sredstev, pri katerem pa je bil traktorist izven traktorske kabine in je najverjetneje odpravljal težave z razvijanjem jeklene vrvi. Poleg omenjenega zastoja, smo najvišji pulz v neproduktivnem času izmerili oz. izračunali med zastojem zaradi organizacije dela izven traktorja (108,5 u/min). Ta ugotovitev je seveda bolj pričakovana, saj v omenjeni zastoj uvrščamo tudi fizično bolj zahtevna opravila pri katerih je traktorist pomagal sekačem (sečnja, krojenje, kleščenje, prežagovanje).

Primerjava težavnosti dela po kategorijah vlačjenja je pokazala, da je spravilo navzdol nekoliko težavnejše kot spravilo navzgor. To dokazujejo višje vrednosti pulza med delom pri polni in prazni vožnji, kakor tudi v produktivnem in delovnem času. Rezultati so tako v skladu z modelom trajanja izpostavljenosti glede na razdaljo vlačjenja in kategorijo

zbiranja, iz katerega smo zaradi večjega deleža polne in prazne vožnje pri spravilu navzdol pričakovali nižjo težavnost dela.

5.2.2 Odvisnosti težavnosti dela od delovnih razmer

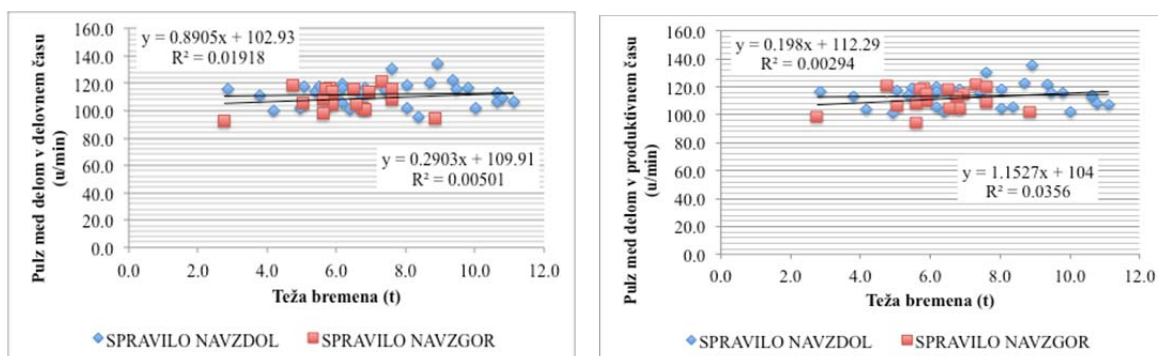
Tudi pri preučevanju odvisnosti težavnosti dela od delovnih razmer smo kot neodvisne spremenljivke izbrali razdaljo vlačjenja, težo bremena in število kosov v bremenu. V tem primeru prikazujemo samo odvisnosti težavnosti dela v delovnem in produktivnem času, ker nas vpliv delovnih razmer na težavnost dela med delovnimi operacijami pri tem ni zanimal.



Slika 25: Težavnost dela v delovnem in produktivnem času glede na razdaljo vlačjenja

Težavnost dela glede na razdaljo vlačjenja prikazuje slika 25. Levo prikazujemo težavnost dela v delovnem času. Ugotovimo lahko, da s povečevanjem razdalje vlačjenja težavnost dela pada, kar velja za spravilo navzgor kakor tudi navzdol. Pri najkrajši pravilni razdalji se pulz med delom giblje okoli 120 utripov na minuto, medtem, ko se pri razdalji 300 metrov pulz spusti na okoli 100 utripov na minuto. Zaradi večje razdalje vlačjenja narašča delež polne in prazne vožnje, kar smo dokazali v podpoglavju odvisnosti porabe časa od delovnih razmer. Posledično torej traktorist dlje časa opravlja delovne operacije, ki jih obravnavamo kot manj težavne. Deleži bolj zahtevnih delovnih operacij se zmanjšujejo in tako lahko ugotovimo, da se težavnost dela z naraščanjem razdalje vlačjenja zmanjšuje. Enake zaključke lahko podamo tudi za produktivni čas, saj so razlike v pulzih med delom glede na razdaljo vlačjenja minimalne. S primerjavo težavnosti dela po kategorijah vlačjenja lahko ugotovimo, da je težavnost spravila navzdol večja ne glede na razdaljo vlačjenja, vendar pa so razlike minimalne.

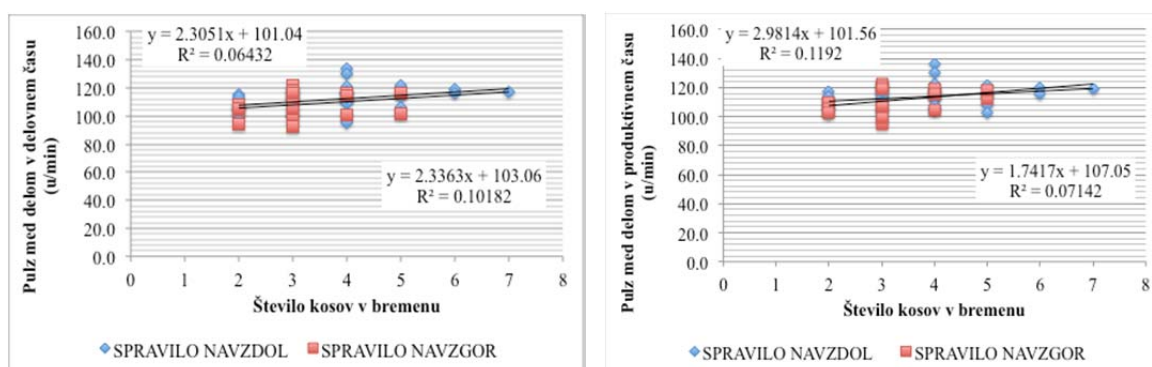
V nadaljevanju smo ugotovili, da teža bremena ne vpliva bistveno na težavnost dela (slika 26) v delovnem in produktivnem času. Prav tako nismo odkrili bistvenih razlik med spraviлом navzdol in spraviлом navzgor.



Slika 26: Težavnost dela v delovnem in produktivnem času glede na težo bremena

Levo prikazujemo težavnost dela v delovnem času. V podrobni analizi smo ugotovili, da težavnost dela z naraščanjem teže bremena sicer nekoliko narašča, vendar je podatek zanemarljiv. Podobno velja za težavnost dela v produktivnem času. Prav tako nismo odkrili bistvenih razlik med spraviлом navzdol in spraviлом navzgor.

Vpliv števila kosov v bremenu na težavnost dela v delovnem in produktivnem času prikazuje slika 27.



Slika 27: Težavnost dela v delovnem in produktivnem času glede na število kosov v bremenu

Iz slike lahko ugotovimo, da tako v delovnem, kot tudi v produktivnem času težavnost dela s povečevanjem števila kosov v bremenu narašča. V podpoglavju odvisnosti porabe časa od delovnih razmer smo dokazali, da se v primeru večanja števila kosov v bremenu nabolj povečuje delež odpenjanja lesa, velik je tudi delež krojenja. Najbolj bistveno pa je, da se

pri povečevanju števila kosov znižujeta deleža vožnje, tako polne, kot tudi prazne vožnje. Zato delavec nima dovolj časa, da se med vožnjo odpočije, saj je delež težjih delovnih operacij v primerjavi z manj napornimi delovnimi operacijami bistveno višji. Delo je najmanj težavno, ko sta bila v bremenu dva kosa (PMD = 110 u/min). Pulz med delom in s tem težavnost dela se je povečala, ko je bilo v bremenu pripetih sedem kosov (PMD = 120 u/min). Tudi tu pa nismo odkrili bistvenih razlik v težavnosti dela med spraviom navzdol in spraviom navzgor.

5.2.3 Težavnost dela skupine

Poleg vseh obremenitev in težavnosti dela traktorista, smo z merilniki srčnega utripa že na začetku snemanja za potrebe magistrske naloge oprememili tudi oba sekača, ki sta sodelovala v gozdni proizvodnji v skupini s traktoristom.

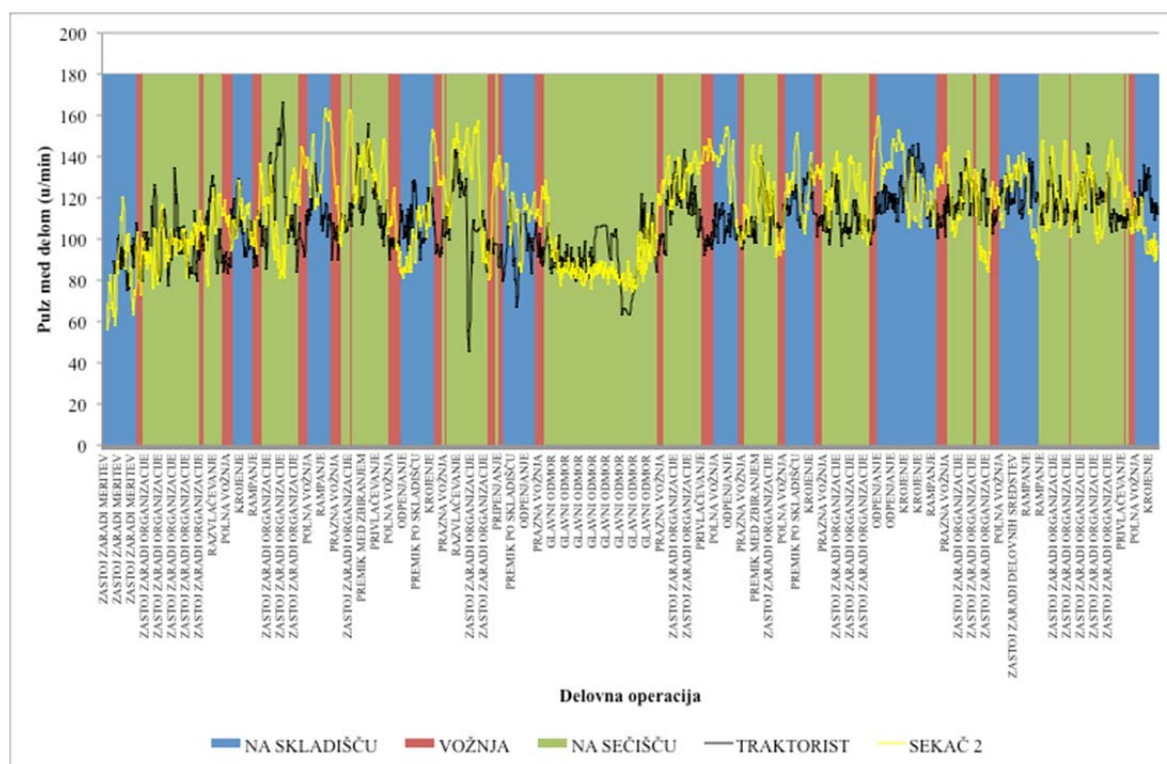
Namen preučevanja težavnosti dela obeh sekačev je bil predvsem ugotoviti težavnost dela skupine in preučiti razlike v težavnosti dela traktorista in sekača. Najnovejše raziskave (Poje, 2011) namreč dokazujejo, da je klasično skupinsko delo težavnejše od načina dela, kjer delavci delovne položaje redno menjajo.

V nadaljevanju prikazujemo nekaj analiz, ki prikazujejo primerjave težavnosti dela traktorista, obeh sekačev in težavnosti dela skupine. Potek pulza med delom sekača in traktorista preko delovnega časa prikazuje slika 28. Za lažjo predstavbo smo sliko obarvali tako, da je lažje vidno, kje se v določenem trenutku nahaja traktorist. Z modro barvo je obarvan čas, ko traktorist opravlja delovne operacije na pomožnem skladišču. Rdeča barva označuje čas vožnje, zelena pa čas, ko traktorist opravlja delovne operacije na sečišču v sestoju.

Iz slike lahko ugotovimo razlike med obema delavcema. Razberemo lahko, da ima sekač večji del delovnega dneva višji pulz kakor traktorist, samo v nekaterih situacijah traktoristov pulz preseže sekačevega. Pulz med delom traktorista se namreč pri določenih opravilih upočasni. Tu imamo v mislih predvsem manj težavna opravila kot so polna in prazna vožnja, zastoji zaradi organizacije, ko traktorist nekaj minut čaka, da sekači

pripravijo les za spravilo. Iz slike je prav tako razvidno, da najtežavnejša opravila le redko potekajo sočasno pri obeh delavcih. Tako predvidevamo, da je delo težavnejše predvsem v času, ko je traktorist na vožnji ali na pomožnem skladišču, kar pa nam ni uspelo dokazati z izračunom povprečnih vrednosti pulza sekača glede na lokacijo traktorista. Izračun je namreč pokazal, da se povprečne vrednosti pulza med delom gibljejo med 115,8 u/min, ko je traktorist na skladišču in 117,3 u/min, ko je traktorist na sečišču.

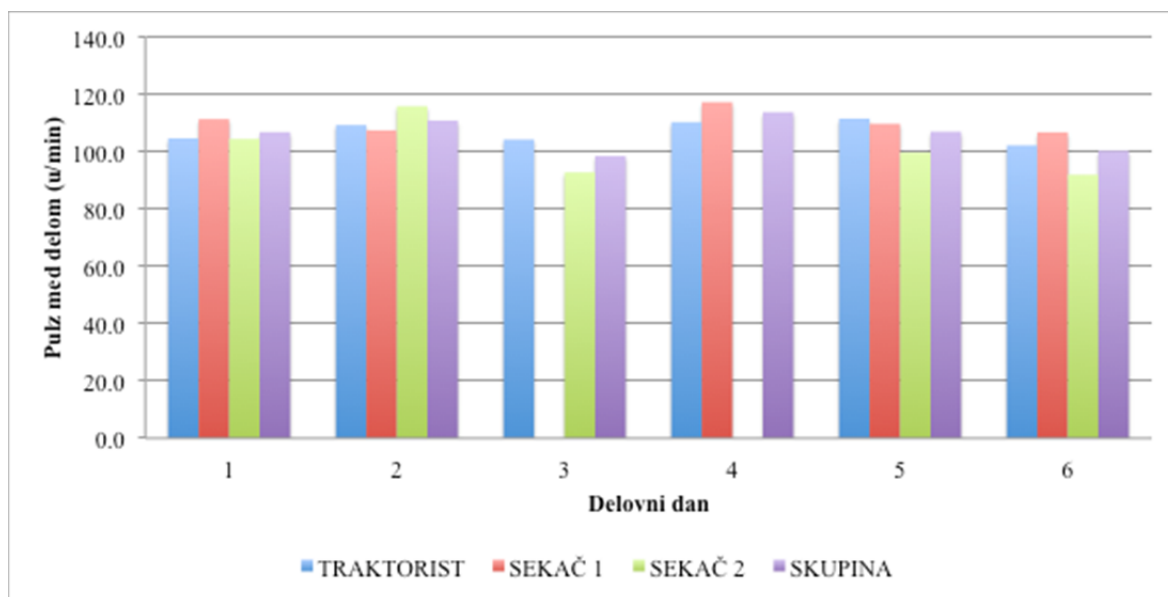
Ugotovimo lahko, da tako kot traktoristov pulz skozi celoten delovni dan narašča tudi pulz med delom sekača. To pomeni, da je delo pretežavno in zaradi tega lahko prihaja do preutrujanja in ogrožanja zdravja delavca.



Slika 28: Težavnost dela traktorista in sekača (2.snemalni dan)

Povprečen pulz med delom po posameznih delovnih dnevih prikazuje slika 29. Slika prikazuje primerjavo težavnosti dela traktorista in obeh sekačev ter težavnost dela celotne skupine.

V gozdarstvu velja, da je delo traktorista nekoliko manj zahtevno kot delo sekačev. Kljub vsemu, pa v našem primeru temu ni tako. Iz slike 29 lahko ugotovimo, da povprečen pulz med delom traktorista, v nekaterih dnevih (2., 3., 5. in 6. dan) celo presega povprečen pulz enega izmed sekačev. Poleg tega je razvidno, da je povprečen pulz med delom sekača 1 skoraj v vseh dneh višji od pulza sekača 2.

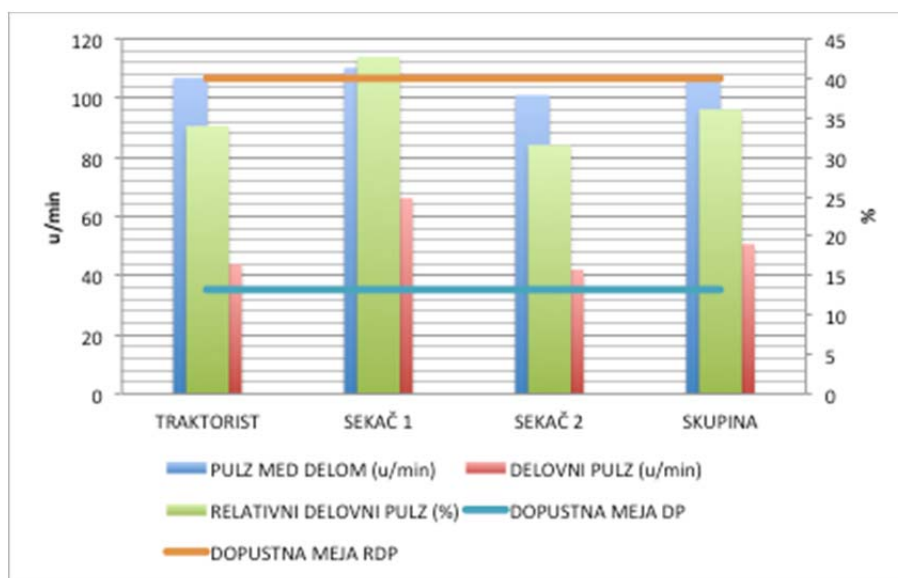


Slika 29: Težavnost dela po posameznih snemalnih dnevih

Zelo zanimive, vendar nerazumljive pa so primerjave težavnosti dela sekačev v dneh, ko je bila organizacijska oblika dela, zaradi odsotnosti enega izmed sekačev, I+1. Tako ugotovimo, da je bila težavnost dela za sekača 1 v tem dnevu najvišja, za sekača 2 pa najnižja, kljub približno enaki produktivnosti ($9,9 \text{ m}^3/\text{uro}$ oz. $9,7 \text{ m}^3/\text{uro}$). Podobno velja, da tudi za traktorista ta dva dneva nista bila najtežavnejša.

Povprečen pulz med delom skupine se giblje med 98 in 114 utripov na minuto. Zanimivo je, da najnižjo vrednost doseže v tretjem ter smiselno najvišjo v četrtem delovnem dnevu. Povprečen pulz med delom skupine za celotno obdobje snemanja obremenitev znaša 106,2 utripov na minuto.

Skupno težavnost dela po posameznih kazalnikih prikazuje slika 30.



Slika 30: Težavnost dela po posameznih kazalnikih in dopustne meje

Relativno primerjavo v težavnosti dela med delavci v skupini smo ugotavljali z delovnim in relativnim delovnim pulzom. Ugotovimo lahko, da je bilo skladno z dosedanjimi ugotovitvami, delo najtežavnejše za sekača 1. Težavnost dela traktorista je v vseh kazalnikih večja kot težavnost dela sekača 2. Na sliki prikazujemo tudi primerjavo težavnosti dela, po vseh kazalnikih za celotno skupino, z dopustnimi mejami. Vidimo, da delovni pulz vseh delavcev in delovni pulz skupine presega dopustno mejo 35 utripov na minuto. Relativni delovni pulz sekača 1 pa presega tudi dopustno mejo 40 %.

5.3 OBREMENITEV Z ROPOTOM

Kljub zelo uspešnim meritvam obremenitev delavca z ropotom, smo po zaključku terenskega dela raziskave in po prvih analizah ugotovili, da je pri snemanju jakosti ropota moralo priti do sistematične napake napake, saj so bile vrednosti jakosti ropota glede na pričakovanja in izkušnje prenizke. Zato smo merilnik in mikrofonski sistem ponovno kalibrirali pri podjetju IMS Merilni sistemi, kjer so ugotovili poškodbo mikrofona. Po testiranju razlik med novim in starim mikrofonom so nam predlagali, da naj vse posnete vrednosti povišamo za 3,3 dB(A). Kljub temu smo se odločili, da razliko preverimo na terenu. Za ponovne meritve smo izbrali isto ekipo delavcev in isti stroj, kot pri prvem merjenju. Dodatne meritve so potekale v mesecu maju 2013, v podobnih razmerah kot prvotne. Spravilo lesa je potekalo po razmočeni vlaki navzdol (cca. 250 m), s posameznimi protivzponi. Meritve so trajale dve uri in pol oz. 3 delovne cikle. Primerjavo spravila lesa rednih in ponovnih meritev obremenitev z ropotom po delovnih operacijah, ki jih traktorist opravlja iz kabine prikazujemo v preglednici 6.

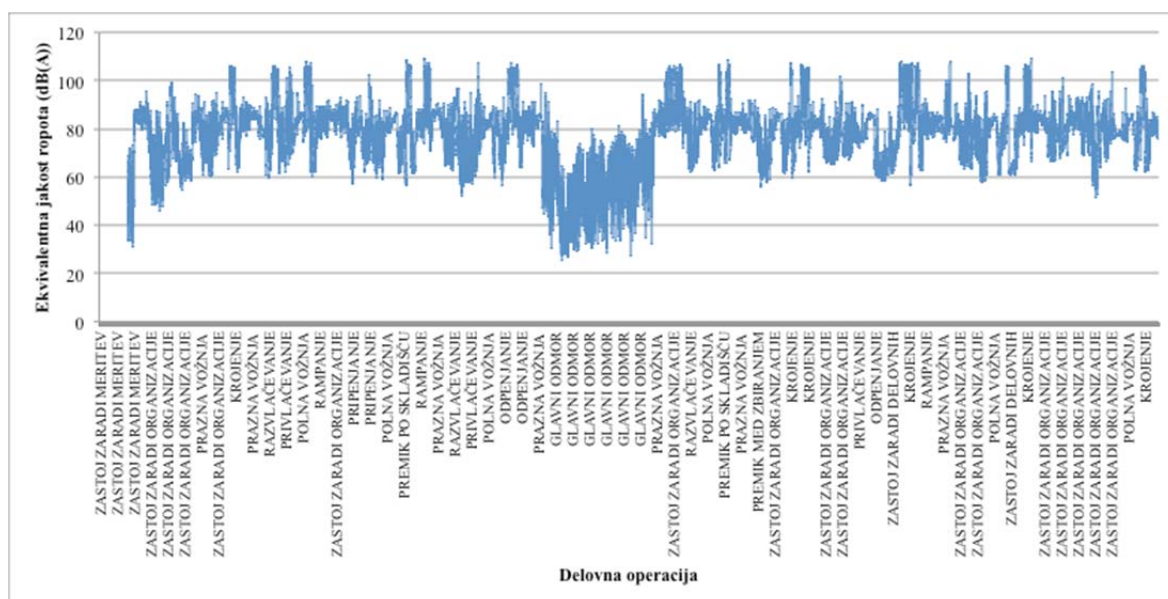
Preglednica 6: Primerjava rednih in dodatnih meritev jakosti ropota

Delovne operacije upravljane iz kabine	Redne meritve		Ponovitev meritev		Razlika
	Trajanje (min)	L _{Aeq} (dB(A))	Trajanje (min)	L _{Aeq} (dB(A))	
Polna vožnja	147.0	81.6	24.7	85.3	3.7
Prazna vožnja	114.9	80.7	13.5	82.9	2.3
Premik med zbiranjem	31.8	79.9	5.3	83.2	3.3
Premik po skladišču	35.4	80.8	3.2	83.7	2.9
Privlačevanje	27.5	79.1	5.0	83.3	4.2
Rampanje	119.2	82.1	11.8	85.4	3.3
Skupaj	475.7	81.3	63.5	84.5	3.3

L_{Aeq}: ekvivalentna jakost ropota (dB(A))

Razlika v izmerjenih obremenitvah se giblje med 2,3 pri prazni vožnji in 4,2 dB(A) pri privlačevanju. Ugotovili smo, da skupna razlika med redno in dodatno meritvijo znaša 3,3 dB(A). Ker je razlika med redno in dodatno meritvijo zelo blizu vrednosti, kot so nam jo predlagali v podjetju IMS Merilni sistemi d.o.o., smo za vse nadaljne analize in vrednotenje rezultatov upoštevali popravek v vrednosti 3,2 dB.

Tako, kot pri težavnosti dela, tudi na začetku tega podpoglavja najprej prikazujemo dnevni potek obremenitve z ropotom (slika 31). Za prikaz smo prav tako izbrali drugi snemalni dan, ko je delo potekalo nemoteno, brez večjih zastojev. Potek delovnega dneva prikazujemo po opravljanju posameznih delovnih operacij in ekvivalentni jakosti ropota (LAeq). Tudi v tem primeru je samo iz slike, brez predhodnega poznavanja pojavljanja ropota, praktično nemogoče razbrati katero izmed delovnih operacij je v določenem trenutku delavec traktorist opravljal.



Slika 31: Prikaz jakosti ropota preko delovnega časa (2. snemalni dan)

Na podlagi podrobne analize smo ugotovili, da se ekvivalentna jakost ropota preko drugega delovnega dneva giblje med 25,1 in 109,7 dB(A). Najnižjo vrednost doseže med glavnim odmorom, najvišjo pa pri opravljanju delovne operacije krojenje. V času dela se ekvivalentna jakost ropota giblje med 58 in 109 dB(A). Na sliki se jasno vidi čas, ko je potekal glavni odmor. Prav tako so na sliki vidne posamezne konice, pri katerih ekvivalentna jakost ropota preseže 100 dB(A). Omenjene konice so posledica uporabe motorne žage in nastajajo pri opravljanju delovne operacije krojenje in med zastojem zaradi organizacije dela, pri katerem traktorist pomaga opravljati delo sekača (kleščanje, prežagovanje). Jakosti ropota med 60 in 80 dB(A) se pojavljajo pri delu izven kabine zgibnika, vrednosti okoli 85 dB(A) pa pri delu z zgibnikom.

5.3.1 Obremenitev z ropotom po delovnih operacijah

Obremenitev delavca traktorista z ropotom prikazujemo v preglednici 7. Preglednica je sestavljena enako, kot preglednica težavnosti dela. Prikazuje torej obremenitev z ropotom po delovnih operacijah, glede na smer spravila in položaj delavca, in skupno obremenitev z ropotom. Za vsako kategorijo prikazujemo tudi čas snemanja obremenitve, ki je izražen v minutah.

Obremenitev z ropotom v preglednici 7 prikazujemo z različnimi kazalniki. Za komentiranje rezultatov po delovnih operacijah smo uporabili kazalnika LAeq in LCpeak.

Obremenitev traktorista z ropotom je v času snemanja po kazalniku LAeq znašala 92,0 dB(A). Iz preglednice lahko razberemo, da je bila jakost obremenitev z ropotom večja v produktivnem (94,1 dB(A)), kot v neproduktivnem času (85,0 dB(A)). Z natančnejšo analizo rezultatov smo ugotovili, da je bil traktorist znotraj produktivnega časa, bistveno bolj obremenjen v času, ko je opravljal delovne operacije izven traktorja (97,4 dB(A)). K temu zagotovo največ pripomore delo z motorno žago. V neproduktivnem času izstopa obremenitev med zastojem zaradi organizacije (v traktorju 84,6 dB(A), zunaj 88,7 dB(A)). Večkrat smo že poudarili, da traktorist v času zastoja zaradi organizacije opravlja najrazličnejša opravila, tudi z motorno žago, zato so vrednosti pričakovane. Največja trenutna jakost ropota v neproduktivnem času je bila izmerjena med zastojem zaradi osebnih potreb (134,4 dB(C)). Sledi vrednost, ki je bila izmerjena med zastojem zaradi organizacije (132,3 dB(C)).

V produktivnem času je bil traktorist z ropotom najbolj obremenjen med opravljanjem delovne operacije krojenje (101,1 dB(A)). Pri krojenju je traktorist ves čas uporabljal motorno žago, zato so vrednosti utemeljene. Delovni operaciji krojenje, po jakosti ropota sledijo delovne operacije rampanje (85,3 dB(A)), polna (84,8 dB(A)) in prazna vožnja (83,9 dB(A)).

Preglednica 7: Obremenitev z ropotom po delovnih operacijah

		DELOVNA OPERACIJA	SMER VLAČENJA										SKUPAJ				
			DOL					GOR					T (min)	LCpeak	LAeq	LAeq	LAeq.kor.
			T (min)	LCpeak	LAeq	LAeq	LAeq.kor.	T (min)	LCpeak	LAeq	LAeq	LAeq.kor.					
NEPR. ČAS	VTR	PRIPRAVLJALNO ZAKLJUČNI ČAS	1.6	123.1	87.2	90.8	88.7	6.0	129.0	84.7	90.7	87.4	7.6	129.0	85.4	90.8	87.7
		ZASTOJ ZARADI DELOVNIH SREDSTEV	1.5	114.6	82.9	84.9	83.9	1.0	116.7	79.4	82.5	80.7	2.4	116.7	81.8	84.1	82.9
		ZASTOJ ZARADI ORGANIZACIJE	34.8	127.7	84.7	90.0	87.5	68.0	128.6	84.5	90.6	87.7	102.8	128.6	84.6	90.4	87.7
		ZASTOJ ZARADI OSEBNIH POTREB	0.3	112.4	77.5	85.3	82.4	0.0	/	/	/	/	0.3	112.4	77.5	85.3	82.4
	ZUNAJ	GLAVNI ODMOR	99.9	110.8	65.8	73.7	70.9	69.8	114.2	63.6	71.2	68.4	169.7	114.2	65.1	72.9	70.0
		ZASTOJ ZARADI DELOVNIH SREDSTEV	96.2	124.9	70.8	77.7	74.3	27.9	128.6	78.8	85.3	82.2	124.1	128.6	71.0	77.7	74.4
		ZASTOJ ZARADI ORGANIZACIJE	136.6	132.3	90.1	93.5	92.0	93.1	128.5	85.5	89.6	87.7	229.6	132.3	88.7	92.3	90.7
		ZASTOJ ZARADI OSEBNIH POTREB	1.0	111.9	69.7	74.3	72.2	21.5	131.2	68.9	78.9	74.0	22.4	131.2	69.0	78.8	74.0
PRODUKTIVEN ČAS	VTR	POLNA VOŽNJA	60.1	129.3	84.3	86.6	85.3	86.9	133.0	85.1	89.5	87.1	147.0	133.0	84.8	88.6	86.5
		PRAZNA VOŽNJA	67.0	125.7	84.7	89.2	86.8	47.9	127.3	82.2	87.8	85.1	114.9	127.3	83.9	88.7	86.2
		PREMIK MED ZBIRANJEM	17.0	123.3	82.1	89.2	85.6	14.9	124.0	84.0	89.8	87.0	31.8	124.0	83.1	89.5	86.3
		PREMIK PO SKLADIŠČU	21.7	132.4	83.9	89.2	86.5	13.7	133.6	84.3	91.0	87.4	35.4	133.6	84.0	90.0	86.8
		PRIVLAČEVANJE	12.7	140.7	81.7	90.1	85.8	14.8	133.4	82.8	90.2	86.2	27.5	140.7	82.3	90.1	86.0
		RAMPANJE	71.4	128.4	86.3	90.1	88.4	47.8	127.5	83.2	89.8	86.6	119.2	128.4	85.3	90.0	87.8
	ZUNAJ	KROJENJE	84.9	127.2	101.3	102.6	101.9	76.1	139.0	100.8	102.1	101.4	161.0	139.0	101.1	102.3	101.6
		ODPENJANJE	45.8	126.0	76.2	84.5	80.5	30.5	125.3	78.0	85.1	81.8	76.3	126.0	77.0	84.8	81.1
		PRIPENJANJE	31.0	123.4	81.6	86.2	84.0	22.8	121.5	78.3	82.7	80.6	53.8	123.4	80.5	85.1	82.8
		PRIVLAČEVANJE	22.8	123.9	80.3	85.7	82.9	15.1	130.0	78.3	84.7	81.7	37.8	130.0	79.6	85.3	82.5
		RAZVLAČEVANJE	28.8	121.7	81.7	86.8	84.7	15.3	117.9	83.9	89.2	86.6	44.1	121.7	82.6	87.8	85.5
		NEPRODUKTIVNI ČAS V TRAKTORJU	38.2	127.7	84.7	89.9	87.4	75.0	129.0	84.5	90.6	87.7	113.2	129.0	84.6	90.4	87.6
	ZUNAJ	NEPRODUKTIVNI ČAS ZUNAJ	333.6	132.3	86.3	89.8	88.2	212.2	134.4	82.3	86.8	84.6	545.8	134.4	85.1	88.8	87.2
		PRODUKTIVNI ČAS V TRAKTORJU	249.8	140.7	84.9	89.1	86.9	225.9	133.6	84.0	89.5	86.6	475.7	140.7	84.5	89.3	86.8
		PRODUKTIVNI ČAS ZUNAJ	213.2	127.2	97.3	98.7	98.0	159.8	139.0	97.6	99.0	98.2	373.0	139.0	97.4	98.8	98.1
		NEPRODUKTIVNI ČAS	371.8	132.3	86.1	89.8	88.2	287.2	134.4	83.0	88.1	85.7	659.0	134.4	85.0	89.1	87.2
		PRODUKTIVNI ČAS	463.0	140.7	94.3	95.8	95.0	385.7	139.0	94.0	95.8	94.8	848.8	140.7	94.1	95.8	94.9
		SKUPAJ	834.8	140.7	92.2	94.1	93.1	672.9	139.0	91.8	93.9	92.7	1507.8	140.7	92.0	94.0	92.9

T (min): trajanje meritev v minutah, LCpeak: konična vrednost jakosti ropota (dB(C)), LAeq: ekvivalentna jakost ropota (dB(A)), LAeq: impulzivna jakost ropota (dB(A)), LAeq.kor.: korigirana vrednost jakosti ropota (dB(A))

Največja trenutna jakost ropota v produktivnem času je bila izmerjena med delovno operacijo privlačenje (140,7 dB(C)). Sledijo delovne operacije krojenje (139,0 dB(C)), premik po skladišču (133,6 dB(C)) in polna vožnja (133,0 dB(C)).

Primerjava rezultatov med kategorijami vlačanja je pokazala, da je bil traktorist pri spravilu navzdol (92,2 dB(A)) bolj obremenjen, kot pri spravilu navzgor (91,8 dB(A)), kar velja tako za produktivni kakor tudi neproduktivni čas. Pri spravilu lesa navzgor je obremenitev delavca z ropotom višja pri polni vožnji (85,1 dB(A)), medtem ko je pri spravilu lesa navzdol višja pri prazni vožnji (84,7 dB(A)). Če povzamemo obremenitve so le-te najvišje takrat, ko traktor vozi navzgor ne glede na to ali ima pripeto breme ali ne.

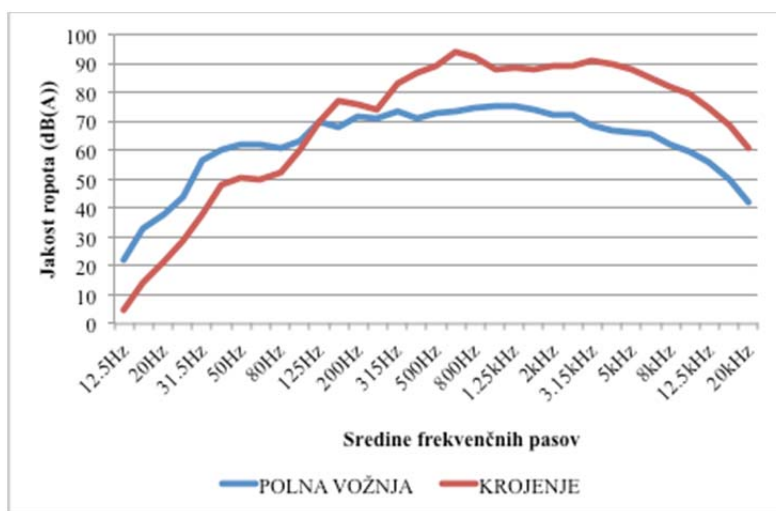
Razlike v obremenitvah z ropotom pri različnih kategorijah vlačanja so lahko posledica več dejavnikov, med katerimi so najpomembnejši hitrost vožnje, število doseženih obratov motorja in velikost bremena.

5.3.2 Frekvenčna analiza obremenitve z ropotom

V tem podpoglavju skušamo ugotoviti, katere frekvence v človekovem slišnem spektru največ prispevajo k skupni obremenitvi delavca z ropotom.

Poje (2011), je namreč v svoji raziskavi v okviru doktorske disertacije ugotovil, da ima vsak vir ropota značilno sliko frekvenčnega območja ropota, ki se razlikuje od slik drugih virov. Ugotovil je na primer, da so za motorno žago značilne največje obremenitve z ropotom v frekvenčnem območju od 400 do 4000 Hz. Pri zgibniku pa je ugotovil, da je v primerjavi z motorno žago večja obremenitev v nizkofrekvenčnem območju od 20 do 630 Hz. Poleg tega je ugotavljal tudi razlike v obremenitvi z ropotom med posameznimi delovnimi operacijami izvedenimi v oziroma izven traktorja.

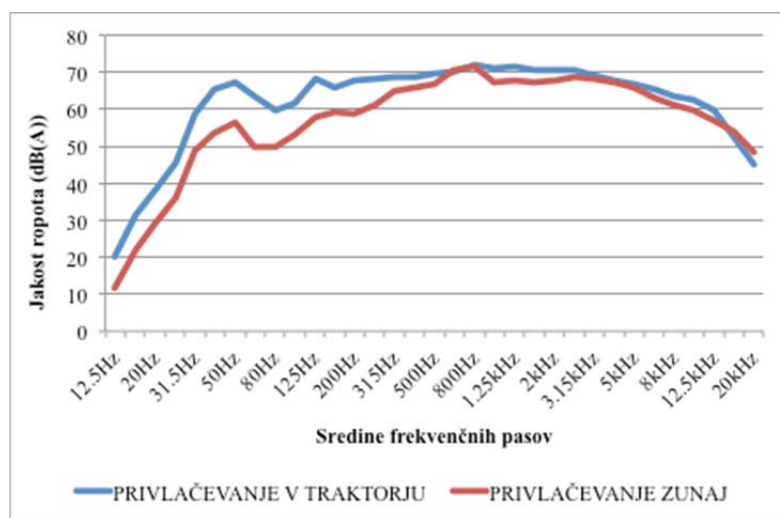
Podobno smo ugotovili tudi v našem primeru (slika 32), in sicer, da je obremenitev z ropotom pri uporabi motorne žage največja v frekvenčnem območju od 630 do 4000 Hz, kar je posledica predvsem višjih obratov motorja motorne žage.



Slika 32: Frekvenčni spekter ropota glede na uporabo delovnih sredstev

Prav tako so obremenitve z ropotom pri zgibniku v primerjavi z motorno žago višje v nizkofrekvenčnem območju, in sicer od 12,5 do 125 Hz. Različna delovna sredstva (motorna žaga, zgibni traktor), torej različno vplivajo na obremenitev delavca z ropotom.

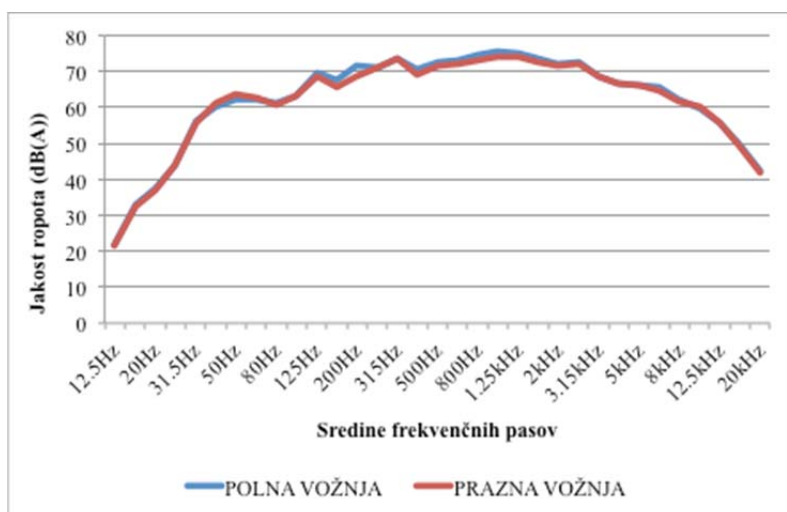
Slika 33 prikazuje frekvenčno analizo ropota glede na lokacijo delavca traktorista. Iz slike lahko razberemo, da je jakost ropota pri privlačenju lesa, ki ga je traktorist izvajal v kabini traktorja, večja pri nižjih frekvencah (12,5 do 630 Hz). Na sliki je jasno viden lokalni maksimum pri 50 Hz, in sicer v obeh primerih privlačenja, ki je posledica delovanja motorja zgibnika.



Slika 33: Frekvenčni spekter ropota glede na položaj delavca

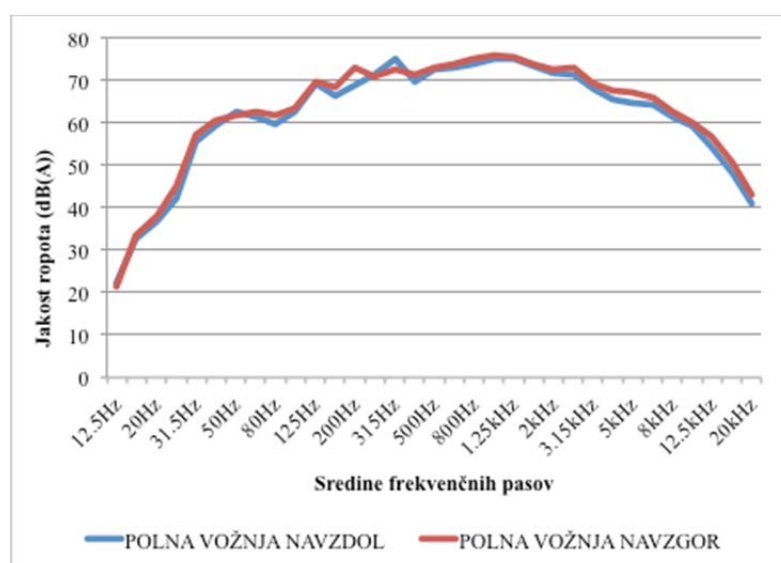
Frekvenčni spekter pri izvajanju privlačevanja zunaj zgibnika je posledica delovanja motorne žage in zgibnika, saj je prvi lokalni maksimum pri 50 Hz posledica delovanja zgibnika, drugi pri 630 Hz pa posledica delovanja motorne žage.

Da bi ugotovili kako na jakost oziroma obremenitev delavca z ropotom vpliva hitrost vožnje in velikost bremena smo primerjali frekvenčno porazdelitev polne in prazne vožnje. Frekvenčni spekter ropota glede na hitrost vožnje prikazuje slika 34. V našem primeru razlik med polno in prazno vožnjo nismo ugotovili. Majhna razlika med polno in prazno vožnjo je vidna v pasu med 125 in 200 Hz, kjer je ropot polne vožnje nekoliko večji.



Slika 34: Frekvenčni spekter ropota glede na hitrost vožnje

Vpliv smeri spravila na jakost ropota smo ugotavljali tako, da smo primerjali polno vožnjo pri spravilu navzdol in polno vožnjo pri spravilu navzgor. Bistvenih razlik v jakosti ropota glede na smer spravila (slika 35), nismo ugotovili. Do manjših razlik prihaja v pasu od 125 do 250 Hz, kjer je jakost ropota višja pri spravilu navzgor in v pasu od 250 do 400 Hz, kjer je ropot večji pri spravilu navzdol. Razlike pri višjih frekvencah so zanemarljive.

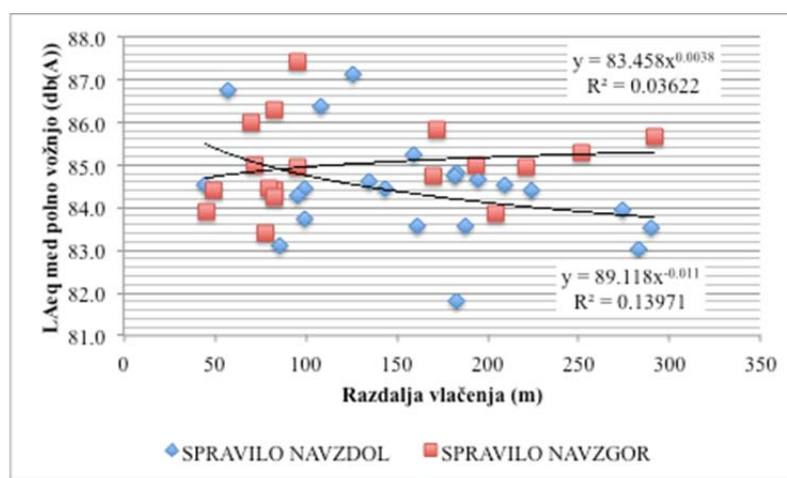


Slika 35: Frekvenčni spekter ropota glede na smer spravila

5.3.3 Odvisnosti obremenitve z ropotom od delovnih razmer

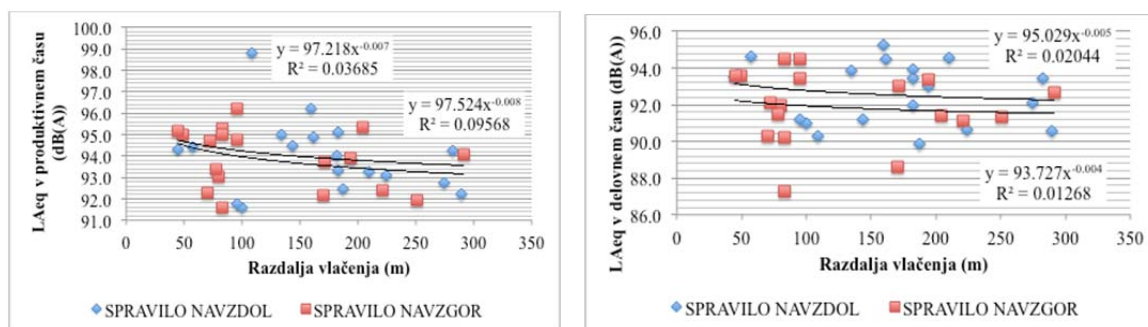
Tudi pri ugotavljanju odvisnosti obremenitve z ropotom smo kot neodvisne spremenljivke uporabili razdaljo vlačjenja, težo bremena in število kosov v bremenu. V nadaljevanju prikazujemo obremenitve z ropotom pri polni vožnji, delovnem in produktivnem času glede na različne dejavnike delovnih razmer.

Podatki o obremenitvah z ropotom glede na razdaljo vlačjenja (slika 36) so precej raztreseni in ni videti pričakovanega poteka jakosti ropota glede na različno razdaljo vlačjenja. Pričakovali smo namreč, da bodo obremenitve z ropotom med polno vožnjo naraščale, saj z razdaljo vlačjenja narašča čas izpostavljenosti ter tudi verjetnost pojava hrupnejših dogodkov. Predpostavljeno nam sicer z zelo šibko odvisnostjo potrjujejo obremenitve pri spravilu navzgor. Proti pričakovanjem pa je odvisnost obremenitve z ropotom pri spravilu navzdol, kjer obremenitve z razdaljo padajo. Razlog bi bil lahko v tem, da je teren z razdaljo postajal vse strmejši, potrebne sile in obrati motorja pa manjše oz. nižji.



Slika 36: Obremenitev z ropotom pri polni vožnji glede na razdaljo vlačjenja

Slika 37 prikazuje obremenitev z ropotom v produktivnem in delovnem času glede na razdaljo vlačjenja. V tem primeru je potek obremenitve z ropotom nekoliko bolj izrazit, kot je bil v primeru polne vožnje. Na sliki lahko jasno vidimo, da v produktivnem času obremenitev z ropotom, v primeru povečevanja pravilne razdalje, pada pri spravilu navzdol in navzgor. Pri spravilu navzdol, je pri isti razdalji vlačjenja, obremenitev z ropotom malenkost večja.

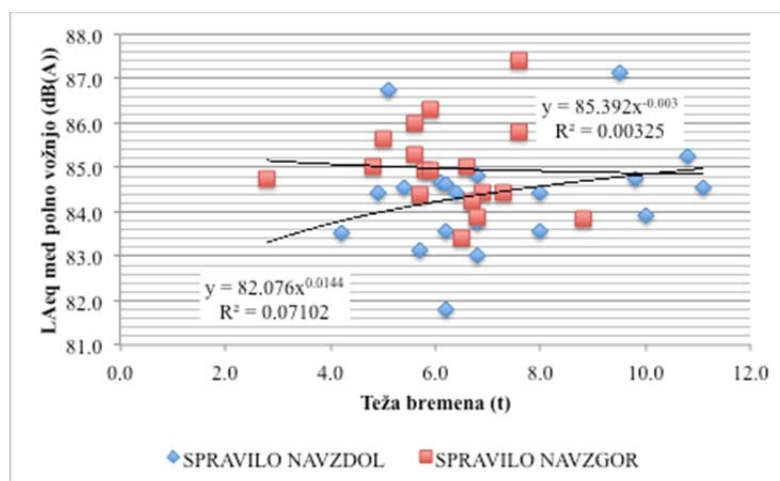


Slika 37: Obremenitev z ropotom v produktivnem in delovnem času glede na razdaljo vlačjenja

V delovnem času je raztros podatkov o obremenitvah večji, zato so odvisnosti še šibkejšje. Kljub temu lahko iz slike razberemo rahel trend upadanja obremenitev z razdaljo vlačjenja ter, da je pri isti spravljeni razdalji obremenitev z ropotom pri spravilu navzdol nekoliko večja, kot pri spravilu navzgor.

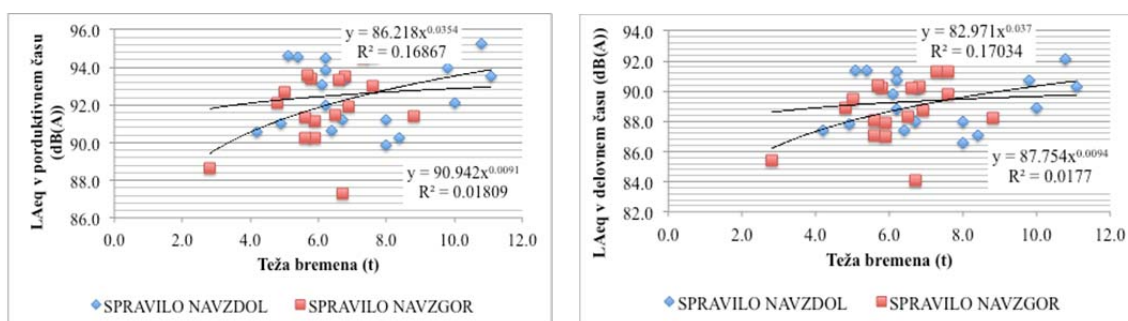
Upadanje obremenitev z razdaljo vlačjenja ter višje obremenitve pri spravilu navzdol so smiselne, če upoštevamo modelni čas izpostavljenosti glede na razdaljo vlačjenja. Z razdaljo vlačjenja se namreč delež polne in prazne vožnje povečuje, pri spravilu navzgor bolj kot pri spravilu navzdol. Posledično delež najbolj hrupnih delovnih operacij pada.

Iz odvisnosti obremenitev z ropotom od teže bremena (slika 38) lahko ugotovimo, da je obremenitev z ropotom pri polni vožnji težjega bremena večja, vendar to velja le za spravilo navzdol. Odvisnost je smiselna, saj je pri težjih bremenih potrebna večja vlečna sila, kar pa pomeni tudi večji ropot motorja zgibnika. Glede na rezultate pri spravilu navzgor, nismo uspeli ugotoviti vpliva na obremenitev delavca z ropotom pri polni vožnji, kar je nepričakovano, saj smo predvidevali, da je s težjim bremenom obremenitev z ropotom pri polni vožnji navzgor večja.



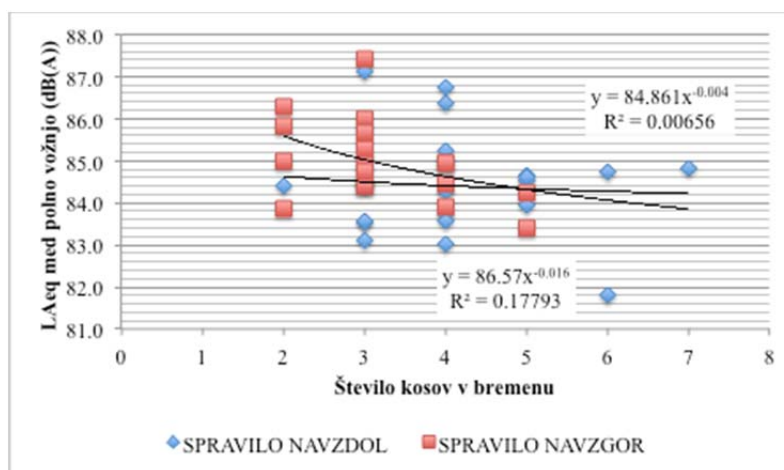
Slika 38: Obremenitev z ropotom pri polni vožnji glede na težo bremena

Slika 39 prikazuje vpliv teže bremena na obremenitev z ropotom v produktivnem in delovnem času. V obeh primerih smo ugotovili, da obremenitev z ropotom v primeru težjega bremena, pri spravilu navzgor, narašča. Pri preučevanju strukture časa smo ugotovili, da se s povečevanjem teže bremena najbolj povečuje delež krojenja v produktivnem času. Delovna operacija krojenje pa velja za operacijo, pri kateri je delavec traktorist z ropotom najbolj obremenjen. Prav zaradi tega domnevamo, da je večji delež krojenja glavni razlog za večjo obremenitev z ropotom pri povečevanju teže bremena. Seveda je razlog lahko tudi v tem, da je potrebno pri večji teži bremena, še posebno v primeru spravila navzgor, iz motorja traktorja pridobiti čim večjo moč in vlečno silo, kar pa posledično pomeni tudi večji ropot motorja in s tem večjo obremenitev z ropotom. V primeru spravila navzdol trend ni tako značilen kot pri spravilu navzgor. Kljub temu lahko ugotovimo, da tudi pri spravilu navzdol, obremenitev z ropotom s povečevanjem teže bremena rahlo narašča.



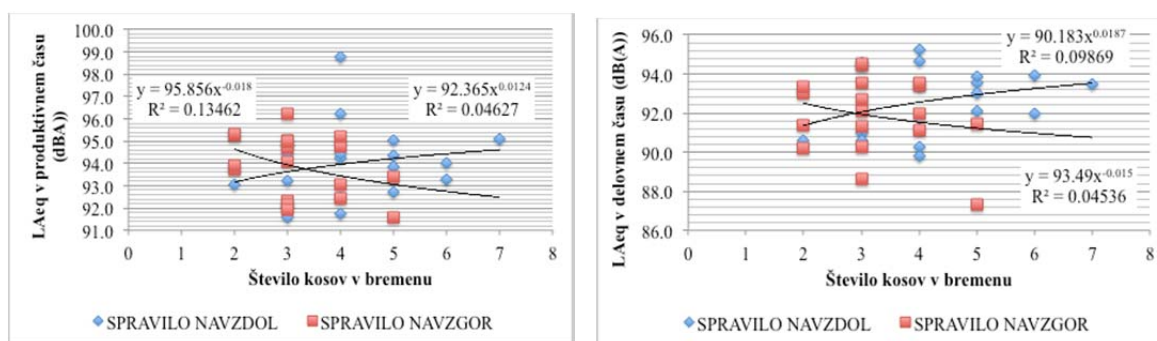
Slika 39: Obremenitev z ropotom v produktivnem in delovnem času glede na težo bremena

Pri analizi odvisnosti obremenitve z ropotom od števila kosov v bremenu (slika 40) ugotavljamo, da obremenitve pri polni vožnji z večjim številom kosov v bremenu padajo, bolj izrazito pri spravilu navzgor kot navzdol. Eden od možnih razlogov je, da se s številom kosov breme ne povečuje, zmanjšuje pa se specifičen pritisk bremena na tla in s tem potrebna sila za vlačenje.



Slika 40: Obremenitev z ropotom pri polni vožnji glede na število kosov v bremenu

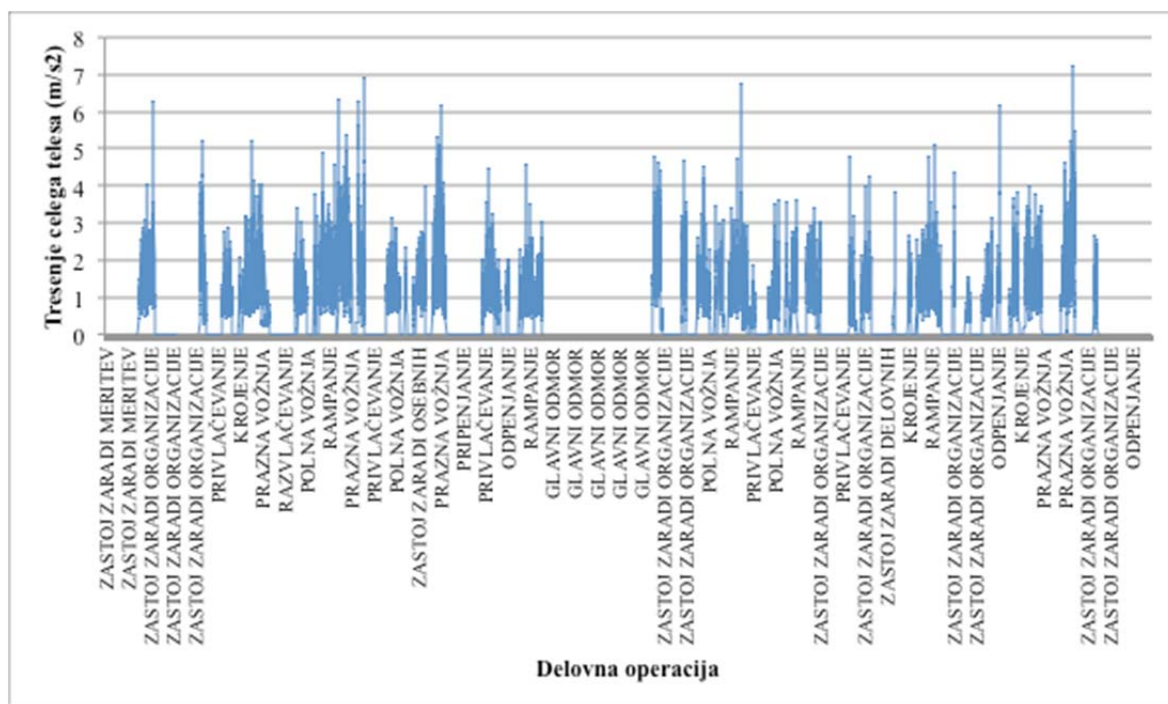
Pri odvisnosti obremenitve z ropotom od števila kosov v bremenu v produktivnem in delovnem času (slika 41) smo pričakovali, da bo obremenitev naraščala, saj s številom kosov narašča tudi delež krojenja. Kljub temu lahko predpostavko potrdimo le pri spravilu navzdol. Pri spravilu navzgor je bila odvisnost negativna.



Slika 41: Obremenitev z ropotom v produktivnem in delovnem času glede na število kosov v bremenu

5.4 OBREMENITEV S TRESENJEM CELEGA TELESA

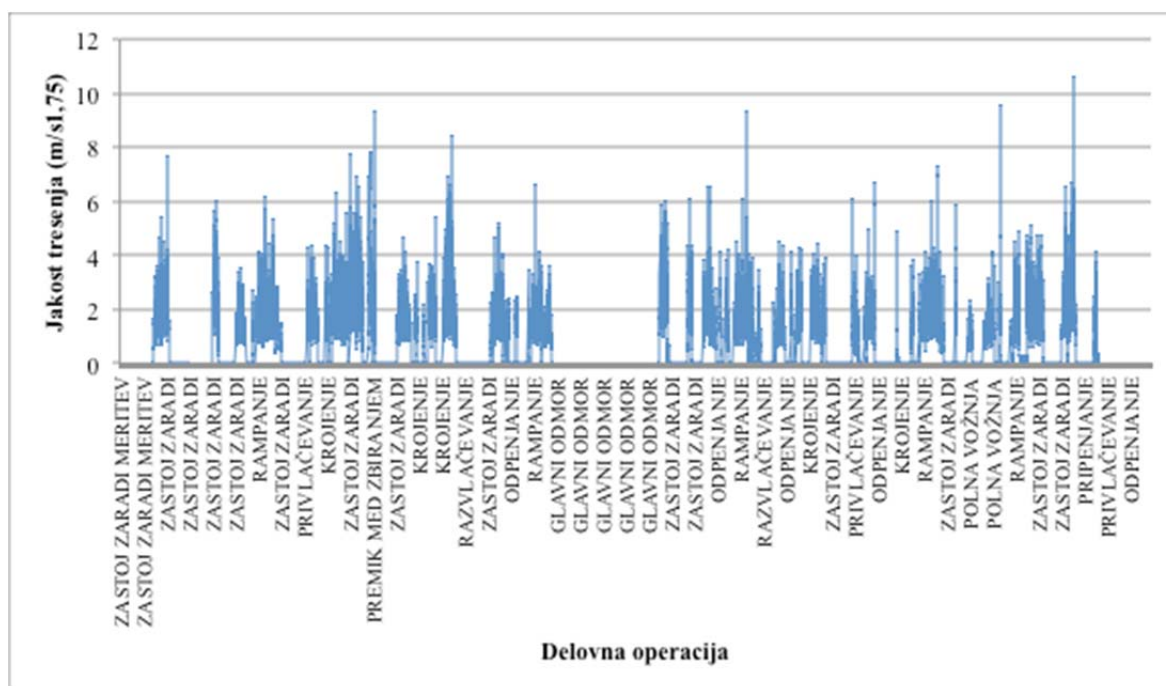
Iz poteka jakosti tresenja (RMS VTV) preko delovnika drugega snemalnega dne (slika 42) vidimo, da so se vrednosti tresenja celega telesa gibale med 0 in preko 7 m/s^2 . Vse vrednosti, ki so bile izmerjene v času, ko je bil traktorist zunaj kabine, smo iz nadaljne analize izbrisali in jih nadomestili z vrednostmi nič.



Slika 42: Prikaz jakosti tresenja celega telesa preko delovnega časa (RMS VTV)

Na podlagi podrobne analize smo ugotovili, da so bile vrednosti nad 6 m/s^2 v treh primerih izmerjene med prazno vožnjo, v dveh primerih je šlo za zastoj zaradi organizacije, najverjetneje za opravljanje gozdnega reda, in pa nekaj primerov med premikom, bodisi po skladišču, bodisi med zbiranjem. Jakost tresenja celega telesa je presegla vrednost 7 m/s^2 med zastojem zaradi organizacije dela oz. pri opravljanju gozdnega reda.

Vrednosti skupne doze tresenja (VDV VTV) so se v drugem delovnem dnevu gibale med 0 in $10,6 \text{ m/s}^{1,75}$ (slika 43). Tudi v tem primeru smo za nadaljno analizo vse vrednosti, ki so bile izmerjene med opravljanjem delovnih operacij izven traktorja, zamenjali z vrednostmi 0.



5.4.1 Obremenitev s tresenjem celega telesa po delovnih operacijah

Obremenitev s tresenjem celega telesa prikazujemo v dveh preglednicah. V preglednici 8 prikazujemo RMS vrednosti tresenja. Preglednica je sestavljena na enak način, kot preglednici za prikaz težavnosti dela in obremenitve z ropotom. Obremenitev s tresenjem tako prikazujemo po delovnih operacijah, glede na smer spravila lesa in ločeno za neproduktivni, produktivni in delovni čas. V spodnjem delu preglednice so obremenitve prikazane tudi glede na položaj delavca traktorista. Obremenitev s tresenjem celega telesa prikazujemo z različnimi kazalniki. V preglednici so podane vrednosti vseh treh smeri tresenja celega telesa in vektorske vrednosti. Prikazujemo torej horizontalne (RMS X) vertikalne (RMS Z), aksialne (RMS Y) in vektorske (RMS VTV) vrednosti tresenja.

Obremenitev s tresenjem celega telesa je po kazalniku RMS VTV v delovnem času snemanja obremenitev znašala $0,98 \text{ m/s}^2$, v produktivnem času je bila pričakovano višja in je znašala $1,08 \text{ m/s}^2$ (v traktorju $1,47 \text{ m/s}^2$) medtem, ko je obremenitev v neproduktivnem času znašala $0,72 \text{ m/s}^2$ (v traktorju $1,34 \text{ m/s}^2$). V delovnem času so bile največje jakosti tresenja v aksialni smeri ($0,51 \text{ m/s}^2$), nekoliko manjše v horizontalni ($0,43 \text{ m/s}^2$), medtem, ko so bile najnižje v vertikalni smeri ($0,31 \text{ m/s}^2$). V produktivnem času so vrednosti po smereh podobne in višje kot v neproduktivnem času.

Delavec traktorist je bil v produktivnem času s tresenjem najbolj obremenjen med opravljanjem delovnih operacij prazna vožnja in rampanje ($1,53 \text{ m/s}^2$). Po jakosti tresenja sledijo delovne operacije polna vožnja ($1,51 \text{ m/s}^2$), premik po skladišču ($1,38 \text{ m/s}^2$) in premik med zbiranjem ($1,30 \text{ m/s}^2$). Najmanjša vektorska vrednost je bila izmerjena med privlačevanjem ($0,96 \text{ m/s}^2$). Pri primerjavi jakosti tresenja po smereh smo ugotovili, da so pri vseh delovnih operacijah razen pri zastoju zaradi osebnih potreb, jakosti tresenja najvišje v aksialni smeri, manjše v horizontalni in najmanjše v vertikalni smeri. Najvišje vrednosti jakosti tresenja v horizontalni in vertikalni smeri so bile izmerjene pri prazni vožnji ($0,72 \text{ m/s}^2$ in $0,50 \text{ m/s}^2$), v aksialni pa med polno vožnjo ($0,84 \text{ m/s}^2$). Najnižje jakosti tresenja v vseh treh smereh so bile izmerjene med privlačevanjem, ko se zgibnik ni premikal.

Preglednica 8: Tresenje celega telesa po delovnih operacijah (RMS)

		DELOVNA OPERACIJA	SMER SPRAVILA										SKUPAJ				
			DOL					GOR									
			T	RMS X	RMS Y	RMS Z	RMS VTV	T	RMS X	RMS Y	RMS Z	RMS VTV	T	RMS X	RMS Y	RMS Z	RMS VTV
NEPR.ČAS	VTR	PRIPRAVLJALNO ZAKLJUČNI ČAS	5.1	0.45	0.72	0.44	1.27	4.8	0.58	0.78	0.44	1.42	9.9	0.52	0.75	0.44	1.35
		ZASTOJ ZARADI DELOVNIH SREDSTEV	2.3	0.45	0.68	0.29	1.18	1.0	0.40	0.20	0.21	0.66	3.3	0.44	0.58	0.27	1.05
		ZASTOJ ZARADI ORGANIZACIJE	56.2	0.67	0.76	0.45	1.49	68.0	0.54	0.62	0.40	1.22	124.2	0.60	0.69	0.42	1.35
		ZASTOJ ZARADI OSEBNIH POTREB	0.3	0.24	0.22	0.20	0.50	/	/	/	/	/	0.3	0.24	0.22	0.20	0.50
	ZUNAJ	GLAVNI ODMOR	4.2	0.00	0.00	0.00	0.00	2.6	0.00	0.00	0.00	0.00	6.8	0.00	0.00	0.00	0.00
		ZASTOJ ZARADI DELOVNIH SREDSTEV	34.9	0.00	0.00	0.00	0.00	27.6	0.00	0.00	0.00	0.00	62.5	0.00	0.00	0.00	0.00
		ZASTOJ ZARADI ORGANIZACIJE	168.7	0.00	0.00	0.00	0.00	63.5	0.00	0.00	0.00	0.00	232.2	0.00	0.00	0.00	0.00
		ZASTOJ ZARADI OSEBNIH POTREB	13.1	0.00	0.00	0.00	0.00	21.5	0.00	0.00	0.00	0.00	34.5	0.00	0.00	0.00	0.00
PRODUKTIVNI ČAS	VTR	POLNA VOŽNJA	75.9	0.53	0.60	0.47	1.21	77.4	0.65	1.02	0.48	1.76	153.4	0.59	0.84	0.48	1.51
		PRAZNA VOŽNJA	92.7	0.71	0.77	0.49	1.55	47.9	0.73	0.67	0.52	1.48	140.5	0.72	0.74	0.50	1.53
		PREMIK MED ZBIRANJEM	24.7	0.52	0.59	0.42	1.18	14.9	0.56	0.85	0.41	1.48	39.6	0.53	0.70	0.42	1.30
		PREMIK PO SKLADIŠČU	27.7	0.55	0.69	0.46	1.32	12.0	0.61	0.84	0.42	1.51	39.6	0.57	0.74	0.44	1.38
		PRIVLAČEVANJE	18.3	0.40	0.48	0.33	0.94	13.8	0.44	0.51	0.31	0.99	32.1	0.42	0.49	0.32	0.96
		RAMPANJE	103.4	0.70	0.78	0.48	1.55	41.7	0.66	0.77	0.45	1.49	145.1	0.69	0.78	0.47	1.53
	ZUNAJ	KROJENJE	125.5	0.00	0.00	0.00	0.00	68.2	0.00	0.00	0.00	0.00	193.7	0.00	0.00	0.00	0.00
		ODPENJANJE	62.8	0.00	0.00	0.00	0.00	25.8	0.00	0.00	0.00	0.00	88.6	0.00	0.00	0.00	0.00
		PRIPENJANJE	51.0	0.00	0.00	0.00	0.00	22.8	0.00	0.00	0.00	0.00	73.8	0.00	0.00	0.00	0.00
		PRIVLAČEVANJE	32.1	0.00	0.00	0.00	0.00	14.9	0.00	0.00	0.00	0.00	47.1	0.00	0.00	0.00	0.00
		RAZVLAČEVANJE	44.2	0.00	0.00	0.00	0.00	15.3	0.00	0.00	0.00	0.00	59.6	0.00	0.00	0.00	0.00
	NEPRODUKTIVNI ČAS V TRAKTORJU		64.0	0.64	0.76	0.44	1.46	73.7	0.54	0.63	0.40	1.23	137.7	0.59	0.69	0.42	1.34
	NEPRODUKTIVNI ČAS ZUNAJ		220.8	0.00	0.00	0.00	0.00	115.1	0.00	0.00	0.00	0.00	335.9	0.00	0.00	0.00	0.00
	PRODUKTIVNI ČAS V TRAKTORJU		342.7	0.63	0.71	0.47	1.41	207.7	0.65	0.85	0.47	1.57	550.4	0.64	0.76	0.47	1.47
	PRODUKTIVNI ČAS ZUNAJ		315.7	0.00	0.00	0.00	0.00	147.0	0.00	0.00	0.00	0.00	462.8	0.00	0.00	0.00	0.00
	NEPRODUKTIVNI ČAS		284.7	0.31	0.36	0.21	0.69	188.8	0.34	0.39	0.25	0.77	473.6	0.32	0.37	0.23	0.72
	PRODUKTIVNI ČAS		658.4	0.46	0.51	0.34	1.02	354.7	0.50	0.65	0.36	1.20	1013.1	0.47	0.56	0.35	1.08
	SKUPAJ		943.1	0.42	0.47	0.31	0.93	543.6	0.45	0.57	0.32	1.07	1486.7	0.43	0.51	0.31	0.98

T: trajanje meritev v minutah, RMS X: horizontalna smer tresenja (m/s^2), RMS Y: aksialna smer tresenja (m/s^2), RMS Z: vertikalna smer tresenja (m/s^2), RMS VTV: vektorska vrednost tresenja (m/s^2)

V neproduktivnem času je bil traktorist najbolj obremenjen med pripravljalno zaključnim časom in zastojem zaradi organizacije ($1,35 \text{ m/s}^2$). Sledi zastoj zaradi delovnih sredstev ($1,05 \text{ m/s}^2$). Najmanjša vrednost je bila zabeležena med zastojem zaradi osebnih potreb ($0,50 \text{ m/s}^2$). Najvišje vrednosti jakosti tresenja v horizontalni smeri so bile izmerjene med zastojem zaradi organizacije, v aksialni in vertikalni smeri pa med pripravljalno zaključnim časom. Najnižje jakosti tresenja v vseh treh smereh so bile izmerjene med zastojem zaradi osebnih potreb.

Primerjava izmerjenih vrednosti med kategorijami vlačjenja je pokazala, da je bil traktorist pri spravilu navzgor ($1,07 \text{ m/s}^2$) bolj obremenjen, kot pri spravilu navzdol ($0,93 \text{ m/s}^2$), kar velja tako za produktivni kakor tudi neproduktivni čas. Primerjava je pokazala, da je traktorist med polno vožnjo bolj obremenjen pri spravilu navzgor ($1,76 \text{ m/s}^2$), med prazno vožnjo pa pri spravilu navzdol ($1,55 \text{ m/s}^2$).

Pri spravilu navzdol, prazni vožnji po jakosti tresenja celega telesa sledijo delovne operacije rampanje ($1,55 \text{ m/s}^2$), premik po skladišču ($1,32 \text{ m/s}^2$) in polna vožnja ($1,21 \text{ m/s}^2$). V neproduktivnem času so bile najvišje vektorske vrednosti tresenja izmerjene med zastojem zaradi organizacije ($1,49 \text{ m/s}^2$), najmanjše pa med zastojem zaradi osebnih potreb ($0,50 \text{ m/s}^2$).

Pri spravilu navzgor, polni vožnji po jakosti sledijo delovne operacije premik po skladišču ($1,51 \text{ m/s}^2$), rampanje ($1,49 \text{ m/s}^2$), prazna vožnja in premik med zbiranjem ($1,48 \text{ m/s}^2$). V neproduktivnem času je bila največja vrednosti izmerjena med pripravljalno zaključnim časom ($1,42 \text{ m/s}^2$), najmanjša pa med zastojem zaradi delovnih sredstev ($0,62 \text{ m/s}^2$).

V preglednici 9 prikazujemo skupne doze obremenitve delavca s tresenjem celega telesa. Prikazujemo kumulativne vrednosti po posameznih smereh (VDV X, Y in Z) in vektorsko velikost jakosti tresenja (VDV VTV). Preglednica 8 je po sestavi identična preglednici 7, razlikuje se samo vsebinsko.

Skupna doza tresenja celega telesa (VDV VTV) je v delovnem času znašala $41,22 \text{ m/s}^{1,75}$, v produktivnem času $39,89 \text{ m/s}^{1,75}$ in v neproduktivnem času $24,40 \text{ m/s}^{1,75}$. Tudi v tem primeru so bile največje vrednosti v aksialni smeri ($23,45 \text{ m/s}^{1,75}$), manjše v horizontalni ($15,50 \text{ m/s}^{1,75}$), najmanjše pa v vertikalni smeri ($11,99 \text{ m/s}^{1,75}$).

Največja kumulativna vrednost po kazalniku VDV VTV je bila v produktivnem času izmerjena med delovno operacijo rampanje ($32,41 \text{ m/s}^{1,75}$). Sledita delovni operaciji polna ($29,99 \text{ m/s}^{1,75}$) in prazna vožnja ($25,12 \text{ m/s}^{1,75}$). Najnižja vrednost je bila izmerjena med delovno operacijo privlačevanje ($14,04 \text{ m/s}^{1,75}$). V neproduktivnem času je bila najvišja vrednost izmerjena med zastojem zaradi organizacije ($23,97 \text{ m/s}^{1,75}$), najnižja pa med zastojem zaradi osebnih potreb ($2,19 \text{ m/s}^{1,75}$).

Najvišje vrednosti skupne doze tresenja (VDV VTV) se med produktivnim in neproduktivnim časom pojavljajo med istimi delovnimi operacijami kot pri oceni obremenitev z RMS kazalnikom. To pomeni, da je delavec med temi delovnimi operacijami obremenjen z močnimi sunki tresenja, kar lahko poveča možnost poškodb in obolenj.

Pri primerjavi obeh kategorij vlačanja smo ugotovili, da je bil traktorist bolj obremenjen pri spravilu navzgor (navzgor $37,01 \text{ m/s}^{1,75}$, navzdol $31,70 \text{ m/s}^{1,75}$). Zanimiva je primerjava produktivnega in neproduktivnega časa pri spravilu navzgor. Vrednost v neproduktivnem času ($19,77 \text{ m/s}^{1,75}$) je namreč skoraj polovica manjša od vrednosti v produktivnem času ($36,23 \text{ m/s}^{1,75}$). Pri spravilu navzdol je ta razlika bistveno manjša (neproduktivni čas $21,20 \text{ m/s}^{1,75}$, produktivni čas $29,98 \text{ m/s}^{1,75}$).

Preglednica 9: Tresenje celega telesa po delovnih operacijah (VDV)

		DELOVNA OPERACIJA	SMER SPRAVILA										SKUPAJ				
			DOL					GOR									
			T	VDV X	VDV Y	VDV Z	VDV VTV	T	VDV X	VDV Y	VDV Z	VDV VTV	T	VDV X	VDV Y	VDV Z	VDV VTV
NEPR.ČAS	VTR	PRIPRAVLJALNO ZAKLJUČNI ČAS	5.1	3.19	4.61	2.83	9.07	4.8	3.96	5.98	2.72	10.41	9.9	4.32	6.45	3.31	11.66
		ZASTOJ ZARADI DELOVNIH SREDSTEV	2.3	3.51	4.78	1.66	8.68	1.0	2.52	1.01	0.82	4.91	3.3	3.72	4.78	1.69	8.89
		ZASTOJ ZARADI ORGANIZACIJE	56.2	8.50	11.04	6.71	20.87	68.0	7.90	10.06	6.59	19.36	124.2	9.77	12.59	7.91	23.97
		ZASTOJ ZARADI OSEBNIH POTREB	0.3	1.09	0.96	0.55	2.19	/	/	/	/	/	0.3	1.09	0.96	0.55	2.19
	ZUNAJ	GLAVNI ODMOR	4.2	0.00	0.00	0.00	0.00	2.6	0.00	0.00	0.00	0.00	6.8	0.00	0.00	0.00	0.00
		ZASTOJ ZARADI DELOVNIH SREDSTEV	34.9	0.00	0.00	0.00	0.00	27.6	0.00	0.00	0.00	0.00	62.5	0.00	0.00	0.00	0.00
		ZASTOJ ZARADI ORGANIZACIJE	168.7	0.00	0.00	0.00	0.00	63.5	0.00	0.00	0.00	0.00	232.2	0.00	0.00	0.00	0.00
		ZASTOJ ZARADI OSEBNIH POTREB	13.1	0.00	0.00	0.00	0.00	21.5	0.00	0.00	0.00	0.00	34.5	0.00	0.00	0.00	0.00
PRODUKTIVNI ČAS	VTR	POLNA VOŽNJA	75.9	7.10	8.13	6.50	16.87	77.4	9.25	17.90	7.34	29.21	153.4	9.97	18.09	8.28	29.99
		PRAZNA VOŽNJA	92.7	9.75	11.63	7.20	22.91	47.9	8.03	8.60	6.52	18.71	140.5	10.72	12.42	8.19	25.12
		PREMIK MED ZBIRANJEM	24.7	5.14	8.07	4.89	14.46	14.9	4.98	8.30	3.94	14.14	39.6	6.02	9.74	5.34	17.01
		PREMIK PO SKLADIŠČU	27.7	5.60	8.58	4.96	15.78	12.0	5.62	7.51	3.61	13.76	39.6	6.67	9.63	5.27	17.69
		PRIVLAČEVANJE	18.3	4.23	6.51	4.41	11.99	13.8	4.59	6.36	3.70	11.62	32.1	5.26	7.65	4.88	14.04
		RAMPANJE	103.4	10.05	11.15	7.46	23.86	41.7	10.17	18.13	6.83	29.71	145.1	12.02	18.74	8.52	32.41
	ZUNAJ	KROJENJE	125.5	0.00	0.00	0.00	0.00	68.2	0.00	0.00	0.00	0.00	193.7	0.00	0.00	0.00	0.00
		ODPENJANJE	62.8	0.00	0.00	0.00	0.00	25.8	0.00	0.00	0.00	0.00	88.6	0.00	0.00	0.00	0.00
		PRIPENJANJE	51.0	0.00	0.00	0.00	0.00	22.8	0.00	0.00	0.00	0.00	73.8	0.00	0.00	0.00	0.00
		PRIVLAČEVANJE	32.1	0.00	0.00	0.00	0.00	14.9	0.00	0.00	0.00	0.00	47.1	0.00	0.00	0.00	0.00
		RAZVLAČEVANJE	44.2	0.00	0.00	0.00	0.00	15.3	0.00	0.00	0.00	0.00	59.6	0.00	0.00	0.00	0.00
	NEPRODUKTIVNI ČAS V TRAKTORJU		64.0	8.61	11.22	6.77	21.20	73.7	8.04	10.36	6.64	19.77	137.7	9.91	12.86	7.97	24.40
	NEPRODUKTIVNI ČAS ZUNAJ		220.8	0.00	0.00	0.00	0.00	115.1	0.00	0.00	0.00	0.00	335.9	0.00	0.00	0.00	0.00
	PRODUKTIVNI ČAS V TRAKTORJU		342.7	12.41	14.92	9.77	29.98	207.7	12.48	21.80	9.30	36.23	550.4	14.80	22.90	11.35	39.89
PRODUKTIVNI ČAS ZUNAJ		315.7	0.00	0.00	0.00	0.00	147.0	0.00	0.00	0.00	0.00	462.8	0.00	0.00	0.00	0.00	
NEPRODUKTIVNI ČAS		284.7	8.61	11.22	6.77	21.20	188.8	8.04	10.36	6.64	19.77	473.6	9.91	12.86	7.97	24.40	
PRODUKTIVNI ČAS		658.4	12.41	14.92	9.77	29.98	354.7	12.48	21.80	9.30	36.23	1013.1	14.80	22.90	11.35	39.89	
SKUPAJ		943.1	13.08	15.99	10.29	31.70	543.6	12.99	22.07	9.86	37.01	1486.7	15.50	23.45	11.99	41.22	

T: trajanje meritev v minutah, VDV X: skupne doze tresenja v horizontalni smeri, VDV Y: skupne doze tresenja v aksialni smeri, VDV Z: skupne doze tresenja v vertikalni smeri, VDV VTV: skupna doza tresenja, vse v $m/s^{1,75}$

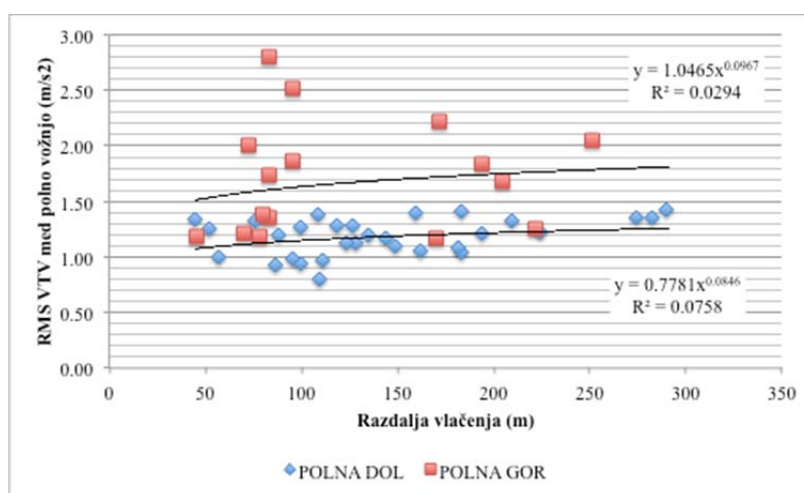
Ugotovili smo, da je primerjava delovnih operacij po obeh kategorijah vlečenja podobna, kot pri RMS vrednostih jakosti tresenja celega telesa. Vrednosti izmerjene med polno vožnjo so večje pri spravilu navzgor (navzgor $29,21 \text{ m/s}^{1,75}$, navzdol $16,87 \text{ m/s}^{1,75}$). Ravno obratno je pri prazni vožnji (navzdol $22,91 \text{ m/s}^{1,75}$, navzgor $18,71 \text{ m/s}^{1,75}$).

Pri spravilu navzdol je bila največja vrednost izmerjena med rampanjem ($23,86 \text{ m/s}^{1,75}$). Rampanju sledijo prazna vožnja, polna vožnja ($16,87 \text{ m/s}^{1,75}$) in oba premika (po skladišču $15,78 \text{ m/s}^{1,75}$, med zbiranjem $14,46 \text{ m/s}^{1,75}$). Najnižja vrednost je bila izmerjena med privlačenjem ($11,99 \text{ m/s}^{1,75}$). V neproduktivnem času je bila največja vrednost izmerjena med zastojem zaradi organizacije ($20,87 \text{ m/s}^{1,75}$), najmanjša pa med zastojem zaradi osebnih potreb ($2,19 \text{ m/s}^{1,75}$).

Pri spravilu navzgor je bila največja vrednost prav tako izmerjena med rampanjem ($29,71 \text{ m/s}^{1,75}$). Rampanju sledijo polna vožnja, prazna vožnja in oba premika (med zbiranjem $14,14 \text{ m/s}^{1,75}$, po skladišču $13,76 \text{ m/s}^{1,75}$). Najnižja vrednost je bila zopet izmerjena med privlačenjem ($11,62 \text{ m/s}^{1,75}$). V neproduktivnem času je bila največja vrednosti izmerjena med zastojem zaradi organizacije ($19,36 \text{ m/s}^{1,75}$), najmanjša pa med zastojem zaradi delovnih sredstev ($4,91 \text{ m/s}^{1,75}$).

5.4.2 Odvisnosti tresenja celega telesa od delovnih razmer (RMS)

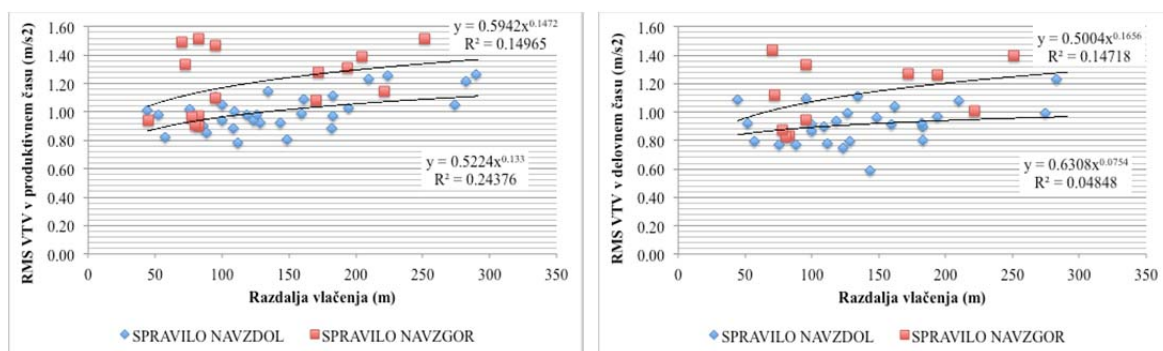
Pri preučevanju vpliva delovnih razmer na jakost tresenja celega telesa smo kot neodvisne spremenljivke uporabili razdaljo vlačjenja, težo bremena in število kosov v bremenu. Najprej smo ugotavljali kako razdalja vlačjenja vpliva na obremenitev s tresenjem celega telesa pri polni vožnji (slika 44). Domnevamo, da s povečevanjem pravilne razdalje, posledično je namreč traktorist dlje časa v kabini traktorja, prihaja do večjih obremenitev s tresenjem. To smo z ugotavljanjem odvisnosti potrdili le delno, ker sta pozitivni odvisnosti po obeh kategorijah vlačjenja zelo šibki in le nakazujeta trend naraščanja obremenitve s tresenjem z razdaljo vlačjenja. Poleg razdalje, namreč na obremenitev s tresenjem celega telesa zagotovo vplivajo tudi drugi dejavniki, npr. skalovitost in kamnitost vlake oziroma določenega odseka vlake in matična podlaga.



Slika 44: Obremenitev s tresenjem celega telesa pri polni vožnji glede na razdaljo vlačjenja

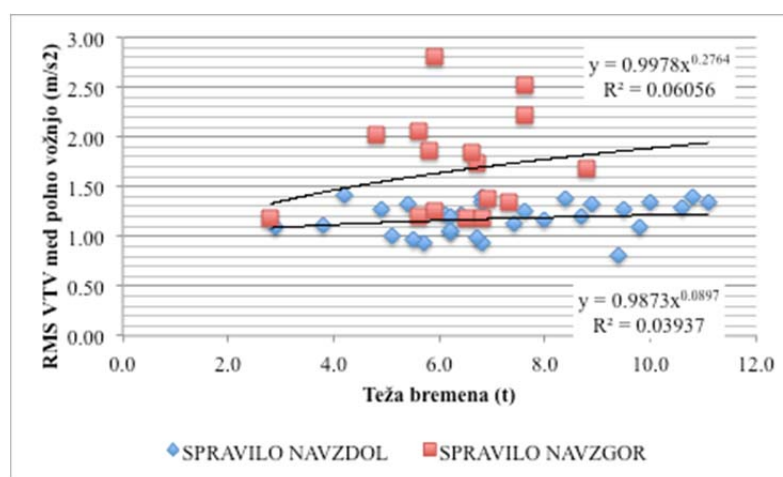
Iz slike 44 lahko ugotovimo, da je pri enaki razdalji vlačjenja, obremenitev s tresenjem celega telesa pri spravilu navzgor veliko večja, kar lahko pripišemo ali večjim obremenitvam motorja ali pa prevelikim bremenom.

Enako kot pri polni vožnji tudi v produktivnem in delovnem času (slika 45) obremenitev s tresenjem celega telesa s povečevanjem razdalje vlačjenja narašča. Ugotovimo lahko, da je obremenitev pri enaki pravilni razdalji, v primeru spravila navzgor, večja. Ugotovitve so v skladu z naraščanjem izpostavljenosti delavca z razdaljo vlačjenja.



Slika 45: Obremenitev s tresenjem celega telesa v produktivnem in delovnem času glede na razdaljo vlačanja

Pri ugotavljanju vpliva teže bremena na obremenitev s tresenjem celega telesa pri polni vožnji (slika 46) smo ugotovili, da se s težo bremena obremenitev s tresenjem ne povečuje in da je obremenitev s tresenjem celega telesa pri spravilu navzgor večja, kot pri spravilu navzdol. Pri spravilu navzdol je povečanje obremenitev minimalno, saj se pri spremembi teže bremena iz 3 na 11 ton, obremenitev poveča le za $0,1 \text{ m/s}^2$. Večja je sprememba obremenitve pri spravilu navzgor, kjer se pri isti spremembi teže, obremenitev poveča za 0.6 m/s^2 . Velik raztros jakosti tresenj pri spravilu navzgor kaže na preobremenitev traktorja glede na delovne razmere.

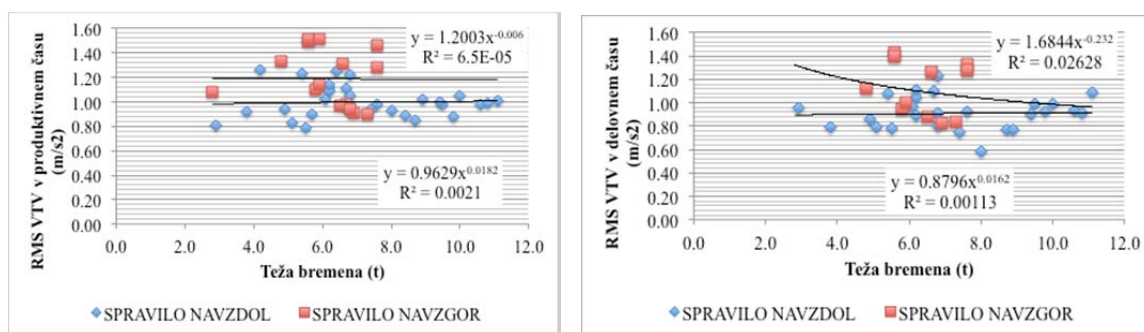


Slika 46: Obremenitev s tresenjem celega telesa pri polni vožnji glede na težo bremena

V produktivnem in delovnem času, kjer smo pričakovali, da se bodo obremenitve s tresenjem zaradi manjšega deleža polne in prazne vožnje zmanjševale, tega nismo uspeli dokazati (slika 47). V produktivnem času so bile namreč obremenitve konstantne ne glede

na teža bremena, vendar pa višje pri spravilu navzgor. V delovnem času so se obremenitve pri spravilu navzgor sicer zmanjševale, kar pa ne velja za spravilo navzdol.

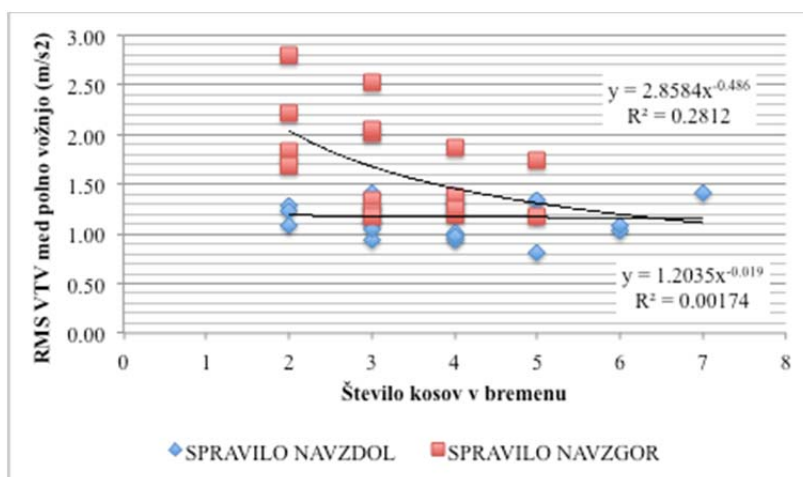
Na podlagi ugotovitev lahko zaključimo, da teža bremena nima velikega vpliva na obremenitev s tresenjem celega telesa.



Slika 47: Obremenitev s tresenjem celega telesa v produktivnem in delovnem času glede na teža bremena

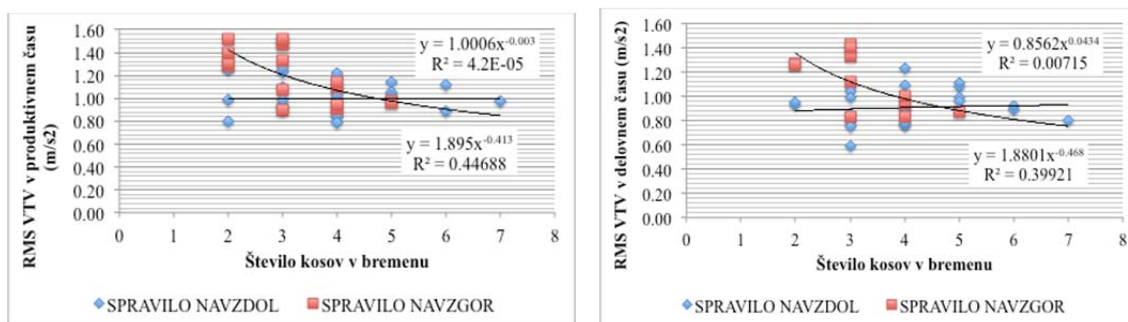
Vpliv števila kosov v bremenu na obremenitev s tresenjem celega telesa pri polni vožnji prikazuje slika 48. Iz slike lahko razberemo, da v primeru spravila navzgor, s povečevanjem števila kosov v bremenu, obremenitev s tresenjem pada. Tako, kot v primeru preučevanja vpliva razdalje vlačanja in teže bremena na tresenje, tudi v tem primeru domnevamo, da na obremenitev s tresenjem vplivajo tudi zunanji dejavniki, ki jih v raziskavo nismo vključili. Pri ugotavljanju vpliva dejavnikov delovnega okolja na porabo časa smo ugotovili, da s povečevanjem števila kosov v bremenu najbolj pade delež vožnje. Najbolj naraste delež odpenjanja, nekoliko pa naraste tudi delež rampanja. Manjša obremenitev s tresenjem je v tem primeru logična, saj vožnja in rampanje predstavljata delovni operaciji pri katerih je obremenitev s tresenjem največja.

Pri spravilu navzdol pa obremenitev s tresenjem pri različnem številu kosov ostaja približno enaka.



Slika 48: Obremenitev s tresenjem celega telesa pri polni vožnji glede na število kosov v bremenu

V produktivnem in delovnem času je vpliv števila kosov na obremenitev s tresenjem celega telesa (slika 49) podoben, kot pri polni vožnji. V primeru spravila navzgor obremenitev s povečevanjem števila kosov pada, medtem, ko so pri spravilu navzdol podatki neznatno razporejeni. Iz slike lahko ugotovimo, da je traktorst največkrat pripel tri oziroma štiri kose. Obremenitev s tresenjem je pri tem zelo variirala. Pri spravilu navzdol ni mogoče odkriti trenda, ki bi nakazoval značilne potek obremenitev, zato lahko zaključimo, da število kosov v bremenu pri spravilu navzdol ne vpliva na obremenitev s tresenjem celega telesa.

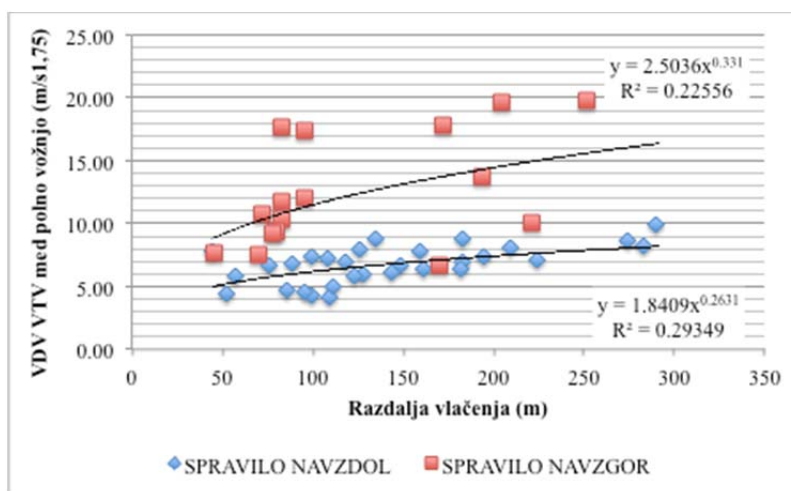


Slika 49: Obremenitev s tresenjem celega telesa v produktivnem in delovnem času glede na število kosov v bremenu

5.4.3 Odvisnosti tresenja celega telesa od delovnih razmer (VDV)

Vpliv razdalje vlačjenja na skupno dozo tresenja celega telesa, pri polni vožnji, prikazuje slika 50. Na podlagi slike lahko ugotovimo, da v obeh primerih (spravilo navzdol in

navzgor) s pravilno razdaljo narašča tudi obremenitev s tresenjem. Ugotovitev je povsem smiselna, saj s pravilno razdaljo najbolj narašča delež polne in prazne vožnje, ki pa predstavljata delovni operaciji pri katerih je obremenitev s tresenjem celega telesa največja.

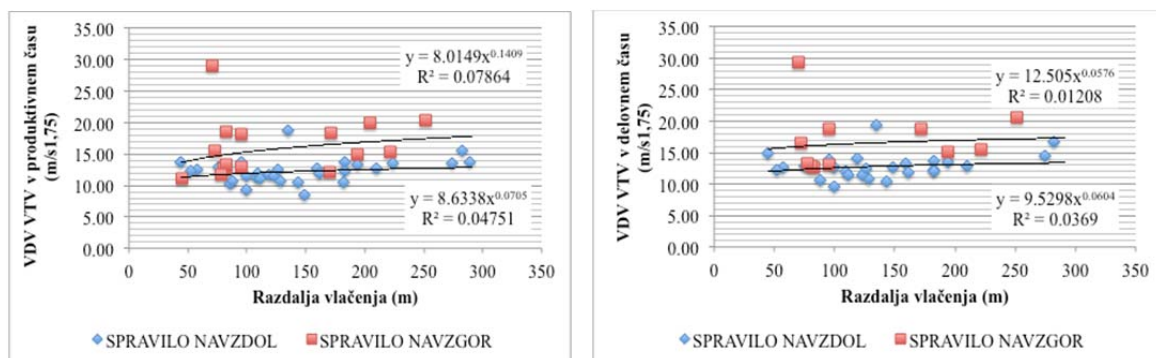


Slika 50: Obremenitev s tresenjem celega telesa pri polni vožnji glede na razdaljo vlačjenja

Na sliki lahko vidimo, da je pri enaki pravilni razdalji v primeru spravila navzgor, obremenitev s tresenjem večja, kot pri spravilu navzdol.

Če primerjamo odvisnosti obremenitev s tresenjem glede na razdaljo vlačjenja pri polni vožnji po kazalcu VDV (slika 50) z odvisnostjo po kazalcu RMS (slika 44) ugotovimo, da so povezave med razdaljo vlačjenja in obremenitvami močnejše, če jih vrednotimo po kazalcu VDV.

Slika 51 prikazuje vpliv razdalje vlačjenja na skupno dozo tresenja celega telesa v produktivnem in delovnem času. Iz slike lahko razberemo, da v obeh primerih obremenitev s pravilno razdaljo nekoliko narašča. V obeh primerih lahko ugotovimo, da je pri enaki pravilni razdalji, obremenitev s tresenjem pri spravilu navzgor, večja, kot pri spravilu navzdol.



Slika 51: Obremenitev s tresenjem celega telesa v produktivnem in delovnem času glede na razdaljo vlačénja

5.5 MODELNI IZRAČUN TEŽAVNOSTI DELA IN OBREMENITEV Z DEJAVNIKI DELOVNEGA OKOLJA IN PRIMERJAVA Z DOPUSTNIMI MEJAMI

Pridobivanje podatkov o težavnosti dela in obremenitvah z dejavniki delovnega okolja je trajalo šest delovnih dni. Vsak delovni dan smo delavca traktorista opremili z merilnimi napravami in poleg težavnosti in obremenitev ugotavljali tudi čas, ki ga je porabil za posamezna opravila. Ker je med trajanjem celotnega delovnega časa, ki smo ga ugotovili z izdelavo časovne študije in trajanjem snemanja posameznih obremenitev prišlo do razhajanja, smo izračunali modelne vrednosti težavnosti dela in obremenitev z dejavniki delovnega okolja.

Do razhajanja je prišlo zaradi različnih dejavnikov. Pri merjenju ropota smo imeli na začetku nekaj težav z izpadanjem baterijskega vložka, zato smo nekaj podatkov pri merjenju ropota izgubili, oziroma jih merilnik zaradi nedelovanja ni zabeležil. V četrtem snemalnem dnevu pa je predčasno odpovedala baterija merilnika. Pri merjenju tresenja smo nekaj podatkov izgubili, ker merilnik za merjenje tresenja deluje samo štiri ure in pol, medtem ko je proizvodnja trajala dlje. Pri merjenju težavnosti dela (srčnega utripa) do izgube podatkov ni prišlo, saj je merilnik za merjenje srčnega utripa deloval brez prekinitev in posebnosti.

Zaradi naštetih dejavnikov smo za bolj pravilno vrednotenje rezultatov izračunali modelne vrednosti. Te vrednosti kažejo dejansko težavnost dela in obremenitve z dejavniki delovnega okolja v času snemanja za potrebe magistrske naloge. Modelne vrednosti prikazujemo v preglednici 10. V jedru preglednice so prikazane dejanske vrednosti, ki so bile posnete v času snemanja. Vrednosti prikazujemo po posameznih delovnih operacijah. Trajanje prikazujemo v minutah in velja za celotni čas snemanja, medtem, ko je bilo dejansko trajanje snemanja posameznih obremenitev krajše. Na dnu preglednice pa so prikazane modelne vrednosti za produktivni, neproduktivni in delovni čas.

Na podlagi modelne vrednosti ugotavljamo, da je bilo delo traktorista pretežavno, saj delovni pulz (44,5 u/min) presega dovoljeno mejo 35 utripov na minuto, medtem, ko vrednost relativnega delovnega pulza ne presega dovoljene meje, ki znaša 40 %.

Pri analizi rezultatov smo ugotovili, da so najtežavnejša opravila, ko je traktorist izven kabine in pri tem pomaga sekaču ali pa opravlja dela pri zbiranju lesa in na pomožnem skladišču. Delovni pulz se pri teh opravilih giblje med 54,7 in 60,7 u/min, relativni delovni pulz pa med 42,2 in 47,0 %. Večja težavnost dela pri omenjenih opravilih in relativno visok delež izpostavljenosti delavca težavnejšim opravilom sta dejavnika, ki najbolj vplivata tako na modelno vrednost, kot tudi splošno težavnost dela.

Preglednica 10: Modelni izračun težavnosti dela in obremenitev z dejavniki delovnega okolja

		DELOVNA OPERACIJA	trajanje (min)	Težavnost dela			Ropot		Tresenje celega telesa	
				PMD	DP	RDP	LCpeak	LAeq.kor.	RMS VTV	VDV VTV
NEPR.ČAS	VTR	PRIPRAVLJALNO ZAKLJUČNI ČAS	11.1	107.5	44.5	34.5	129.0	87.7	1.35	11.66
		ZASTOJ ZARADI DELOVNIH SREDSTEV	3.3	116.1	53.1	41.2	116.7	82.9	1.05	8.89
		ZASTOJ ZARADI ORGANIZACIJE	131.1	102.8	39.8	30.9	128.6	87.7	1.35	23.97
		ZASTOJ ZARADI OSEBNIH POTREB	0.3	107.5	44.5	34.5	112.4	82.4	0.50	2.19
	ZUNAJ	GLAVNI ODMOR	187.7	91.7	28.7	22.3	117.4	73.2	0.00	0.00
		ZASTOJ ZARADI DELOVNIH SREDSTEV	233.3	95.0	32.0	24.8	128.6	76.8	0.00	0.00
		ZASTOJ ZARADI ORGANIZACIJE	289.4	108.5	45.5	35.2	132.3	90.7	0.00	0.00
		ZASTOJ ZARADI OSEBNIH POTREB	34.5	99.5	36.5	28.3	134.4	77.2	0.00	0.00
PRODUKTIVNI ČAS	VTR	POLNA VOŽNJA	168.4	104.5	41.5	32.2	133.0	86.5	1.51	29.99
		PRAZNA VOŽNJA	140.6	103.2	40.2	31.1	127.3	86.2	1.53	25.12
		PREMIK MED ZBIRANJEM	41.1	114.1	51.1	39.6	124.0	86.3	1.30	17.01
		PREMIK PO SKLADIŠČU	43.6	119.9	56.9	44.1	133.6	86.8	1.38	17.69
		PRIVLAČEVANJE	35.7	110.0	47.0	36.4	140.7	86.0	0.96	14.04
		RAMPANJE	158.1	111.3	48.3	37.4	128.4	87.8	1.53	32.41
	ZUNAJ	KROJENJE	208.7	117.9	54.9	42.5	139.0	101.6	0.00	0.00
		ODPENJANJE	97.2	117.5	54.5	42.2	126.0	81.1	0.00	0.00
		PRIPENJANJE	74.8	123.7	60.7	47.0	123.4	82.8	0.00	0.00
		PRIVLAČEVANJE	47.5	117.7	54.7	42.4	130.0	82.5	0.00	0.00
		RAZVLAČEVANJE	60.2	121.1	58.1	45.0	121.7	85.5	0.00	0.00
		NEPRODUKTIVNI ČAS	862.6	100.5	37.5	29.1	134.4	83.9	0.55	24.75
	PRODUKTIVNI ČAS		1075.5	113.1	50.1	38.8	140.7	91.8	1.09	40.64
	SKUPAJ		1938.1	107.5	44.5	34.5	140.7	89.7	0.89	41.97

Ugotovili smo, da vrednost modelnega izračuna obremenitve z ropotom ($LA_{eq.kor.} = 89,7$ dB(A)) presega obe v Pravilniku o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu določeni opozorilni vrednosti (80 in 85 dB(A)). Z uporabo glušnikov, ki ropot v povprečju zmanjšajo za približno 27 dB(A), zakonsko določena mejna vrednost (87 dB(A)) sicer ne bi bila presežena. Ker pa traktorist zaščitnih glušnikov ni uporabljal je bila presežena tudi mejna vrednost. V pravilniku sta določeni tudi opozorilni vrednosti (135 in 137 dB(C)) in mejna vrednost (140 dB(C)) za kazalnik LC_{peak} . Modelna vrednost (140,7 dB(C)) presega obe opozorilni meji in zaradi neuporabe osebne varovalne opreme tudi mejno vrednost. Največja obremenitev z ropotom nastaja pri uporabi motorne žage. Tako obremenitev z ropotom pri krojenju naraste preko 101 dB(A). K dobljenim rezultatom

poleg opravil z motorno žago največ doprinesejo opravila pri katerih se traktor premika. Obremenitev z ropotom se pri teh opravilih giblje med 86 in 88 dB(A). Delež izpostavljenosti delavca najhropnejšim opravilom je velik, saj obremenitev z ropotom pade pod 80 dB(A) samo v času zastojev zaradi delovnih sredstev oz. osebnih potreb in med glavnim odmorom. Velik delež izpostavljenosti najhropnejšim opravilom in visoke jakosti ropota sta dejavnika, ki najbolj vplivata na modelni izračun in splošno obremenitev z ropotom.

Modelna vrednost obremenitve s tresenjem celega telesa po kazalniku RMS VTV ($0,89 \text{ m/s}^2$) presega zakonsko določeno opozorilno vrednost dnevne izpostavljenosti ($0,5 \text{ m/s}^2$), ne pa tudi mejne vrednosti dnevne izpostavljenosti ($1,15 \text{ m/s}^2$). Modelna vrednost obremenitve s tresenjem po kazalniku VDV VTV ($41,97 \text{ m/s}^{1,75}$) pa presega tako opozorilno vrednost dnevne izpostavljenosti ($9 \text{ m/s}^{1,75}$), kot tudi mejno vrednost dnevne izpostavljenosti s tresenjem celega telesa ($21 \text{ m/s}^{1,75}$).

Najvišje obremenitve s tresenjem celega telesa so bile izmerjene v času, ko se je traktor premikal ($1,30 - 1,53 \text{ m/s}^2$). Te vrednosti k višini skupne obremenitve s tresenjem celega telesa doprinesejo največ. Poleg tega pa je potrebno omeniti tudi, da so vrednosti po kazalniku RMS VTV v času, ko je traktorist v kabini bistveno višje, kot je modelna vrednost obremenitve, in v vseh primerih, razen pri privlačevanju in zastojih zaradi delovnih sredstev oz. osebnih potreb, presegajo mejne vrednosti. Skupno obremenitev s tresenjem celega telesa najbolj znižujejo delovne operacije pri katerih je traktorist izven kabine traktorja. Pri teh opravilih so namreč obremenitve s tresenjem celega telesa enake nič.

Na podlagi ugotovitev lahko zaključimo, da je ugotovljena težavnost dela na meji dopustnosti, saj povprečni delovni pulz presega dovoljeno mejo, medtem ko relativni delovni pulz dovoljene meje ne presega. Pri obremenitvi z ropotom ugotovljena vrednost, zaradi nedosledne uporabe osebne varovalne opreme, presega vse tri mejne vrednosti. Ugotovljena vrednost obremenitve s tresenjem celega telesa po kazalniku RMS VTV presega opozorilno vrednost, medtem ko obremenitev po kazalniku VDV VTV presega tako opozorilno, kot tudi mejno vrednost.

Za zmanjševanje težavnosti dela in obremenitev delavca z dejavniki delovnega okolja so zato nujno potrebna obvezna uporaba osebne varovalne opreme, organizacijski ukrepi v smislu menjave delovnih mest ter podaljšanja realiziranega časa delovnika in izobraževanje oz. osveščanje delavca traktorista o primernem načinu opravljanja dela, predvsem optimizacije bremena glede na delovne razmere in zmanjšanje tempa dela.

6 RAZPRAVA

6.1 ČASOVNA STRUKTURA IN IZPOSTAVLJENOST DELAVCA

Ugotavljanje časovne strukture in s tem izpostavljenost delavca je pri vrednotenju obremenitev pomembno. Obremenitve delavca z dejavniki delovnega okolja so namreč poleg jakosti posameznih kazalnikov obremenitev odvisne tudi od trajanja izpostavljenosti le-tem. Zato je poleg merjenja posameznih jakosti obremenitev pomembna tudi izdelava časovne študije, na podlagi katere smo izdelali časovno strukturo traktoristovega dela in ugotavljali izpostavljenost delavca posameznim obremenitvam.

Ugotovili smo, da je razmerje med produktivnim in neproduktivnim časom zelo podobno (55,5 % oz. 44,5 %). Strukturo delovnega časa pri skupinskem delu s srednje velikim zgibnikom Iwafuji T-41, sta preučevala Klun in Poje (2000), ki sta prišla do nekoliko drugačnih rezultatov. Delež produktivnega časa je namreč v njihovem primeru znašal 74 %, neproduktivnega časa pa 26 %. Pri tem je potrebno omeniti, da sta zaradi nekoliko drugačne metodologije oz. cilja naloge, vsako pomoč v skupini, bodisi pomoč sekačev (10,94 %), bodisi pomoč sekačem (1,51 %), označila kot produktiven čas. Deleži pomoči so se v različnih skupinah zelo spreminjali, saj se sekači v nekaterih skupinah niso vključevali v spravilo lesa, v nekaterih skupinah pa vedno. Za lažjo primerjavo smo omenjena opravila prišteli k neproduktivnemu času in ugotovili, da je delež produktivnega (61,6 %) in neproduktivnega časa (38,4 %) podoben, kot v našem primeru. Relativno visok delež neproduktivnega časa v našem primeru je posledica načina dela, ki je v podjetju organiziran v delovnih skupinah s skupno normo in temu primernih plačilom. Traktorist tako, zaradi interesa po doseganju skupne norme, veliko časa porabi za pomoč sekačem, pri čemer pomaga pri sečnji in izdelavi (večja izpostavljenost ropotu motorne žage), opravlja gozdni red s traktorjem ali pa preprosto čaka, da sekači pripravijo les. Nekajkrat se je zgodilo, da je moral z nadaljevanjem polne vožnje nekaj minut počakati na vlaki, ker je na gozdni cesti gozdarski kamion nakladal hlodovino za odvoz. Ves ta čas smo označili kot zastoj zaradi organizacije dela, ker omenjena opravila nimajo neposredne povezave s pravilom lesa. Zastoj zaradi organizacije je predstavljal 48,7 % neproduktivnega časa oz. kar 21,7 % delovnega časa. Poleg tega je do takšnega rezultata prišlo tudi zaradi namena

naloge, saj smo vsa opravila, ki nimajo neposredne povezave s pravilom lesa označili kot neproduktiven čas.

Velik delež neproduktivnega časa pa je predstavljal tudi zastoj zaradi delovnih sredstev (23,8 % oz. 10,6 % delovnega časa). V ta čas smo poleg manjših popravil (popravilo jeklene vrvi, čiščenje filtra za gorivo, ipd.) in vzdrževalnih del (brušenje motorne žage, dolivanje goriva, ipd.) uvrstili tudi ves čas, ki je bil potreben za večja popravila na traktorju, ko je počil kardan oz. so se pojavile težave z vitlom. Če v času snemanj do večjih strojelomov ne bi prišlo, bi bil delež zastoja zaradi delovnih sredstev in s tem neproduktivnega časa zagotovo manjši. S tem bi se delež produktivnega časa še dodatno povečal.

Traktorist je v času raziskave v traktorju prebil 37,8 % časa. Največji delež časa, ki ga je traktorist prebil v traktorju predstavlja polna vožnja (8,7 %) sledita delovni operaciji rampanje (8,2 %) in prazna vožnja (7,3 %). Do nekoliko drugačnih rezultatov sta prišla Klun in Poje (2000), kjer je delež polne in prazne vožnje znašal 18,9 oz. 12,1 %, kar lahko pripisujemo daljšim pravilnim razdaljam in manjšemu deležu zastojev. Dodatna primerjava porabe časa glede na razdaljo vlačjenja je pokazala, da med obema traktorjema ni bistvenih razlik, saj so odstopanja med njima na pravilni razdalji 200 metrov pri spravilu navzdol 0,2 minuti, pri spravilu navzgor pa sta si traktorja po porabi časa enaka. To pomeni, da razlike med obema raziskavama lahko iščemo predvsem v različnih deležih zastojev.

Pri modelnem izračunu strukture produktivnega časa smo ugotovili, da s povečevanjem pravilne razdalje najbolj narašča delež vožnje. Tako pri spravilu navzgor najbolj narašča delež polne vožnje. Zato je toliko bolj pomembno, da pri spravilu lesa skušamo najti optimalno razdaljo vlačjenja, pri kateri so izpostavljenosti delavca najtežjim delovnim operacijam in obremenitvam najnižje. Za to potrebujemo optimalno odprtost gozda z gozdnimi prometnicami. Pojem optimalne odprtosti se spreminja v času in v odvisnosti od stopnje tehnologije, ekonomskih in družbenih razmer. Tako je težko trenutno oceniti optimalno odprtost gozdov, ampak moramo nanjo gledati razvojno (Potočnik, 2009). Za zmanjševanje razdalje vlačjenja je pomembna predvsem odprtost s primarnimi gozdnimi

prometnicami. V bodočnosti se bodo zato še kazale potrebe po novih gozdnih cestah. Po nekaterih ocenah bi namreč v Sloveniji potrebovali med 24 in 25 m/ha gozdnih cest, sedanja odprtost pa znaša 19,9 m/ha. Pri intenzivni gradnji (cca. 250 km/leto = 0,25m/ha; trenutno samo 20 km/leto) bi potrebovali še nakaj let za doseg predvidene odprtosti (Potočnik, 2009).

6.2 TEŽAVNOST DELA TRAKTORISTA

Delovni pulz traktorista je v delovnem času znašal 44,5 u/min, relativni delovni pulz pa 34,5 %. Podoben delovni pulz sta v svojih raziskavah ugotovila Žunič (2010) in Odar (2011) in sicer 44,2 u/min oz. 42 u/min. Odar je ugotovila nekoliko višji relativni delovni pulz (40 %). Poje (2011) za način dela z menjavo delovnih mest navaja delovni pulz 41,3 u/min in relativni delovni pulz 32 %. V naši raziskavi smo ugotovili, da je traktorist bolj obremenjen v produktivnem času (50,1 u/min, 38,8 %), znotraj le-tega pa v času ko je bil izven kabine (56,0 u/min, 43,4 %). Ugotovitve so v skladu z drugimi raziskavami (Poje, 2011, Žunič, 2010), kjer raziskovalci prav tako ugotavljajo večjo težavnost dela v produktivnem času.

Ugotovili smo, da so za traktorista najtežavnejša opravila, ki jih opravlja izven traktorja. Za najtežavnejše tako veljajo delovne operacije v času zbiranja in dela na pomožnem skladišču (54,5-60,7 u/min oz. 42,2-47,0 %) ter v času zastoja zaradi organizacije dela, ko traktorist pomaga sekačem. Najtežavnejša delovna operacija je pripenjanje (60,7 u/min, 47 %). Tudi Poje (2011) ugotavlja, da so za traktorista najtežavnejša opravila v času zbiranja lesa, najbolj pa prav tako izstopa vezanje (56,8 u/min, 44 %), kar sta ugotovila tudi Žunič (2010) (55,9 u/min) in Odar (2011) (49 u/min, 48 %). V produktivnem času sta najmanj težavni delovni operaciji polna in prazna vožnja (41,5 u/min, 32,2 % oz. 40,2 u/min, 31,1 %) na splošno pa zastoja zaradi osebnih potreb oz. delovnih sredstev. Najmanjšo težavnost dela med polno in prazno vožnjo ugotavljata tudi Poje (2011) (30 u/min, 23 % oz. 32,4 u/min, 25 %) in Odar (2011) (35 u/min, 34 % oz. 30 u/min, 29 %), medtem ko Žunič (2010) ugotavlja, da je najmanj težavna prazna vožnja (28,3 u/min), le-tej pa sledijo premik po skladišču in odvezovanje.

Pri primerjavi težavnosti dela glede na kategorijo vlačjenja smo ugotovili, da je traktorist bolj obremenjen pri spravilu navzdol (44,9 u/min, 34,8 %). Rezultat je smislen, saj je delež časa, ki ga traktorist porabi za vožnjo, ki je ena najmanj težavnih opravil, pri spravilu navzdol nižji kot pri spravilu navzgor.

Pri preučevanju vpliva delovnih razmer na težavnost dela smo ugotovili, da na težavnost dela najbolj vplivata pravilna razdalja in število kosov v bremenu. Težavnost dela s povečevanjem razdalje vlačjenja pada. S povečevanjem pravilne razdalje namreč najbolj narašča čas in delež vožnje, ki pa velja za manj težavno opravilo znotraj produktivnega časa. Zato nekoliko daljša pravilna razdalja predstavlja pozitiven učinek na težavnost dela traktorista. Težavnost dela pa narašča s številom kosov v bremenu. Pri analizi vpliva delovnih razmer na strukturo delovnega časa smo ugotovili, da s povečevanjem števila kosov v bremenu najbolj upada delež vožnje, sočasno pa se povečuje delež bolj težavnih opravil, kar je po našem mnenju glavni razlog za večjo težavnost dela. Odvisnost težavnosti dela od delovnih razmer je preučeval tudi Poje (2011), ki je ugotovil, da na težavnost dela sekača najbolj vplivajo spremembe v strukturi delovnega časa, ki so posledica lastnosti drevesa (volumen, dolžina in prsni premer debla), trajanje sečnje in izdelave, dnevni čas in klimatski dejavniki. Ugotovil je, da težavnost dela s povečevanjem volumna, dolžine in prsnega premera narašča, prav tako težavnost narašča s temperaturo zraka, hitrostjo vetra, skupnega trajanja sečnje in izdelave, s trajanjem glavnega produktivnega časa, pada pa z naraščanjem relativne zračne vlage in trajanjem neproduktivnega časa.

Skupinsko delo pri sečnji in spravilu velja za najtežavnejšo obliko dela (Poje, 2011). Gre za organizacijsko obliko dela pri kateri je način normiranja in plačila dela takšen, da delavce spodbuja k sodelovanju in s tem doseganju skupne norme. Tako kot v raziskavi, ki jo je opravil Poje, je tudi v našem primeru skupinsko delo potekalo z organizacijsko obliko I+2. Primerjava težavnosti dela po dnevih je pokazala, da je bila težavnost dela skupine največja v četrtem dnevu, ko je zaradi odsotnosti enega izmed sekačev, sečnja in spravilo potekalo z organizacijsko obliko I+1. V tem dnevu je bila težavnost dela sekača 1 največja, kar je razumljivo, saj je normo presegel za več kot 100 %. Najmanjšo težavnost dela skupine pa smo izmerili v tretjem dnevu pri isti organizacijski obliki (I+1). V tem dnevu pa

je bila težavnost dela najmanjša tudi za sekača 2, kar pa ni razumljivo, glede na to, da je normo prav tako presegel za več kot 100 %. Edini smislen razlog za tolikšne razlike lahko iščemo v različni zmogljivosti delavcev, ki vplivajo na težavnost dela. To smo potrdili s primerjavo težavnosti dela med posameznimi delavci, kjer smo ugotovili, da je bilo delo najbolj težavno za sekača 1 (66,2 u/min, 42,7 %), manj za traktorista (43,8 u/min, 34,0 %) in najmanj za sekača 2 (42,0 u/min, 31,5 %), očitno najbolj zmogljivega delavca. Težavnost dela skupine je znašala 50,7 u/min glede na delovni pulz in 36,1 % glede na relativni delovni pulz. Na podlagi rezultatov lahko ugotovimo, da organizacijska oblika I+1 ni nujno težavnejša od primerjane organizacijske oblike I+2, saj je težavnost dela odvisna od zmogljivosti članov skupine. Poleg tega lahko ugotovimo, da bi uvedba organizacijske oblike skupinskega dela z menjavo delovnih mest najbolj koristila sekaču 1, najmanj pa sekaču 2. Uvedba omenjene organizacijske oblike na težavnost dela traktorista ne bi bistveno vplivala, saj je povprečen pulz skupine podoben traktoristovemu.

Pri oblikovanju dela je pomembno, da delo vsebuje najmanj toliko odmorov, kot je potrebno, da dnevno povprečje težavnosti dela ne presega trajno dopustnih mej. Lipoglavšek in Kumer (1998) sta zapisala, da fiziološki parametri ne smejo v delovnem dnevu naraščati, ampak morajo doseči stalno raven (steady state), sicer prihaja do preutrujanja. V naši raziskavi smo ugotovili, da težavnost dela skozi delovni dan narašča, kar sta v primeru spravila z zgibnim traktorjem ugotovila tudi Poje (2011) in Odar (2011). Domnevamo, da je razlog za pretežavno delo v našem primeru previsok tempo (hitrost) dela, ki je posledica prekratkega realiziranega delovnega časa in prenizko število krajših odmorov.

Če rezultate modelnega izračuna težavnosti dela naše raziskave primerjamo z dopustnimi mejami ugotovimo, da izračunana modelna vrednost delovnega pulza (44,5 u/min) presega dopustno mejo 35 utripov na minuto. Ta podatek in dejstvo, da težavnost dela skozi dan stalno narašča govori o tem, da je delo traktorista v našem primeru pretežavno. Ugotovljeno je v skladu z dosedanjimi raziskavami, saj je Odar (2011) prav tako ugotovila, da modelne vrednosti težavnosti dela pri spravilu lesa z zgibnim traktorjem presegajo dopustne meje.

Glede na ugotovljeno bi bilo potrebno več časa nameniti izobraževanju oz. osveščanju delavcev o preutrujanju na delovnem mestu. Domnevamo namreč, da do prevelike težavnosti dela prihaja predvsem zaradi visokega tempa dela, prekratkega realiziranega delovnega časa in prenizkega števila krajših odmorov, ki so nujno potrebni za zmanjševanje težavnosti. Visok tempo dela je najverjetneje posledica mladosti in želje po čim večjih zasluških, vendar dolgoročno povzroča nastajanje poškodb in slabše zdravje delavca. Zato je potrebno tempo dela upočasniti in v delovni čas vpeljati več krajših odmorov. Rotacija ali menjava delovnih mest, ki jo predlaga Poje (2011), se v našem primeru ne bi izkazala kot najboljša rešitev.

6.3 OBREMENITEV TRAKTORISTA Z ROPOTOM

Ropot je v gozdarstvu vsekakor pomemben dejavnik, ki vpliva na zdravje delavcev. V preteklosti je bilo zaradi neustrezne uporabe osebne varovalne opreme, pri delavcih, ki delo gozdnega delavca 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 (2011), 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 ter spravilu lesa (Obranovič, 2010).

V delovnem času je obremenitev traktorista po kazalniku L_{Aeq} znašala 92 dB(A) ($LC_{peak} = 140,7$ dB(C), $L_{Aeq.kor.} = 92,9$ dB(A)). Podobno vrednosti so ugotovili tudi ostali domači raziskovalci (Lipoglavšek, 1981, Lipoglavšek in Koren, 1982, Poje, 2011, Žunič, 2010) (90,1-97,2 dB(A)), medtem ko je Šenica (2012) ugotovil nižjo vrednost obremenitve z ropotom v delovnem času (83,0 dB(A)). K razlikam med raziskavami zagotovo najbolj doprinese različen način dela in tehnološka starost strojev. Ugotovili smo, da je bil traktorist z ropotom bolj obremenjen v produktivnem času ($L_{Aeq} = 94,1$ dB(A)), znotraj produktivnega časa pa bolj pri opravljanju opravil izven traktorja ($L_{Aeq} = 97,4$ dB(A)),

kar je v skladu z ostalimi raziskavami, saj je obremenitev z ropotom v vseh primerih večja v produktivnem času. Glavni razlog za višje obremenitve z ropotom v času izven traktorja je uporaba motorne žage, kar potrjujejo tudi ostale raziskave. Tako je obremenitev z ropotom največja pri delovnih operacijah pri katerih traktorist uporablja motorno žago (krojenje na pomožnem skladišču, pomoč sekaču v času zastoja zaradi organizacije dela) in se giblje med 88,7 dB(A) v času zastoja zaradi organizacije in 101,1 dB(A) pri krojenju. Ostali raziskovalci pri omenjenih delovnih operacijah navajajo vrednosti med 96,1 in 98,7 dB(A). V času naše raziskave je obremenitev z ropotom med polno in prazno vožnjo po kazalniku LAeq znašala 84,8 oz. 83,9 dB(A). Podobne vrednosti so ugotovili v tujih raziskavah (Seixas, 1999). Domači raziskovalci (Lipoglavšek, 1981, Lipoglavšek in Koren, 1982, Poje, 2011, Žunič, 2010, Šenica, 2012) pa so v svojih raziskavah prišli do večjih vrednosti obremenitve z ropotom pri polni in prazni vožnji. Vrednosti so se gibale med 86,7 in 101,1 dB(A) pri prazni ter med 89 in 100 dB(A)) pri polni vožnji. Razlog za tako velike razpone je v tem, da so bile raziskave izvedene na različnih delovnih sredstvih in pogojih dela.

Nižje vrednosti obremenitve z ropotom (77,0-82,6 dB(A)), so bile izmerjene v času, ko je bil traktorist izven traktorja in je opravljal dela pri zbiranju lesa in na pomožnem skladišču (razen krojenja), najnižje pa v času zastoja zaradi osebnih potreb in delovnih sredstev (69,5-81,8 dB(A)) in med glavnim odmorom. Do podobnih ugotovitev so prišli tudi drugi raziskovalci.

V naši raziskavi je ugotovljena vrednost obremenitve z ropotom v glavnem produktivnem času (84,4 dB(A)) nižja od vrednosti izmerjenih pri spravilu lesa (Žunič, 2010) z zgibnima traktorjema Woody 110 (85,3 dB(A)) in Timberjack 240C (89,8 dB(A)). To pomeni, da lahko v enakih delovnih razmerah in pri enakem načinu dela, pri delu z zgibnikom Ecotrac 120V tudi v celotnem delovniku pričakujemo nižje obremenitve delavca z ropotom.

Primerjava obremenitve z ropotom glede na smer spravila lesa je pokazala, da med obema kategorijama v splošnem ni velikih razlik. Najbolj se razlikujeta obremenitvi v neproduktivnem času, ki v primeru spravila navzdol znaša 86,1 dB(A) v primeru spravila navzgor pa 83,0 dB(A). Traktorist je med spraviom navzgor bolj obremenjen med polno

vožnjo (85,1 dB(A)), pri spravilu navzdol pa med prazno vožnjo (84,7 dB(A)). To pomeni, da je traktorist najbolj obremenjen pri vožnji navzgor, ko je potrebna večja moč motorja.

Pri preučevanju odvisnosti ropota od delovnih razmer smo prišli do zanimivih ugotovitev. Predvidevali smo namreč, da bo obremenitev z ropotom s pravilno razdaljo naraščala, kar smo v primeru polne vožnje navzgor tudi potrdili, vendar pa je obremenitev z ropotom v produktivnem in delovnem času padala. Ugotovitve so smiselne, saj smo na podlagi modelnega izračuna strukture produktivnega časa ugotovili, da z naraščanjem pravilne razdalje deleži najhrupnejših delovnih operacij padajo, povečuje pa se delež polne in prazne vožnje, ki v našem primeru veljata za operaciji z nižjimi vrednostmi jakosti ropota. Tako lahko ugotovimo, da daljša pravilna razdalja poleg težavnosti dela pozitivno vpliva tudi na obremenitev delavca z ropotom. Ugotovili smo, da obremenitev z ropotom s povečevanjem teže bremena načeloma narašča. Odvisnost je pri polni vožnji, kot tudi v produktivnem in delovnem času, bolj vidna v primeru spravila navzdol, manj pa pri spravilu navzgor. Bolj smiselno bi bilo, da je odvisnost bolj značilna v primeru spravila navzgor, saj je za težje breme pri spravilu navzgor potrebna večja moč motorja pri tem pa nastanejo večje jakosti ropota. Pri ugotavljanju odvisnosti obremenitve z ropotom od števila kosov v bremenu smo prišli do rezultata, ki kaže na to, da obremenitve z ropotom pri polni vožnji z večjim številom kosov v bremenu padajo. Tako pri polni vožnji, kot tudi v produktivnem in delovnem času obremenitve pri spravilu navzdol s številom kosov v bremenu naraščajo, pri spravilu navzgor pa padajo, kar je lahko posledica manjšega specifičnega pritiska bremena na tla in s tem manjša potrebna sila za vlačenje. Poleg preučevanih dejavnikov pa na obremenitev z ropotom pri upravljanju traktorja vpliva tudi hitrost vožnje (Payandeh in sod., 2011). Tudi Poje (2011) je v svoji raziskavi preučeval odvisnosti obremenitve z ropotom od delovnih razmer. Ugotovil je, da obremenitev z ropotom delavca sekača narašča s prsnim premerom drevesa, volumnom in dolžino debla, ter trajanjem nekaterih opravil.

Vsak vir ropota ima značilno sliko frekvenčnega območja ropota, ki se razlikuje od slik drugih virov (Poje, 2011). V naši raziskavi smo skušali ugotoviti, katere frekvence v človekovem slišnem spektru največ prispevajo k skupni obremenitvi delavca z ropotom. Ugotovili smo, da je obremenitev z ropotom pri uporabi motorne žage največja pri višjih

frekvencah (630-4000 Hz), kar je posledica višjih obratov motorne žage, medtem ko so obremenitve z ropotom pri zgibniku v primerjavi z motorno žago višje v nizkofrekvenčnem območju (12,5-125 Hz). Pri privlačevanju v traktorju oziroma izven njega so prav tako vidne razlike po frekvenčnih pasovih. Pri privlačevanju izven traktorja sta tako vidna dva lokalna maksimuma, pri čemer je tisti v nizkih frekvencah posledica delovanja motorja zgibnega traktorja, tisti v pri višjih frekvencah pa motorne žage, ki je delovala v bližini traktorista. Tudi Poje (2011) in Šenica (2012) sta ugotovila, da je obremenitev z ropotom pri uporabi motorne žage največja pri višjih, obremenitev z ropotom zgibnega traktorja pa pri nižjih frekvencah.

So pa različne raziskave potrdile, da so se obremenitve z ropotom skozi čas zmanjševale (Seixas in sod., 1999, Žunič, 2010). V preteklosti je spravilo lesa potekalo s traktorji brez kabine, kasneje so kabine sicer namestili vendar niso bile zvočno izolirane, pred leti so na tržišče prišli traktorji z zvočno izoliranimi kabinami itn. Največji napredek v smislu zmanjševanja izpostavljenosti ropotu pri delu in s tem obremenitev z ropotom predstavlja strojna sečnja in spravilo lesa. Pri sodobnem načinu sečnje in spravila lesa so težavnost dela in obremenitve z dejavniki delovnega okolja (ropot, tresenje) bistveno manjše (Odar, 2011, Šenica, 2012). Kljub vsemu Poje (2011) ugotavlja, da je zaradi neugodne lastniške strukture ter terenskih in sestojnih razmer pričakovati, da bo sečnja in spravilo lesa s traktorji ostala prevladujoča tehnologija pri delu v slovenskih gozdovih.

Zaradi velikih razlik med trajanjem snemanja jakosti ropota in dejanskim trajanjem proizvodnje smo na koncu izračunali modelno vrednost obremenitve traktorista z ropotom. Izračunana modelna vrednost obremenitve z ropotom po kazalniku LAeq.kor. znaša 89,7 dB(A). Če rezultat primerjamo z vrednostmi iz Pravilnika o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu, ugotovimo, da izračunana vrednost v modelnem izračunu presega spodnjo (80 dB(A)) in zgornjo (85 dB(A)) opozorilno vrednost. Z uporabo zaščitnih glušnikov, ki zmanjšajo obremenitev z ropotom do 27 dB(A), mejna vrednost, ki znaša 87 dB(A), ne bi bila presežena. Prav tako obe opozorilni vrednosti (135 in 137 dB(C)) preseže izmerjena vrednost konične ravni zvočnega tlaka (LCpeak), ki je znašala 140,7 dB(C). Mejna vrednost (140 dB(C)) ob dosledni uporabi

osebne varovalne opreme ne bi bila presežena. Ker delavec traktorist pri svojem delu zaščitnih glušnikov ni uporabljal je presegel tudi mejni vrednosti izpostavljenosti.

Kot smo zapisali, je za nadziranje uporabe osebne varovalne opreme po Zakonu o varnosti in zdravju pri delu (2011), odgovoren delodajalec. Nadzorna oseba bi morala v tem primeru delo prekiniti, saj delavec ni upošteval pravil, ki določajo obvezno uporabo osebne varovalne opreme. Poleg tega je delodajalec zavezan, da v primeru ko obremenitev presega opozorilne vrednosti, izvede program tehničnih in/ali organizacijskih ukrepov, s katerimi lahko zmanjša izpostavljenost delavcev hrupu na delovnem mestu. Glavni problem pri obremenitvi z ropotom je uporaba motorne žage in nedosledna uporaba osebne varovalne opreme. Potrebno bi bilo omejiti delo z motorno žago, saj le-ta predstavlja največjo obremenitev delavca z ropotom. Modelni izračun obremenitve z ropotom, kjer smo iz izračuna izločili krojenje, je namreč pokazal, da bi obremenitev v tem primeru znašala 83,3 dB(A), kar pomeni, da bi obremenitev z ropotom presegala samo spodnjo opozorilno vrednost izpostavljenosti. S popolno izločitvijo vpliva motorne žage, ki je ostal znotraj zastoja zaradi organizacije, bi bila obremenitev z ropotom zagotovo še nižja.

Zaradi ugotovljenega je nujno, da delodajalec poskrbi za ustrezen nadzor nad uporabo osebne varovalne opreme. Delavca je potrebno opozoriti, da nedosledna uporaba zaščitnih glušnikov dolgoročno pomeni hude posledice za sluh.

6.4 OBREMENITEV TRAKTORISTA S TRESENJEM CELEGA TELESA

V preteklosti so bile pri traktoristih v gozdarstvu, na periodičnih pregledih ugotovljene relativno pogosto bolezni kosti in gibal. Po pogostnosti so bila ta obolenja na drugem mestu, takoj za naglušnostjo (Lipoglavšek in Kumer, 1988). Zato avtorja ugotavljata, da so tresenje prav tako pomemben dejavnik delovnega okolja pri delu v gozdu, ki neugodno vplivajo na delavca.

Skupna obremenitev s tresenjem celega telesa po kazalniku RMS VTV je v delovnem času znašala $0,98 \text{ m/s}^2$. Ugotovili smo, da je bil traktorist bolj obremenjen v produktivnem času ($1,08 \text{ m/s}^2$) znotraj le-tega pa v času premikanja traktorja ($1,30 \text{ m/s}^2 - 1,53 \text{ m/s}^2$), kar so v

svojih raziskavah ugotovili tudi drugi raziskovalci. Tako je Poje (2011) ugotovil, da se vrednosti v času premikanja traktorja gibljejo med $0,91 \text{ m/s}^2$ pri polni vožnji in $1,31 \text{ m/s}^2$ pri prazni vožnji. Žunič (2010) je medtem ugotovil, da se vrednosti v času premikanja gibljejo med $1,45 \text{ m/s}^2$ pri rampanju in $1,97 \text{ m/s}^2$ pri prazni vožnji. Bistveno višje vrednosti pa ugotavljajo Košir (1982) ter Lipoglavšek in Koren, ki so obremenitve s tresenjem snemali na starejših strojih (IMT 558, 560, Timberjack, Fiat 505C). V tem primeru se vrednosti v času premikanja stroja gibljejo med $2,58 \text{ m/s}^2$ in $6,20 \text{ m/s}^2$. Ugotovitve so povsem smiselne saj pri premikanju traktorja po razgibanem terenu prihaja do večjih tresljajev, ki se skozi različne sestavne dele traktorja prenašajo na telo traktorista. Največja obremenitev s tresenjem celega telesa je nastala med rampanjem in prazno vožnjo ($1,53 \text{ m/s}^2$). Sledijo delovne operacije polna vožnja ($1,51 \text{ m/s}^2$) in oba premika, po sestoji in skladišču. Podobno je v svoji raziskavi ugotovil Poje (2011), ki je največjo obremenitev s tresenjem prav tako ugotovil med prazno vožnjo ($1,31 \text{ m/s}^2$). Žunič (2010) je največje vrednosti obremenitve s tresenjem celega telesa prav tako ugotovil pri prazni ($1,97 \text{ m/s}^2$) in polni vožnji ($1,82 \text{ m/s}^2$). Tudi v primeru starejših strojev (Košir, 1982, Lipoglavšek in Koren, 1982) največje obremenitve s tresenjem celega telesa nastajajo med polno in prazno vožnjo ter rampanjem lesa. Prav tako so v Kanadi, Jack in sod. (2010) v vseh primerih, razen enega, največje vrednosti ugotovili pri prazni vožnji (med $0,99$ in $2,39 \text{ m/s}^2$).

Najmanjšo obremenitev s tresenjem celega telesa smo ugotovili med privlačevanjem in zastojeoma zaradi delovnih sredstev oz. osebnih potreb. Žunič (2010) je nasprotno med privlačevanjem v traktorju ugotovil skoraj največjo vrednost tresenja celega telesa ($1,92 \text{ m/s}^2$), kar bi bilo lahko posledica pretežkega bremena ali pa slabših razmer za zbiranje lesa. Podobno so najnižje vrednosti v času, ko traktor stoji na mestu, ugotovili tudi ostali raziskovalci (Poje, 2011, Košir, 1982 ter Lipoglavšek in Koren, 1982).

V našem primeru ugotovljena vrednost jakosti tresenja celega telesa v glavnem produktivnem času ($1,52 \text{ m/s}^2$) je primerljiva z ugotovljenimi vrednostmi pri spravilu lesa s prilagojenim kmetijskim traktorjem Massey Ferguson 4345 ($1,51 \text{ m/s}^2$) oz. zgibnim traktorjem Timberjack 240C ($1,74 \text{ m/s}^2$) (Žunič, 2010).

Skupna obremenitev s tresenjem celega telesa po kazalniku VDV VTV je znašala $41,22 \text{ m/s}^{1,75}$. V tem primeru je bila najbolj obremenjujoča delovna operacija rampanje ($32,41$

$\text{m/s}^{1,75}$). Sledita delovni operaciji polna ($29,99 \text{ m/s}^{1,75}$) in prazna vožnja ($25,12 \text{ m/s}^{1,75}$) ter zastoj zaradi organizacije dela, ki vključuje tudi izvajanje gozdnega reda s traktorjem ($23,97 \text{ m/s}^{1,75}$). Poje (2011) je ugotovil, da se jakosti tresenja po kazalniku VDV VTV v času premikanja zgibnika gibljejo med $8,62 \text{ m/s}^{1,75}$ pri izvajanju gozdnega reda in $13,56 \text{ m/s}^{1,75}$ pri prazni vožnji. Ugotovil je, da skupna obremenitev v času snemanja znaša $17,18 \text{ m/s}^{1,75}$, pri čemer je potrebno poudariti, da so meritve tresenja celega telesa trajale samo štiri ure.

V naši raziskavi smo ugotovili, da je najmanjša jakost tresenja merjena kot RMS vrednost v vertikalni ($0,31 \text{ m/s}^2$), nekoliko večja v horizontalni ($0,43 \text{ m/s}^2$) največja pa v aksialni smeri ($0,51 \text{ m/s}^2$). Žunič (2010) je v svoji raziskavi ugotovil, da je največje tresenje v horizontalni, nekoliko manjše v aksialni, najmanjše pa v vertikalni smeri. V obeh primerih je bilo torej tresenje v vertikalni smeri najmanjše, kar lahko pripišemo dobremu vzmetenju sedeža, ki je vzmeten le v vertikalni smeri.

Pri primerjavi obremenitev tresenja glede na kategorijo vlačjenja smo ugotovili, da je bil traktorist bolj obremenjen pri spravilu navzgor ($1,07 \text{ m/s}^2$), kot navzdol ($0,93 \text{ m/s}^2$). Najbolj izstopa obremenitev s tresenjem med polno vožnjo navzgor ($1,76 \text{ m/s}^2$), kar je najverjetneje posledica preobremenjenosti traktorja z bremenom, pri čemer je imel traktorist velike težave pri prehodu skozi bolj skalovit del vlake. Večje tresenje pri spravilu navzdol smo izmerili pri delovnih operacijah prazna vožnja ($1,55 \text{ m/s}^2$) in rampanje ($1,55 \text{ m/s}^2$) ter med zastojem zaradi organizacije dela ($1,49 \text{ m/s}^2$). Podobno kot pri obremenitvi z ropotom lahko tako zaključimo, da tudi pri obremenitvah s tresenjem največje obremenitve povzroča vožnja navzgor.

Sicer pa na obremenitev s tresenjem celega telesa najbolj vplivata razdalja vlačjenja in teža bremena. Z razdaljo vlačjenja namreč narašča tudi obremenitev s tresenjem celega telesa, kar je v svoji raziskavi ugotovil tudi Poje (2011). V primeru polne vožnje navzgor obremenitev s tresenjem narašča tudi s povečevanjem teže bremena, kar smo že omenili pri primerjavi kategorij vlačjenja. Tudi Žunič (2010) ugotavlja, da imajo na obremenitev s tresenjem večji vpliv delovne razmere kot tehnološka razvitost traktorjev.

Modelna obremenitev je po kazalniku RMS VTV znašala $0,89 \text{ m/s}^2$, kar je manj od vrednosti, ki jo je izračunal Žunič (2010) ($1,03 \text{ m/s}^2$). Modelna vrednost po kazalniku VDV VTV je znašala $41,97 \text{ m/s}^{1,75}$. Če dobljene vrednosti primerjamo z vrednostmi iz Pravilnika o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti vibracijam pri delu lahko ugotovimo, da dobljena vrednost po kazalniku RMS VTV presega samo opozorilno vrednost dnevne izpostavljenosti ($0,5 \text{ m/s}^2$). Dobljena vrednost po kazalniku VDV VTV pa presega tako opozorilno ($9,1 \text{ m/s}^{1,75}$), kot tudi mejno vrednost dnevne izpostavljenosti ($21 \text{ m/s}^{1,75}$). To pomeni, da je bil delavec pri spravilu lesa s tresenjem celega telesa preobremenjen.

Po Pravilniku o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti vibracijam pri delu mora delodajalec zagotoviti, da se tveganja, ki izhajajo iz izpostavljenosti mehanskemu tresenju, odpravijo pri viru ali zmanjšajo na najnižjo možno stopnjo. Delodajalec mora takoj, ko so opozorilne vrednosti izpostavljenosti presežene, izdelati in izvajati program tehničnih in/ali organizacijskih ukrepov za zmanjšanje izpostavljenosti mehanskemu tresenju na najnižjo možno raven.

Zato morajo ukrepi za zmanjševanje tveganja zaradi izpostavljenosti tresenju celega telesa vsebovati navodila o načinu dela, ki jih delodajalec posreduje delavcem. Predvsem o vplivu velikosti bremena in hitrosti vožnje na obremenitve. Poleg tega bi kot organizacijski ukrep delodajalec lahko uvedel obvezno dnevno ali tedensko rotacijo delavcev na delovnih mestih in tako porazdelil obremenitve na vse delavce.

7 SKLEPI

Cilj oz. namen magistrske naloge je bil ugotoviti obremenitve delavca z dejavniki delovnega okolja in težavnost dela ter raziskati, ali odprtost gozdnega prostora s primarnimi in sekundarnimi prometnicami vpliva na težavnost dela in obremenitve delavca pri spravilu lesa z zgibnim traktorjem Ecotrac 120V.

Domnevali smo, da obremenitve z ropotom in s tresenjem celega telesa presegajo dopustne obremenitve glede na trenutno slovensko zakonodajo. Enako velja tudi za težavnost dela, ki je prav tako posledica uporabljene tehnologije pri spravilu lesa. Poleg tega smo domnevali, da na vse merjene dejavnike značilno vplivajo kazalci odprtosti gozdov s primarnimi in sekundarnimi gozdnimi prometnicami.

Na podlagi naših domnev oz. postavljenih hipotez smo oblikovali naslednje sklepe:

- hipotezo, da težavnost dela presega trajno dopustne meje smo potrdili. Modelni izračun težavnosti dela je pokazal, da izračunana vrednost delovnega pulza (44,5 u/min) presega dopustno mejo, ki je 35 u/min. Ta podatek in dejstvo, da težavnost dela skozi dan stalno narašča govori o tem, da je delo traktorista v našem primeru pretežavno,
- hipotezo, da obremenitve z ropotom in s tresenjem celega telesa presegajo dopustne obremenitve glede na trenutno slovensko zakonodajo smo potrdili. Modelni izračun obremenitve z ropotom je pokazal, da izračunana vrednost ($L_{Aeq.kor.} = 89,7$ dB(A)) presega obe v Pravilniku o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu določeni opozorilni vrednosti (80 oz. 85 dB(A)) in zaradi neuporabe osebne varovalne opreme tudi mejno vrednost dnevne izpostavljenosti (87 dB(A)). Prav tako je modelni izračun obremenitve s tresenjem celega telesa pokazal, da izračunana vrednost po kazalniku RMS VTV ($0,89$ m/s²) presega v Pravilniku o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti vibracijam pri delu določeno opozorilno vrednost ($0,5$ m/s²). Izračunana vrednost

po kazalniku VDV VTV ($41,97 \text{ m/s}^{1,75}$) pa presega opozorilno in mejno vrednost dnevne izpostavljenosti (9 oz. $21 \text{ m/s}^{1,75}$),

- hipotezo, da na vse merjene dejavnike značilno vplivajo kazalci odprtosti gozdov s primarnimi in sekundarnimi prometnicami smo potrdili. Pri preučevanju odvisnosti porabe časa od pravilne razdalje smo ugotovili, da s povečevanjem pravilne razdalje poraba časa narašča. Tudi struktura produktivnega časa se spreminja s povečevanjem pravilne razdalje. Pri težavnosti dela smo ugotovili, da težavnost dela s povečevanjem pravilne razdalje pada. Pri ugotavljanju odvisnosti obremenitve z ropotom od pravilne razdalje smo ugotovili, da obremenitev z ropotom s povečevanjem pravilne razdalje načeloma pada, le v primeru polne vožnje pri spravilu navzgor obremenitev z ropotom narašča. Pri ugotavljanju odvisnosti obremenitve s tresenjem celega telesa od pravilne razdalje smo ugotovili, da obremenitev s povečevanjem pravilne razdalje narašča. To velja za vrednosti po kazalniku RMS VTV in vrednosti po kazalniku VDV VTV.

Na podlagi ugotovitev sklepamo, da je bil traktorist v času raziskave preobremenjen, saj smo tako v primeru težavnosti dela, kot tudi obremenitve z ropotom in tresenjem celega telesa ugotovili, da izračunane modelne vrednosti presegajo zakonsko dovoljene meje dnevne izpostavljenosti. Prav tako smo ugotovili, da na vse merjene dejavnike značilno vplivajo kazalci odprtosti s primarnimi in sekundarnimi gozdnimi prometnicami.

8 POVZETEK

8.1 POVZETEK

V Sloveniji, po podatkih Zavoda za gozdove RS, še vedno, kljub naraščanju uporabe sodobnih načinov spravila lesa, prevladuje klasično, traktorsko spravilo lesa. Za to obliko spravila lesa izvajalci uporabljajo različne vrste traktorjev. V zadnjih nekaj letih se v slovensko gozdarstvo uvaja nov zgibni traktor Ecotrac 120V, hrvaškega proizvajalca Hittner. Za novo delovno sredstvo trenutno ne poznamo strukture delovnika in učinkov kakor tudi ne težavnosti dela in obremenitev delavca z dejavniki delovnega okolja, kot so tresenje celega telesa in obremenitev z ropotom. Cilj oz. namen magistrske naloge je na konkretnem primeru ugotoviti obremenitve delavca z dejavniki delovnega okolja in težavnost dela ter raziskati, ali odprtost gozdnega prostora s primarnimi in sekundarnimi gozdnimi prometnicami (razdalja vlačjenja) vpliva na težavnost dela in posamezne obremenitve delavca pri spravilu lesa z zgibnim traktorjem Ecotrac 120V.

Meritve smo opravili v oddelku 27, v gozdnogospodarski enoti Rog na Kočevskem gozdnogospodarskem območju. Pri meritvah je sodelovala delovna skupina, v kateri delo opravljajo traktorist in dva sekača (I+2). Meritve za magistrsko nalogo smo izvedli v mesecu septembru, v tednu od 10. do 14. ter 17. in 18. septembra 2012. Za terensko delo (ogled, priprava, meritve) smo potrebovali deset dni, same meritve za magistrsko nalogo pa so potekale šest delovnih dni. Spravilo je štiri dni potekalo navzdol in dva dni navzgor. Sočasno z meritvami različnih obremenitev in težavnosti dela je potekala časovna študija. Za zajem podatkov o težavnosti dela ter obremenitvah z ropotom in tresenjem celega telesa, smo delavca traktorista in zgibni traktor opremili z merilnimi napravami. Z merilniki za merjenje pulza smo opremili tudi oba sekača. Poleg obremenitev, težavnosti dela in časovne študije smo za potrebe magistrske naloge merili tudi učinke spravila lesa z zgibnikom Ecotrac 120V in spravilne razmere (merjenje vlak).

V analizi strukture delovnika, ki je pomembna zaradi časa izpostavljenosti delavca različnim delovnim operacijam smo ugotovili, da je razmerje med produktivnim in neproduktivnim časom zelo podobno (55,5 % oz. 44,5 %). Relativno visok delež neproduktivnega časa je posledica načina dela, ki je v podjetju organiziran v delovnih

skupinah s skupno normo. Traktorist je v času raziskave v traktorju prebil 37,8 % časa. Največji delež časa, ki ga je traktorist prebil v traktorju predstavlja polna vožnja (8,7 %) sledita delovni operaciji rampanje (8,2 %) in prazna vožnja (7,3 %).

V raziskavi smo ugotovili, da težavnost dela skozi delovni dan narašča. To posledično pomeni, da skozi dan prihaja do preutrujanja delavca in s tem ogrožanja zdravja. Ugotovili smo, da so za traktorista najbolj težavna dela, ki jih opravlja v produktivnem času izven traktorja ($PMD = 119$ u/min, $DP = 56$ u/min, $RDP = 43,4$ %). Med delovnimi operacijami po težavnosti dela izstopajo pripenjanje, razvlačevanje, premik po skladišču, krojenje, privlačevanje in odpenjanje ($PMD = 117,5$ - $123,7$ u/min). Če rezultate modelnega izračuna težavnosti dela naše raziskave primerjamo z dopustnimi mejami ugotovimo, da izračunana modelna vrednost delovnega pulza ($44,5$ u/min) presega dopustno mejo 35 utripov na minuto. Ta podatek in dejstvo, da težavnost dela skozi dan stalno narašča govori o tem, da je delo traktorista v našem primeru pretežavno.

V času raziskave je obremenitev traktorista po kazalniku LA_{eq} znašala 92 dB(A) ($LC_{peak} = 140,7$ dB(C), $LA_{eq.kor.} = 92,9$ dB(A)). Traktorist je bil z ropotom bolj obremenjen v produktivnem času ($LA_{eq} = 94,1$ dB(A)), znotraj produktivnega časa pa bolj pri opravljanju opravil izven traktorja ($LA_{eq} = 97,4$ dB(A)). Glavni razlog za višje obremenitve z ropotom v času izven traktorja je uporaba motorne žage, kar potrjujejo tudi ostale raziskave. Tako je obremenitev z ropotom največja pri delovnih operacijah pri katerih traktorist uporablja motorno žago (krojenje na pomožnem skladišču, pomoč sekaču v času zastoja zaradi organizacije dela). Obremenitev z ropotom med polno in prazno vožnjo po kazalniku LA_{eq} je znašala $84,8$ oz. $83,9$ dB(A). Izračunana modelna vrednost obremenitve z ropotom po kazalniku $LA_{eq.kor.}$ znaša $89,7$ dB(A). Če rezultat primerjamo z vrednostmi iz Pravilnika o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu, ugotovimo, da izračunana vrednost v modelnem izračunu presega 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)), ki sta določeni v pravilniku preseže izmerjena vrednost konične ravni zvočnega tlaka (LC_{peak}), ki je

znašala 140,7 dB(C). Mejna vrednost (140 dB(C)) ob dosledni uporabi osebne varovalne opreme ne bi bila presežena.

V raziskavi smo ugotovili, da je skupna obremenitev s tresenjem celega telesa po kazalniku RMS VTV znašala $0,98 \text{ m/s}^2$. Ugotovili smo, da je bil traktorist bistveno bolj kot v neproduktivnem času, obremenjen v produktivnem času ($1,08 \text{ m/s}^2$). Najbolj je bil traktorist obremenjen v času premikanja traktorja. Največja obremenitev s tresenjem celega telesa je nastala med rampanjem in prazno vožnjo ($1,53 \text{ m/s}^2$). Sledijo delovne operacije polna vožnja ($1,51 \text{ m/s}^2$) in oba premika. Skupna obremenitev s tresenjem celega telesa po kazalniku VDV VTV pa je znašala $41,22 \text{ m/s}^{1,75}$. V tem primeru je bila najbolj obremenjujoča delovna operacija rampanje ($32,41 \text{ m/s}^{1,75}$). Sledita delovni operaciji polna ($29,99 \text{ m/s}^{1,75}$) in prazna vožnja ($25,12 \text{ m/s}^{1,75}$) ter zastoj zaradi organizacije dela (izvajanje gozdnega reda) ($23,97 \text{ m/s}^{1,75}$). Če izračunane vrednosti ($0,89 \text{ m/s}^2$ in $41,97 \text{ m/s}^{1,75}$) primerjamo z vrednostmi iz Pravilnika o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti vibracijam pri delu lahko ugotovimo, da izračunane vrednosti po kazalniku RMS VTV presega samo opozorilno vrednost dnevne izpostavljenosti ($0,5 \text{ m/s}^2$). Izračunane vrednosti po kazalniku VDV VTV pa presega tako opozorilno ($9,1 \text{ m/s}^{1,75}$), kot tudi mejno vrednost dnevne izpostavljenosti ($21 \text{ m/s}^{1,75}$).

Na podlagi ugotovitev sklepamo, da je bilo delo pretežavno ter da je bil traktorist v času raziskave preobremenjen z ropotom in tresenjem celega telesa. Ugotovili smo namreč, da izračunane modelne vrednosti presegajo uveljavljene mednarodne norme in zakonsko dovoljene meje dnevne izpostavljenosti. Prav tako smo ugotovili, da na vse merjene dejavnike značilno vplivajo kazalci odprtosti s primarnimi in sekundarnimi gozdnimi prometnicami.

Kot ukrepe za učinkovito zmanjšanje težavnosti dela in obremenitev smo predlagali zmanjšanje tempa dela in podaljšanje realiziranega delovnika, oblikovanje optimalnih bremen glede na delovne razmere ter uvedbo obvezne rotacije delovnih mest med sekačem in traktoristom.

8.2 SUMMARY

Despite the increasing application of contemporary wood skidding methods the data of Slovenia Forest Service still show the prevailing usage of classic wood skidding with tractors and skidders. The operators apply various kinds of tractors for these operations. In the last few years the Slovenian forestry is witnessing the introduction of the new skidder Ecotrac 120V of the Croatian producer Hittner. This new working machine still does not have the established working day schedule and performance as well as the physiological work load and the exposure of workers to physical agents, such as whole-body vibrations and noise load. The purpose or goal of this Master's thesis is to establish the exposure of workers to physical agents and difficulties of work on the concrete example as well as to determine whether the forest openness with forest and skidding roads (skidding distance) influences the work load and individual exposures of workers conducting wood skidding operations with the Ecotrac 120V skidder.

The measurements were performed in the Compartment 27 of the forest management unit Rog in the Kočevje forest region. The working group consisting of a tractor driver and two wood cutters (I+2) participated in the measuring procedure. The measurements were executed in September, i.e. from September 10 – 14 and September 17 – 18, 2012. The fieldwork (examination, preparation, measurements) lasted for ten days, while the main measurement carried on for six working days. The operation was divided into a four-day downhill skidding and a two-day uphill skidding. Besides measuring of exposures and levels work load the time study was conducted. To acquire the data on the work load and exposures to noise and whole-body vibrations the driver and tractor were equipped with measuring devices, while both wood cutters were provided only with heart rate monitors. Apart from exposures, work load, and time study also the effects of the wood skidding with Ecotrac 120V and skidding conditions (skidding roads measurements) were determined.

The analysis of the time study, relevant for the time of worker's exposure to various working operations, showed that the ratio between productive and unproductive time was very similar (55.5 % and 44.5 % respectively). A relatively high percentage of

unproductive time resulted from the working method organized in working groups with a productivity rate. During the research the driver spent 37.8 % of time on the tractor. The greatest share of time the driver spent on the tractor represented the full transport (8.7 %), followed by ramping (8.2 %) and empty transport (7.3 %).

The study showed that the physiological work load consistently increased throughout a working day. In other words, the worker was becoming over-fatigued and his health was at risk. It was established that the most difficult works for the driver were those executed in the productive time outside the tractor (HRwi = 119 bpm, HRwr = 56 bpm, HRR = 43.4 %). Binding, winching, moving at the auxiliary repository, bucking, hauling, and unbinding are regarded as the most difficult working operations (HRwi = 117.5 - 123.7 bpm). The comparison of the model difficulty calculation results of this study (8-hour model) with the permissible limits showed that the calculated model value of working heart rate (HRwr = 44.5 bpm) exceeded the permissible limit of 35 bpm. This data together with the fact that the work load constantly increased throughout the working day meant that the work of the tractor driver was in our case too difficult.

During the study the exposure of the driver to noise according to the equivalent sound pressure level (LAeq) was 92 dB(A). The driver was more exposed to noise during the productive time (94.1 dB(A)) and within this period the most when conducting works outside the tractor (97.4 dB(A)). The main reason for this was the usage of a chainsaw, which is also confirmed by other studies. Thus the exposure to noise was the highest in working operations with a chainsaw (bucking at the auxiliary repository, assisting the wood cutter inside the organization delays). The exposure to noise during loaded and unloaded drive equaled 84.8 and 83.9 dB(A). The calculated model (8-hour model) value of exposure to noise was 89.7 dB(A) according to the equivalent sound pressure level which takes into account also the impulsive noise (LAeq.kor). The comparison of the result with the values from the Rules on the Protection of Workers related to Exposure to Noise at Work showed that the calculated value in the model calculation exceeded the bottom (80 dB(A)) and top (85 dB(A)) action value. By application of protective ear muffs which decrease the noise by 27 dB(A) in average, the threshold value of 87 dB(A) would not have been exceeded. Both action values (135 and 137 dB(C)) defined in the Rules were

also exceeded by the measured value of the peak noise pressure level (LCpeak), i.e. 140.7 dB(C). The threshold value (140 dB(C)) would not be exceeded with the consistent usage of the personal protection equipment.

The study showed that the total exposure to whole-body vibrations according to the weighted root-mean-square total value (RMS VTV) was 0.98 m/s^2 . It was established that the driver was more exposed to physical agents in the productive than in the unproductive time (1.08 m/s^2). The driver is the most exposed to physical burden during the tractor driving. The highest exposure to whole-body vibrations occurred during the ramping operation and the empty transport (1.53 m/s^2). These were followed by the full transport (1.51 m/s^2) and both movements. The total exposure to whole-body vibrations according to the fourth power vibration dose total value (VDV VTV) was $41.22 \text{ m/s}^{1.75}$. In this case the wood piling was the most difficult working operation ($32.41 \text{ m/s}^{1.75}$). It was followed by loaded ($29.99 \text{ m/s}^{1.75}$) and unloaded transport ($25.12 \text{ m/s}^{1.75}$) and delays due to work organization (implementation of forest regulations) ($23.97 \text{ m/s}^{1.75}$). The comparison of the calculated values (0.89 m/s^2 and $41.97 \text{ m/s}^{1.75}$) with the Rules on the protection of workers related to exposure to vibrations at work showed that the calculated value according to RMS VTV value exceeded only the action value of daily exposure (0.5 m/s^2), while the calculated value according to VDV VTV value exceeded the action value ($9.1 \text{ m/s}^{1.75}$) as well as the threshold value of daily exposure ($21 \text{ m/s}^{1.75}$).

The findings of the study show that the work was too excessive and that the tractor driver was overexposed to noise and whole-body vibrations during the study. It was established that the calculated model values exceed the established international norms and legally accepted thresholds of daily exposures. It was also confirmed that the indices of openness with forest and skidding roads significantly influence on the measured factors.

The following actions are suggested as measures to effectively decrease the work load and exposures: the decrease of working tempo and the prolongation of a working day, preparation of optimum loads according to working conditions, and the implementation of mandatory rotation of working posts between a wood cutter and a tractor driver.

9 VIRI

Direktiva 2002/44/ES o minimalnih zdravstvenih in varnostnih zahtevah glede izpostavljenosti delavcev tveganjem iz fizikalnih dejavnikov (vibracij). 2002.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:177:0013:0019:EN:PDF>

(27. maj 2013)

Goglia V., Đukić I. 2005. Rezultati istraživanja nekih ergonomskih značajki skidera Ecotrac 120V te njihova kontrola nakon jedne godine uporabe: elaborat. Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet: 14 str.

Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Rog. 2007 – 2016. Kočevje, Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Kočevje.

Horvat D., Zečić Ž., Šušnjar M. 2007. Morphological characteristics and productivity of skidder Ecotrac 120V. Croatian Journal of Forest Engineering, 28, 1: 11-25

ISO 2631-1. Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: General requirements. 1997

Jack R. J., Oliver M., Dickey J. P., Cation S., Hayward G., Lee-Shee N. 2010. Six-degree-of-freedom whole-body vibration exposure levels during routine skidder operations. Ergonomics, 53, 5: 696-715

Klun J., Poje A. 2000. Spravilo lesa z zgibnim traktorjem IWAFUJI-41 in poškodbe sestoja pri sečnji in spravilu: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška Fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 140 str.

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

Košir B. 1996. Organizacija gozdarskih del. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 223 str.

Košir B. 1997. Pridobivanje lesa. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 330 str.

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

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

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

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

Obranovič A. 2010. Vpliv tehnike dela na obremenitev sekača z ropotom: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 31 str.

Odar L. 2011. Težavnost dela pri sečnji in spravilu lesa: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 36 str.

Payandeh M., Behrozi Lar M., Bagheri J., Khodarahm Poor Z. 2011. Effect of Forward Speed, Load and Cabin on Tractor Noise and the Health of Drivers. Journal of American Science, 7, 8: 759-765

Podatki o zaščitnih glušnikih Peltor

<http://peltorcomms.3m.com/World/Page.asp?PageNumber=121> (23. maj 2013)

Podatki o zgibnem traktorju Hittner Ecotrac 120V

http://hittner.hr/sumski-traktori/hrvatska/sumski_zglobni_traktor_ecotrac_120_v/ (13. nov. 2012)

Poje A., Potočnik I. 2007. Influence of working conditions on overlapping of cutting and ground skidding in group work. Croatian Journal of Forest Engineering, 28, 2: 157-167

Poje A., Potočnik I. 2008. Vrednotenje toplotnih obremenitev pri gozdnem delu. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 87, 89-99

Poje A. 2011. Vplivi delovnega okolja na obremenitev in težavnost dela sekača pri različnih organizacijskih oblikah dela: doktorska disertacija. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 242 str.

Potočnik I. 2009. Gozdne prometnice: študijsko gradivo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 221 str.

Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu. 2006. Ur. l. RS, št. 17/2006 (popr. 18/2006)

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

Pravilnik o osebni varovalni opremi, ki jo delavci uporabljajo pri delu. 1999. Ur. l. RS, št. 89/1999.

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

Seixas F., Barbosa R. F., Rummer R. 1999. Noise Level Determination in Forestry Machines. Forestry Engineering for Tomorrow, Machinery Technical Papers.
<http://www.srs.fs.usda.gov/pubs/1546> (15. apr. 2013)

SIST EN ISO 5349-1. Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration – Part 1: General requirements (ISO 5349-1:2001). 2002

SIST EN ISO 5349-2. Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration – Part 2: Practical guidance for measurement at the workplace (ISO 5349-2:2001). 2002

Šenica R. 2012. Obremenitev delavcev z ropotom pri sečnji in spravilu lesa: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 68 str.

Zakon o varnosti in zdravju pri delu. 2001 Ur. l. RS, št. 43/2011

Žmuc T. 2011. Vpliv tehnike dela na težavnost dela sekača: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 24 str.

Žunič G. 2010. Obremenitve traktorista pri spravilu lesa: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 53 str.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju, prof. Igorju Potočniku za vse uporabne nasvete in pripombe ter končen pregled magistrske naloge.

Hvala tudi recenzentu, prof. Janezu Krču za hitro in učinkovito recenzijo.

Velika zahvala gre somentorju, dr. Antonu Pojetu, brez katerega magistrska naloga zagotovo ne bi bila to kar je. Hvala za pomoč pri zbiranju podatkov na terenu, za pomoč pri obdelavi in analizi zbranih podatkov in hvala za pomoč pri zaključnem, najbolj pomembnem delu.

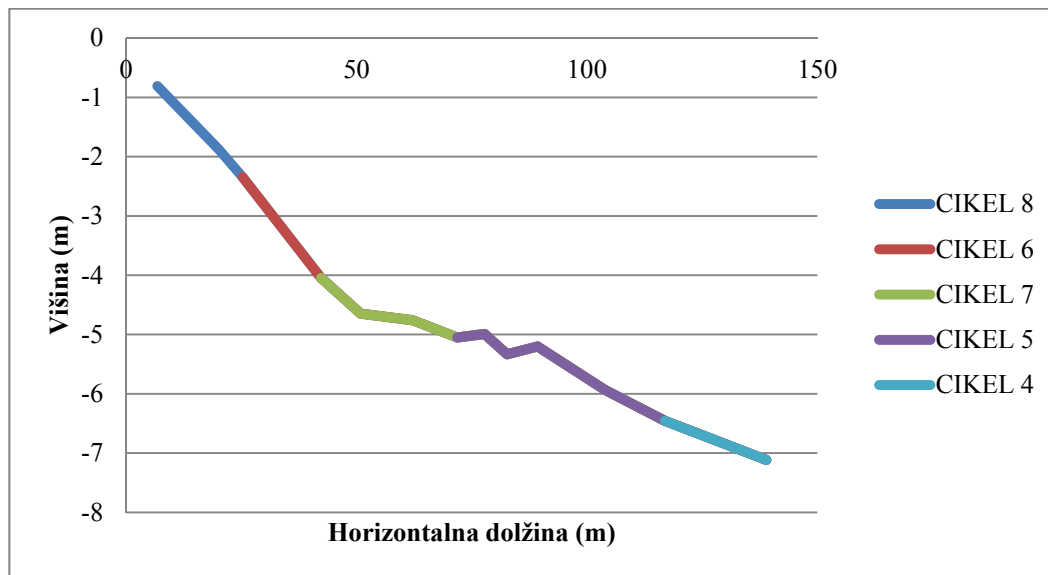
Hvala podjetju Gozdarstvo Grča d.d., predvsem gospodu Branku Južniču, Jožetu Zoretu in Stojanu Debeljaku ter seveda vsem trem delavcem, Boštjanu Ranisavljeviču, Matjažu Vidmarju in Branku Dramcu.

Predvsem pa dolgujem zahvalo svojim staršema, ki sta mi tako dolg študij omogočila. Danes sem tu predvsem zaradi vaju, zato še enkrat hvala lepa za vse.

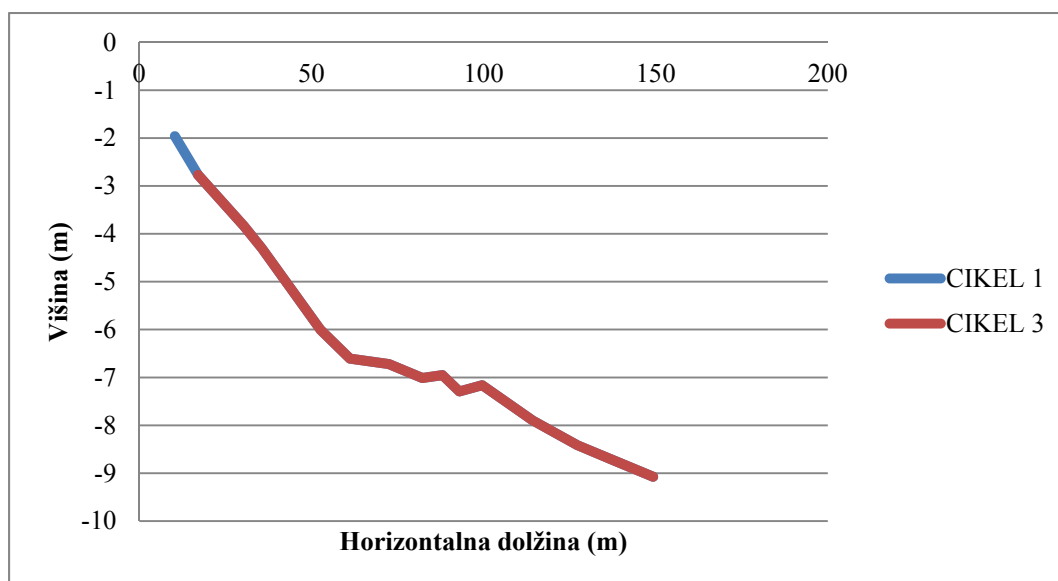
Za veliko mero potrpljenja, spodbujanja in skupnega preživljanja težkih, a lepih trenutkov v času študija se zahvaljujem svoji Ines.

PRILOGE

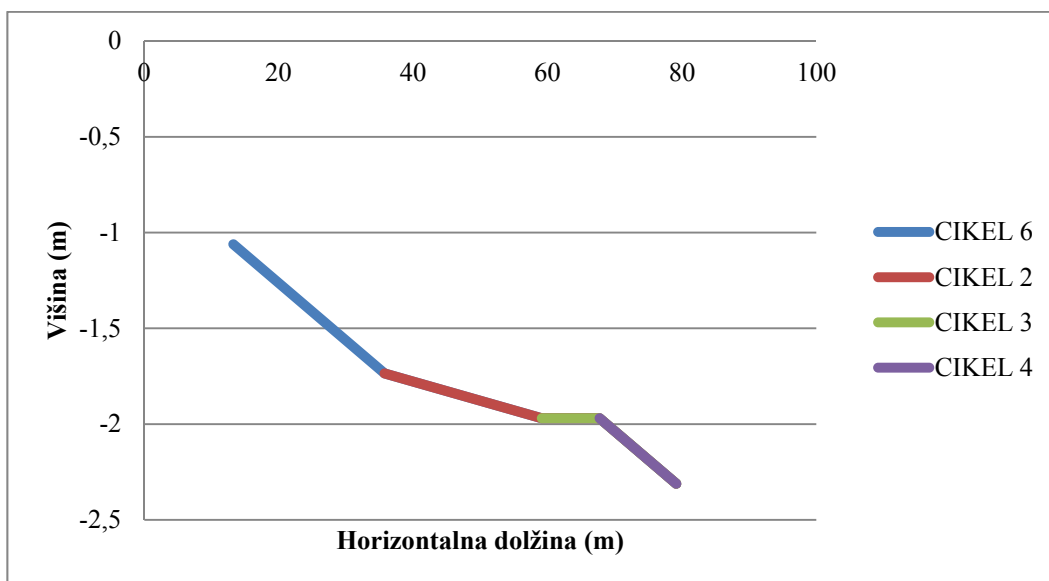
Priloga A: Podolžni profili vlak in posameznih odsekov (ciklov) za vsak delovni dan



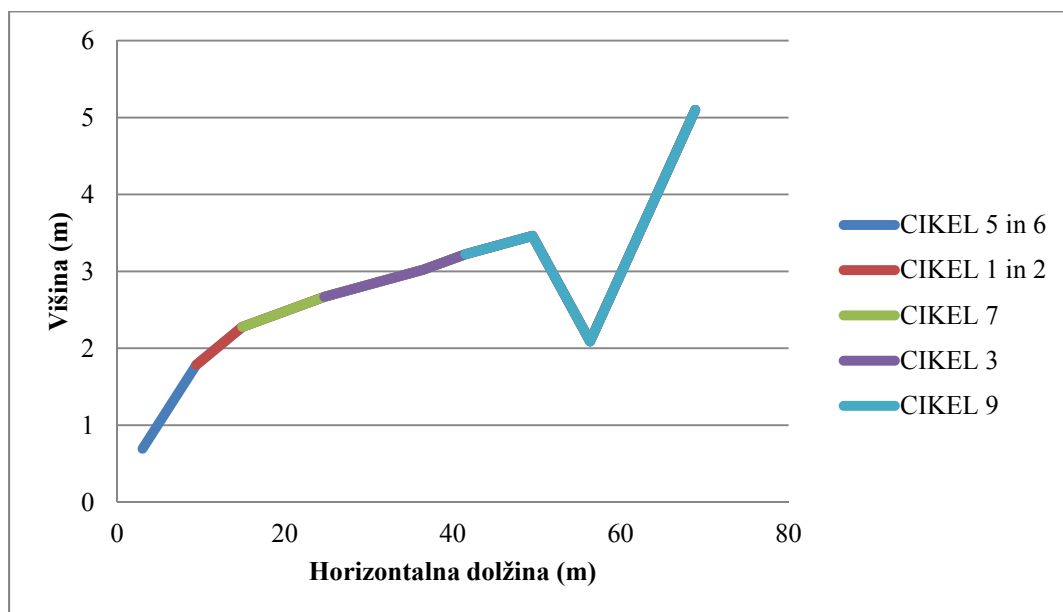
Slika 52: Podolžni profil vlake pri spravilu navzdol (1. snemalni dan)



Slika 53: Podolžni profil vlake pri spravilu navzdol (3. snemalni dan)



Slika 54: Podolžni profil vlake pri spravilu navzdol (4.snemalni dan)



Slika 55: Podolžni profil vlake pri spravilu navzgor (5.snemalni dan)