

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

Tomaž ŽMUC

**OBREMENITVE IN TEŽAVNOST DELA VOZNIKA
PRI PREVOZU LESA Z GOZDARSKIM KAMIONOM
MAN 28.480 TGS**

MAGISTRSKO DELO

Magistrski študij – 2. stopnja

Ljubljana, 2016

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

Tomaž ŽMUC

**OBREMENITVE IN TEŽAVNOST DELA VOZNIKA
PRI PREVOZU LESA Z GOZDARSKIM KAMIONOM
MAN 28.480 TGS**

MAGISTRSKO DELO
Magistrski študij – 2. stopnja

**WORKLOAD AND EXPOSURE TO WHOLE-BODY
VIBRATION AND NOISE OF DRIVER
TRANSPORTING TIMBER WITH FORESTRY
TRUCK MAN 28.480 TGS**

M. Sc. Thesis
Master Study Programmes

Ljubljana, 2016

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 Borut Šircelj s.p., Grosuplje.

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

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Član:

Datum zagovora:

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

Tomaž Žmuc

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Du2
DK	GDK 301+375.5(043.2)=163.6
KG	težavnost dela/obremenitve z ropotom/obremenitve s tresenjem/gozdarstvo/prevoz lesa
AV	ŽMUC, Tomaž
SA	POTOČNIK, Igor (mentor) /POJE, Anton (somentor)
KZ	SI – 1000 Ljubljana, Večna pot 83
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
LI	2016
IN	OBREMENITVE IN TEŽAVNOST DELA VOZNIKA PRI PREVOZU LESA Z GOZDARSKIM KAMIONOM MAN 28.480 TGS
TD	Magistrsko delo (magistrski študij – 2. stopnja)
OP	VIII, 70 str., 9 pregl., 11 sl., 40 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Magistrska naloga obravnava težavnost dela in obremenitve z ropotom in tresenjem voznika gozdarskega kamiona ter rezultate primerja z dopustnimi mejami, določenimi v evropski in slovenski zakonodaji. Meritve so potekale pri prevozu lesa z novim gozdarskim kamionom MAN 28.480 TGS, in sicer 10 snemalnih dni za potrebe ugotavljanja sestave delovnega časa in težavnosti dela ter en da za potrebe ugotavljanja obremenitev z ropotom in tresenjem. Rezultati so pokazali, da je delo za voznika kamiona pretežavno, saj delovni pulz, 43 u/min, presega mednarodno dogovorjene vrednosti. Poleg tega se težavnost dela preko celotnega delovnika povečuje. Najvišja težavnost dela je bila izmerjena med operacijama premik med nakladanjem (del. pulz = 56 u/min) in premik med razkladanjem (del. pulz = 53 u/min). Obremenitve z ropotom v osemurnem delavniku ($LA_{eq.kor.} = 77,0 \text{ dB(A)}$, $LC_{peak} = 126,7 \text{ dB(C)}$) so bile pod dopustnimi mejami. Nasprotno RMS in VDV obremenitve s tresenjem celega telesa ($RMS Y = 0,62 \text{ m/s}^2$, $VDV Y = 14,25 \text{ m/s}^{1,75}$) presegajo opozorilno vrednost dnevne izpostavljenosti. Voznik je z ropotom in tresenjem najbolj obremenjen pri nakladanju in razkladanju lesa ter pri vožnji po makadamu. S povečevanjem prevozne razdalje se obremenitve voznika gozdarskega kamiona z ropotom in tresenjem zmanjšujejo. Za varovanje zdravja in preprečitev poklicnih bolezni in poškodb je pri voznikih gozdarskega kamiona potrebno zmanjšati težavnost dela ter obremenitve s tresenjem v procesu nakladanja in razkladanja lesa.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Du2
 DC $301+375.5(043.2)=163.6$
 CX workload/noise loads/whole-body vibration/forestry/log transport
 AU ŽMUC, Tomaž
 SA POTOČNIK, Igor (supervisor) /POJE, Anton (co-advisor)
 KZ SI – 1000 Ljubljana, Večna pot 83
 PB University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources
 LI 2016
 IN WORKLOAD AND EXPOSURE TO WHOLE-BODY VIBRATION AND NOISE OF DRIVER TRANSPORTING TIMBER WITH FORESTRY TRUCK MAN 28.480 TGS
 TD M. Sc. Thesis (Master Study Programmes)
 OP VIII, 70 p., 9 tab., 11 fig., 40 ref.
 IJ sl
 JI sl/en
 AI The Master Thesis is detecting the rate of physical workload as well as the noise exposure and whole-body vibration of driver transporting timber in forestry truck in order to compare the results with the acceptable level as laid down in EU and Slovenian legislation. The recordings took place during transportation of timber with the new forestry truck MAN 28.480 TGS, ten recording days for the purpose of recognising the basic structure of working hours as well as physical workload and one day for the purpose of recognising the exposure to noise and whole-body vibration. The results showed that physical workload of the truck driver is too high, because the working pulse (HR_w) with 43 beats/min is above the internationally agreed level. Furthermore, the physical workload is increasing during working hours. The highest rate of workload was measured during operations of moving the truck while loading ($HR_w = 56$ beats/min) and unloading ($HR_w = 53$ beats/min). The noise exposure in eight working hours ($LA_{eq,kor} = 77,0$ dB(A), $LC_{peak} = 126,7$ dB(C)) was below the acceptable level. On the other hand, RMS values and VDV values of exposure to the whole-body vibration ($RMS\ Y = 0,62\ m/s^2$, $VDV\ Y = 14,25\ m/s^{1,75}$) exceeded the action value of daily exposure. The driver is most burdened with the noise exposure and whole-body vibration while loading and unloading cargo as well as while driving on macadam road. The longer is the distance travelled the more is exposure to noise and whole-body vibration of forestry truck driver decreasing. In order to protect health and to prevent occupational diseases and injuries the physical workload and exposure to the whole-body vibration of the forestry truck driver should be reduced in the process of loading and unloading.

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 TEŽAVNOST DELA	3
2.2 ROPOT	4
2.3 TRESENJE	6
3 NAMEN IN HIPOTEZE	11
4 METODE RAZISKOVANJA	12
4.1 OBJEKTI RAZISKAVE.....	12
4.1.1 Voznik in njegove značilnosti	12
4.1.2 Gozdarski kamion, nakladalna naprava in gozdarska prikolica	12
4.1.3 Opis objektov.....	14
4.2 METODE ZBIRANJA PODATKOV	14
4.3 POTEK MERITEV IN MERILNE NAPRAVE.....	15
4.3.1 Pulz med delom	15
4.3.2 Tresenje	15
4.3.3 Ropot	16
4.4 METODE OBDELAVE PODATKOV	17
4.5 KAZALNIKI TEŽAVNOSTI DELA IN OBREMENITEV, DEFINICIJE, DOPUSTNE MEJE TER IZRAČUN TEŽAVNOSTI DELA IN OBREMENITEV.....	18
4.5.1 Težavnost dela	18
4.5.2 Obremenitve z ropotom	20

4.5.3	Obremenitve celega telesa s tresenjem	23
4.6	DELOVNE OPERACIJE IN OBLIKOVANJE MODELOV	27
5	REZULTATI	31
5.1	ČAS IZPOSTAVLJENOSTI DEJAVNIKOM DELOVNEGA OKOLJA.....	31
5.2	TEŽAVNOST DELA VOZNIKA GOZDARSKEGA KAMIONA TER PRIMERJAVA Z DOPUSTNIMI MEJAMI	37
5.3	OBREMENITEV VOZNIKA GOZDARSKEGA KAMIONA Z ROPOTOM TER PRIMERJAVA Z DOPUSTNIMI MEJAMI	40
5.4	OBREMENITEV VOZNIKA GOZDARSKEGA KAMIONA S TRESENJEM CELEGA TELESA TER PRIMERJAVA Z DOPUSTNIMI MEJAMI.	45
6	RAZPRAVA.....	50
6.1	ČASOVNA STRUKTURA IN IZPOSTAVLJENOST DELAVCA.....	50
6.2	TEŽAVNOST DELA VOZNIKA GOZDARSKEGA KAMIONA.....	53
6.3	OBREMENITEV VOZNIKA GOZDARSKEGA KAMIONA Z ROPOTOM ...	56
6.4	OBREMENITEV VOZNIKA GOZDARSKEGA KAMIONA S TRESENJEM CELEGA TELESA	59
7	SKLEPI.....	62
8	POVZETEK	64
9	VIRI.....	67

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Obremenitev šoferjev z ropotom med delovnimi operacijami pri prevozu lesa	5
Preglednica 2: Rezultati tresenja glede na smer (X, Y, Z) po posameznih delovnih operacijah (Medved, 1983).....	8
Preglednica 3: Rezultati tresenja glede na smer (X, Y, Z in VTV) po posameznih delovnih operacijah in povprečno v produktivnem delovnem času (Lipoglavšek in Trkman, 1986)..	9
Preglednica 4: Tehnične karakteristike delovnih sredstev	13
Preglednica 5: Struktura delovnega časa	32
Preglednica 6: Analiza nakladanja in razkladanja	34
Preglednica 7: Težavnost dela	38
Preglednica 8: Obremenitve voznika gozdarskega kamiona z ropotom	42
Preglednica 9: Obremenitve voznika gozdarskega kamiona s tresenjem.....	46

KAZALO SLIK

Slika 1: Smeri tresenja v sedečem položaju delavca (Nezavezujoči vodnik..., 2007).....	7
Slika 2: Gozdarski kamion z nakladalno napravo in prikolico (Foto: Tomaž Žmuc).	12
Slika 3: Prevožena pot v prvem snemalnem dnevu.	14
Slika 4: Položaj adapterja Brüel&Kjaer 4515 na sedežu v kabini (levo) ter na nakladalni napravi (desno) (Foto: Tomaž Žmuc).....	16
Slika 5: Položaj mikrofona Brüel&Kjaer 4189 za merjenje ropota v kabini kamiona (levo) ter pri delu zunaj kabine (desno) (Foto: Tomaž Žmuc).....	17
Slika 6: Struktura delovnega časa po delovnih operacijah v desetih snemalnih dneh ter skupno.....	36
Slika 7: Potek pulza med delom v šestem snemalnem dnevu.	39
Slika 8: Vrednosti pulza med delom glede na del delovnika.	40
Slika 9: Prikaz ekvivalentne jakosti ropota preko snemalnega dne.	41
Slika 10: Frekvenčni spekter ropota.	44
Slika 11: Prikaz jakosti tresenja preko snemalnega dne.....	45

1 UVOD

Varovanje človekovega zdravja je eno od osnovnih družbenih prizadevanj. Danes, ko tehnična zmogljivost, zanesljivost, ekonomičnosti in delovni učinki strojev ne predstavljajo več največje težnje po razvoju, se pojavljajo vse večje ergonomske zahteve, ki bi v prvi vrsti varovale delavca pred poškodbami in poklicnimi boleznimi ter mu nudile čim bolj udobne delovne razmere. Razvoj v neki meri vodijo tudi mednarodni predpisi, ki z dopustnimi mejnimi vrednostmi za posamezno obremenitev varujejo delavca in njegovo zdravje.

Fizično oziroma telesno udobje delavca je osnovna ergonomska zahteva za varno in zdravo delo s stroji (Šilc, 2015). Tresenje je pomemben dejavnik delovnega okolja, ki se pojavlja pri mehaniziranem delu v gozdu in ki neugodno vpliva na delavca. To so mehanična nihanja, ki se po različnih sestavnih delih strojev prenašajo na človeka, ki stroje upravlja ali jih uporablja (Lipoglavšek in Kumer, 1998). Pri tresenju je poleg jakosti pomembna tudi frekvenca tresenja. Tudi ropot, ki nastane z mehaničnimi nihanji strojnih delov in povzroča nihanje zraka (Lipoglavšek in Trkman, 1986), ima svoje značilnosti, ki lahko neprijetno ali škodljivo delujejo na človeka oz. njegovo zdravje.

Prevoz lesa, še zlasti njegovo nakladanje, je bilo v času brez mehanizacije zelo zahtevno in fizično naporno delo. V zadnjih desetletjih se je pojavil velik napredek in razvoj pri prevozu lesa. Z razvojem strojev in naprav se je bistveno povečal dnevni učinek prevoza lesa, zmanjšal se je fizično naporni del prevoza, medtem ko se negativni vplivi na človekovo telo še vedno niso odpravili. Prav nasprotno, pojavile so se nove vrste obremenitev, katerih negativne vplive na človekovo telo težko kvantificiramo, negativni vpliv na človekov organizem pa težko predvidimo. Tako se pri voznikih pogosto pojavljajo poklicne bolezni, kot so aritmija in druge bolezni srca, poškodbe hrbtenice, okvara vida, sluha ter poškodbe drugih organov (Medved, 1983; Lipoglavšek in Trkman, 1986; Lipoglavšek in Kumer, 1998, Šinigoj, 2011).

Posebnost dela voznika gozdarskega kamiona je, v primerjavi z večino drugih kamionskih prevozov, delo z nakladalno napravo in večji delež vožnje po makadamskih gozdnih cestah. Glavni negativni dejavniki iz okolja, ki vplivajo na voznika gozdarskega kamiona,

so tako ropot, tresenje, plini, prah in druge psihofizične obremenitve (Medved, 1983). Ker pa voznik opravlja delo tudi na nakladalni napravi, so pomembni še vremenski vplivi, kot so dež, sneg, mraz, prepih, poletne visoke temperature in sončno sevanje.

V primerjavi s kamioni, ki so se v drugi polovici 20. stoletja uveljavili kot oblika prevoza lesa na ozemlju Slovenije, naj bi bila sodobna tehnologija prevoza lesa ergonomsko bolj oblikovana. Da bi preverili to trditev, smo se v okviru te magistrske naloge odločili analizirati obremenitve voznika gozdarskega kamiona z ropotom in tresenjem ter težavnost dela pri prevozu lesa, saj od 80. let naprej nimamo nobene raziskave s tega področja.

2 DOSEDANJE RAZISKAVE

Tema o fizičnih obremenitvah voznika gozdarskega kamiona je bila, tako v svetovnem kot v slovenskem prostoru, že v preteklosti precej neraziskana. Glavna vira dosedanjih raziskav v slovenskem prostoru sta bila Lipoglavškova in Trkmanova izdaja Obremenitve šoferjev gozdarskih kamionov (1986) ter diplomsko delo Mirka Medveda z naslovom Obremenjenost šoferjev s tresenjem pri kamionih Magirus (1983). Vendar pa se je od 80. let, ko so bile narejene te raziskave, tehnologija prevozov lesa zelo spremenila. Zato smo se pri pregledu dosedanjih raziskav posvetili tudi tujim člankom, ki so ali prosto dostopni na spletu ali pa smo jih poiskali v podatkovni bazi Web of Science. Za iskanje po svetovnem spletu smo tako uporabljali predvsem naslednje ključne besede: forestry, truck driver, heart rate, noise, vibration, exhaust, body, health, exposure duration, log, logging, loading, unloading, transport. Literatura navaja predvsem obremenitve voznikov kamiona v kabini. Delo voznika gozdarskega kamiona pa je toliko bolj specifično, saj velik delež svojega dela opravi izven kabine. Za podrobnejšo analizo obremenitev je potrebno preučiti še delo na nakladalni napravi.

2.1 TEŽAVNOST DELA

Težavnost dela se je z uvedbo mehaniziranega transporta, še posebej pri nakladanju in razkladanju, zmanjšala, povečalo se je statično delo, pojavile pa so se še druge mehanske in psihične obremenitve iz delovnega okolja, ki se kot skupek odražajo tudi v vrednostih pulza. Z merjenjem srčnega utripa lahko tako na zelo preprost način ugotovimo celotno obremenitev delavca (Žmuc, 2011). Za ugotavljanje mentalnih obremenitev so nekateri raziskovalci uporabili variabilnost pulza (Berger, 2003), katerega osnova so meritve časa med dvema zaporednima pulzoma. Pulz med delom in krvni tlak se pri delu z manjšimi mišicami poveča bolj kot pri delu z večjimi mišicami pri enaki obremenitvi (Smolander in Lauhevaara, 1998). Težavnost dela najučinkoviteje zmanjšujemo z odmori oz. z okrevanjem (ang. recovery time) (Poje, 2011). Seveda pa za ugotavljanje težavnosti obstajajo še druge metode. Med njimi je ena najpogostejših metod merjenje porabe kisika (maksimalna aerobna kapaciteta – VO_{2max}), ki pa ima svoje zahteve in jo je na terenskih meritvah težko izvajati (Poje, 2011).

Pri pregledu dosedanjih raziskav na temo težavnosti dela si bomo pogledali nekaj vrednosti pulza, ki se pojavljajo pri upravljanju večjih in težjih vozil oz. pri duševno rutinskem delu, kamor spada tudi delo voznika gozdarskega kamiona (Lipoglavšek in Kumer, 1998), saj so podatki o težavnosti dela voznika gozdarskega kamiona zelo skopi. Tako je na primer pri mehanizirani sečnji in spravilu lesa, s stroji za sečnjo in zgibnimi polprikoličarji, vrednost povprečnega delovnega pulza 17,1 u/min oz. 16,4 u/min (Stampfer, 1997), pri voznikih avtobusov se giblje pulz med delom med 74 u/min in 81 u/min (Mackie, 1978), pri voznikih kamionov na daljših razdaljah pa med 79,3 u/min in 80,0 u/min (Stoynev in Minkova, 1997).

2.2 ROPOT

Zaradi številnih neugodnih in škodljivih posledic izpostavljenosti ropotu moramo, da bi delavca pred njimi lahko zavarovali, poznati značilnosti ropota med delom. Ropot pri delovanju strojev nastaja tako, da mehanična nihanja strojnih delov povzročajo nihanje zraka. Značilnosti teh nihanj so jakost, frekvenca, pogostnost in trajanje ropota (Lipoglavšek in Trkman, 1986).

Lipoglavšek in Trkman (1986) sta pri analizi frekvenčnega spektra ugotovila najvišje jakosti ropota pri nizkih frekvencah, kjer je človek manj občutljiv. Slišnost človeškega ušesa ni enakomerna pri vseh frekvencah. Meja slišnosti se spreminja s frekvenco. Najnižji prag slišnosti je pri približno 3000 Hz, zato praviloma najbolje slišimo v frekvenčnem območju med 1000 in 4000 Hz (Bilban, 2005). Pri prostem teku motorja so izrazito poudarjene nizke frekvence (31,5 Hz), kjer jakost ropota presega tudi 100 dB. Skupna jakost ropota v prostem teku motorja znaša med 55 dB(A) in 70 dB(A), kar še ne ogroža zdravja, pač pa moti delo. Jakost ropota se s povečevanjem vrtljajev motorja povečuje približno linearno (Lipoglavšek in Trkman, 1986). Med polnim plinom je jakost ropota znašala od 75 dB(A) do 90 dB(A), kar že predstavlja nevarnost za voznikovo zdravje. Jakost ropota med samo vožnjo je običajno nekje med temi vrednostmi, vsekakor pa se lahko pojavljajo tudi drugačne jakosti, saj obremenjen motor bolj ropota, ropot pa prihaja še iz drugih virov (Lipoglavšek in Trkman, 1986). Vsak vir ropota ima značilno sliko frekvenčnega območja ropota, ki se razlikuje od slik drugih virov (Poje, 2011). Minimalne

jakosti ropota so bile po raziskavi Lipoglavška in Trkmana (1986) najpogostejše v razredu od 60 dB(A) do 70 dB(A), maksimalne pa najpogostejše od 90 dB(A) do 95 dB(A) in le izjemoma preko 100 dB(A). Jakost je najmočnejše nihala med prekladanjem lesa, precej manj pa pri vožnji po asfaltnih cestah. Ekvivalentna jakost ropota je bila največja pri delovnih operacijah nakladanje in razkladanje, vendar pa se je pri kamionih s slabšo zvočno izolacijo kabine primerilo, da je bila jakost ropota višja pri vožnji kamiona. Ropot pri polni vožnji je bil običajno višji kot ropot pri prazni vožnji. Prav tako je bil ropot pri vožnji po makadamu višji kot pri vožnji po asfaltu. Meritve kažejo tudi na to, da manj zmogljivi kamioni delajo več časa z visokim številom vrtljajev motorja, zato je tudi obremenitev voznikov z ropotom temu primerno večja (Lipoglavšek in Kumer, 1998).

Preglednica 1: Obremenitev šoferjev z ropotom med delovnimi operacijami pri prevozu lesa.

DELOVNA OPERACIJA	L_{ekv} dB(A)
Prazna vožnja asfalt	80
Prazna vožnja makadam	82
Nakladanje	84
Polna vožnja makadam	82
Polna vožnja asfalt	82
Razkladanje	84
Produktivni čas	83
Delovni čas	82

V raziskavi (Neitzel in Yost, 2002), kjer so hkrati ugotavljali obremenitve voznika gozdarskega kamiona s tresenjem celega telesa, tresenjem na predelu roka – dlan ter obremenitve voznika z ropotom, so za analizo obremenitev z ropotom uporabili ameriški predpis NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health), pri katerem je mejna vrednost, izračunana na referenčno obdobje osmih ur 80 dB(A), kritična pa 85 dB(A). Dnevna izpostavljenost voznika gozdarskega kamiona je znašala 83,59 dB(A) in tako presegla mejno vrednost, kritične pa ne.

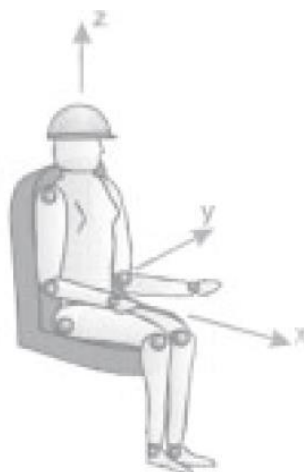
Na svetovnem spletu je dostopnih veliko sodobnih raziskav na temo obremenitev voznikov kamionov z ropotom, vendar je težko najti analize obremenitev voznikov gozdarskih kamionov. Glavna posebnost gozdarskega transporta je delo z nakladalno napravo ter večji

delež vožnje po neravni podlagi (makadamu). Vseeno smo si ogledali še nekaj raziskav, opravljenih na negozdarskih kamionih, predvsem z vidika razlik obremenjenosti glede na vrsto kamiona in vrsto dela. V San Franciscu (Tubbs, 1999) so prevoznikom gradbenega materiala (cementa) merili ekvivalentno jakost ropota v kabini. V vseh 16 primerih je bila predpisana mejna vrednost 85 dB(A) presežena, in sicer so bile vrednosti ekvivalentne jakosti ropota, izračunane na obdobje osmih ur ($Lex(8h)$), med 87,1 dB(A) in 92,5 dB(A). Pri voznikih kamionov (convoy truck driver) so v Braziliji (Lacerda in sod., 2015) ugotovili višje jakosti dnevne izpostavljenosti ropotu ($Lex(8h)$), in sicer od 90 dB(A) do 94,9 dB(A). Tudi pri voznikih gozdarskih kamionov (WorkSafeBC, 2016) je bila ugotovljena vrednost za osemurno izpostavljenost ropotu enaka 91 dB(A), kar je nad dopustno vrednostjo 85 dB(A).

2.3 TRESENJE

Tresenje so mehanična nihanja, ki se na voznikovo telo prenašajo preko različnih delov stroja (sedeža z naslonjalom, krmila, ročic, pedal, dna kabine kamiona) in ga povzroča delovanje posameznih delov kamiona ter vožnja po neravni podlagi (Medved, 1983). Je dejavnik delovnega okolja, ki neugodno vpliva na počutje in zdravje delavca. Jakost tresenja se povečuje s hitrostjo vožnje in z vožnjo po neravnem terenu, zmanjšuje pa s težo bremena (Cation in sod., 2007, Marsili in sod. 1998). Za vrednotenje vpliva tresenja na voznika je pomembna jakost, frekvenca, smer, trajanje tresenja ter tudi mesto, kjer se prenaša na človekovo telo (Medved, 1983; Lipoglavšek in Kumer, 1998). Tresenje kot parameter je lahko problematično iz več vidikov. Zaradi tresenja se človeku najprej zmanjša udobnost dela, če je tresenje bolj intenzivno, se zmanjša delovna sposobnost, najbolj problematična pa je seveda jakost tresenja, kjer je ogroženo človekovo zdravje (ISO 2631-1, 1997).

Človek je na tresenje v različnih smereh različno občutljiv, zato smer delovanja tresenja pomembno vpliva na obremenitev. Najbolj je občutljiv na nižje frekvence tresenja, pri katerih prihaja v resonanco celo telo in kjer nastajajo kompleksne poškodbe organov. Prav tako so za posamezne organe lahko škodljive tudi višje frekvence (Lipoglavšek in Trkman, 1986).



Slika 1: Smeri tresenja v sedečem položaju delavca (Nezavezujoči vodnik..., 2007).

Tresenje pri motornih vozilih lahko izvira iz notranjih ali zunanjih dejavnikov. Notranji dejavniki povzročajo predvsem visokofrekvenčno tresenje, ki nastaja zaradi delovanja motorja, zunanji dejavniki pa povzročajo predvsem nizkofrekvenčno tresenje, ki nastaja zaradi premikanja vozila oz. vožnje (Lipoglavšek in Trkman, 1986). V primeru nakladanja in razkladanja lesa se na sedežu nakladalne naprave poleg delovanja motorja pojavljajo še drugi, notranji viri tresenja, ki nastajajo kot posledica delovanja oljnih črpalk, zunanji vplivi pa so masa vozila, stabilizacijo vozila, način in mesto pritrditve nakladalne naprave na kamion, dolžina ročice nakladalne naprave (Lipoglavšek in Trkman, 1986) ter tudi način in hitrost dela z nakladalno napravo.

Medved (1983) je v svoji diplomski nalogi ugotavljal obremenjenost šoferjev s tresenjem na treh različnih tipih kamionov: Magirus 232 D (171 kW, z dvoosno polprikolico), Magirus 270 D (199 kW, z dvoosno polprikolico) in Magirus 310 D (228 kW, solo). Medved (1983) je delo voznika gozdarskega kamiona razdelil na 6 delovnih operacij: prazna vožnja asfalt, prazna vožnja makadam, nakladanje, polna vožnja makadam, polna vožnja asfalt in razkladanje. Tresenje so merili tako na sedežu kamiona kot tudi na sedežu nakladalne naprave (v času nakladanja in razkladanja). V preglednici so podane najvišje in najnižje izračunane jakosti tresenja med posamezno delovno operacijo glede na tip kamiona.

Preglednica 2: Rezultati tresenja glede na smer (X, Y, Z) po posameznih delovnih operacijah (Medved, 1983).

DELOVNA OPERACIJA	RMS X (m/s ²)	RMS Y (m/s ²)	RMS Z (m/s ²)
Prazna vožnja asfalt	0,24 - 0,26	0,15 - 0,38	0,54 - 3,32
Prazna vožnja makadam	0,44 - 0,74	0,39 - 0,58	1,24 - 2,23
Nakladanje	0,07 - 0,47	0,44 - 0,87	0,15 - 0,34
Polna vožnja makadam	0,28 - 0,41	0,28 - 0,39	0,43 - 0,83
Polna vožnja asfalt	0,21 - 0,32	0,18 - 0,32	0,31 - 0,72
Razkladanje	0,12 - 0,48	0,50 - 0,70	0,21 - 0,46

Najvišje jakosti tresenja oz. RMS vrednosti (izračunane po takratnem standardu ISO 2631) so bile izmerjene med prazno vožnjo po makadamu, in sicer v vertikalni smeri. RMS vrednosti predstavljajo povprečno jakost tresenja oz. pospešek, ki temelji na kvadratični sredini in se ugotavlja po vseh treh smereh (X, Y, Z) (poglavje 4.5.3). Tudi pri nižji skupni jakosti med polno vožnjo prevladuje vertikalna smer. Tresenje med nakladanjem in razkladanjem (na sedežu nakladalne naprave) je bilo v vertikalni smeri najnižje, najvišje pa v aksialni smeri. Iz analize so torej ugotovili, da je voznik gozdarskega kamiona s tresenjem najbolj obremenjen med prazno vožnjo, ko so višje tudi hitrosti vožnje (Medved, 1983).

V Sloveniji je bila v letih od 1981 do 1984 opravljena še ena raziskava o tresenju gozdarskih kamionov (Lipoglavšek in Trkman, 1986). V raziskavo je bilo vključenih 16 različnih kamionov, v starosti od 1 do 11 let, z različnimi nakladalnimi napravami in različnimi polprikolicami. Za izračun tresenja so upoštevali takratni standard ISO 2631.

Preglednica 3: Rezultati tresenja glede na smer (X, Y, Z in VTV) po posameznih delovnih operacijah in povprečno v produktivnem delovnem času (Lipoglavšek in Trkman, 1986).

DELOVNA OPERACIJA	RMS X (m/s ²)	RMS Y (m/s ²)	RMS Z (m/s ²)	RMS VTV (m/s ²)
Prazna vožnja asfalt	0,77	0,82	1,20	1,69
Prazna vožnja makadam	1,23	1,24	1,62	2,46
Nakladanje	1,19	1,17	0,63	1,85
Polna vožnja makadam	0,97	0,97	0,88	1,67
Polna vožnja asfalt	0,59	0,67	0,71	1,18
Razkladanje	0,82	0,80	0,51	0,89
Povprečno v produktivnem času	0,99	0,99	0,94	1,72

Rezultati raziskave (Lipoglavšek in Trkman, 1986) so pokazali, da je tresenje v horizontalni in aksialni smeri zelo podobnih jakosti, dosega pa večje jakosti kot tresenje v vertikalni smeri. Jakost tresenja je po vseh smereh največja pri prazni vožnji po makadamu, kjer je v horizontalni in aksialni smeri tresenje večje kot v vertikalni smeri. Najnižje vrednosti tresenja v vertikalni smeri so pri razkladanju, v horizontalni in aksialni smeri pa pri polni vožnji po asfaltu.

Leta 1978 je Griffin opravil raziskavo (Griffin, 1978) o tresenju pri 16 različnih cestnih vozilih in ugotovil, da je tresenje oz. pospešek tresenja v vertikalni smeri približno od 2- do 3-krat višji kot v aksialni in horizontalni smeri, kjer je tresenje približno enako (upoštevano takratni standard ISO 2631). Pri neobremenjenem gozdarskem kamionu (z maso 9750 kg) so bile vrednosti tresenja znatno višje od vseh obravnavanih vozil.

Novejše raziskave (Neitzel in Yost, 2002) kažejo manjše obremenitve voznikov gozdarskih kamionov s tresenjem, kar nakazuje na to, da so sodobni kamioni ergonomsko bolje oblikovani. RMS vrednosti so najnižje v aksialni (Y) smeri (0,25 m/s²), višje v horizontalni (X) smeri (0,33 m/s²) in najvišje v vertikalni (Z) smeri (0,51 m/s²), upoštevajoč standard 2631/1–1985 (Neitzel in Yost, 2002). Kot smo rekli, se tresenje prenaša na človekovo telo preko različnih delov stroja in naprav, zato so bile istočasno, v trajanju meritev 1073 min, opravljene meritve (Neitzel in Yost, 2002) tudi na relaciji roka – dlan (upoštevajoč standard ISO 5349–1986), kjer se je v snemalnem času – v primerjavi s tresenjem celega

telesa, pokazala bistveno nižja obremenjenost v vertikalni smeri ($0,17 \text{ m/s}^2$), v horizontalni in aksialni smeri pa so jakosti tresenja oz. vibracije dokaj podobne ($0,28 \text{ m/s}^2$ in $0,29 \text{ m/s}^2$).

Kot primer novejšje študije, predvsem iz vidika primerjave novejših in starejših kamionov, kot jo bomo v razpravi opravili tudi v tej nalogi, predstavljamo še raziskavo iz ZDA (Mayton in sod., 2007), kjer so opravili analizo med razlikami v tresenju med starejšimi in novimi kamioni, sicer namenjenimi prevozu blaga. V vzorec starejših so bili vključeni štirje kamioni starosti med 15 in 29 let, novejša pa sta bila dva, oba v prvem letu delovanja. RMS vrednost je bila v skoraj vseh primerih najvišja v vertikalni (Z) smeri, izjema je bil le en kamion starosti 15 let. Glede na starejše kamione se je v petih od sedmih primerov zgodilo, da je jakost tresenja presegla opozorilno vrednost ($0,5 \text{ m/s}^2$) dnevne izpostavljenosti Evropske direktive (2002/44/ES), v dveh primerih je bila presežena celo mejna vrednost ($1,15 \text{ m/s}^2$) dnevne izpostavljenosti. RMS vrednosti v vertikalni smeri pri starejših kamionih variirajo od $0,41 \text{ m/s}^2$ do $1,83 \text{ m/s}^2$, povprečna vrednost pa znaša $0,99 \text{ m/s}^2$. Pri novejših kamionih je bil ugotovljen manjši razpon vrednosti tresenja v Z smeri, in sicer od $0,38 \text{ m/s}^2$ do $0,95 \text{ m/s}^2$, povprečna vrednost pa je bila v primerjavi s starejšimi kamioni nižja in je znašala $0,58 \text{ m/s}^2$. Novejši kamioni so presegli opozorilno mejo v štirih od osmih primerov (poskusih), mejna vrednost pa ni bila presežena v nobenem primeru. VTV vrednosti po kazalniku RMS so bile pri starejših kamionih v razponu od $0,70 \text{ m/s}^2$ do $2,59 \text{ m/s}^2$, v štirih od sedmih primerov so bile višje od $1,40 \text{ m/s}^2$ (povprečje $1,44 \text{ m/s}^2$). Pri novejših kamionih so bile tudi VTV vrednosti kazalnika RMS v manjšem razponu kot vrednosti pri starejših kamionih, saj so bile v razredu od $0,69 \text{ m/s}^2$ do $1,59 \text{ m/s}^2$, s povprečno vrednostjo $1,02 \text{ m/s}^2$. Zanimivo je, da so vsi starejši kamioni dosegli nižje vrednosti skupne doze tresenja (VDV) od predpisane opozorilne vrednosti ($9,1 \text{ m/s}^{1,75}$), medtem, ko je bila ta vrednost pri novejših kamionih v treh od osmih primerov presežena ($9,18 \text{ m/s}^{1,75}$, $12,58 \text{ m/s}^{1,75}$, $13,21 \text{ m/s}^{1,75}$). Razloge za višje VDV vrednosti novejših kamionov so avtorji raziskave pripisovali vplivu ceste (podlage) in razlikam med vožnjo posameznega voznika (način ustavljanja, obračanja).

3 NAMEN IN HIPOTEZE

Namen magistrske naloge je ugotoviti težavnost dela in obremenitve voznika gozdarskega kamiona z ropotom in tresenjem celega telesa ter ugotovljene vrednosti primerjati z dopustnimi mejami. Na podlagi predhodnih raziskav in ergonomsko vse bolj izpopolnjene tehnologije smo oblikovali naslednje delovne hipoteze.

1. Težavnost dela voznika gozdarskega kamiona je pod dopustnimi mejami.
2. Obremenitve voznika gozdarskega kamiona z ropotom so pod dopustnimi mejami.
3. Obremenitve voznika gozdarskega kamiona s tresenjem celega telesa so pod dopustnimi mejami.

4 METODE RAZISKOVANJA

V tem poglavju predstavljamo metode zbiranja podatkov in njihovo laboratorijsko obdelavo, opise merilnih instrumentov, vozila, voznika, delovnih operacij, kazalnikov obremenitev in njihove definicije ter primerjavo obremenitev z veljavnimi slovenskimi in mednarodnimi pravnimi dokumenti in predpisi.

4.1 OBJEKTI RAZISKAVE

4.1.1 Voznik in njegove značilnosti

Voznik, ki smo ga izbrali za potrebe naše raziskave, delo voznika opravlja že 4,5 leta. Star je 27 let, visok 188 cm, težak 85 kg, je poročen. Pri podjetju je ves čas zadolžen za delo na gozdarskem kamionu z nakladalno napravo in prikolico. Z delom na kamionu in z nakladalno napravo, s katerima je delo opravljal za potrebe naše raziskave, je imel polletne delovne izkušnje, prikolica pa je ista že od samega prihoda k podjetju.

4.1.2 Gozdarski kamion, nakladalna naprava in gozdarska prikolica

Delovna sredstva, ki jih je voznik uporabljal pri delu, so bila ves čas meritev ista. To je tovorno vozilo MAN 28.480 TGS z nakladalno napravo Tajfun Liv ter priklopno vozilo proizvajalca SCHWARZMÜLLER. Specifikacije delovnih sredstev so prikazane v spodnji preglednici (preglednica 4).



Slika 2: Gozdarski kamion z nakladalno napravo in prikolico (Foto: Tomaž Žmuc).

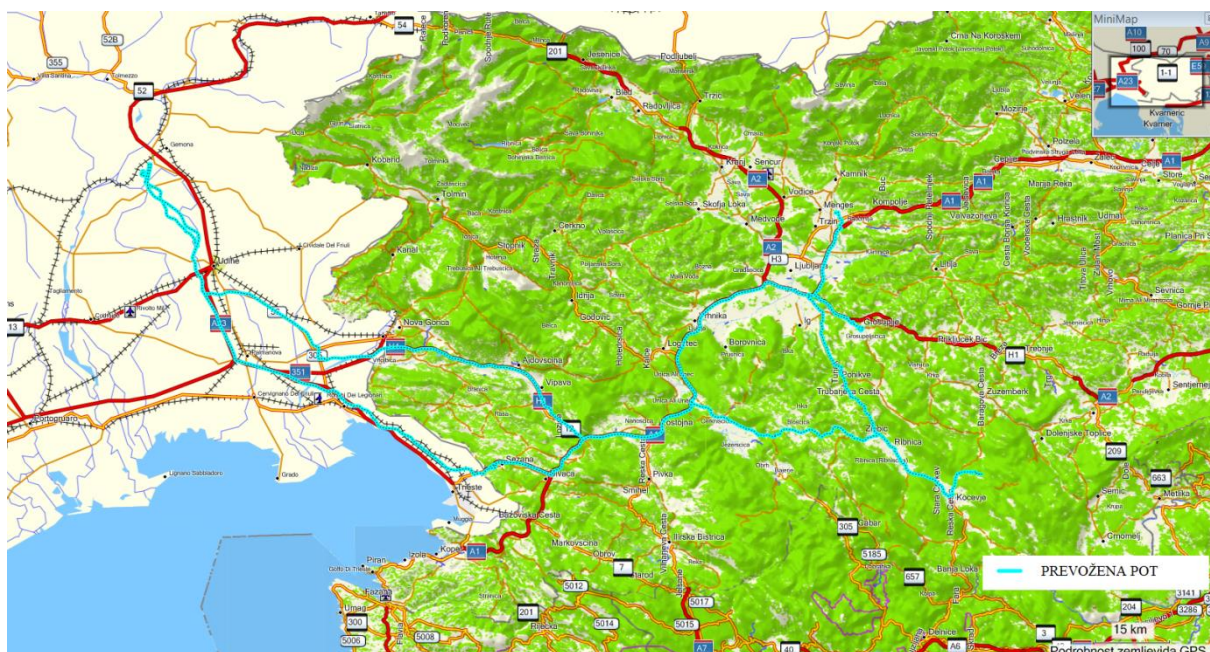
Preglednica 4: Tehnične karakteristike delovnih sredstev.

TOVORNO VOZILO	Tip	MAN, 28.480 TGS
	Starost*	6 mesecev
	Število kilometrov*	32000
	NDM	28000 kg
	Masa	13580 kg
	Nosilnost	14420 kg
	Dolžina/širina/višina	9285/2550/4000 mm
	Tip motorja	D2676 EF07
	Moč motorja	353 kW
	Delovna prostornina motorja	12419 cm ³
	Število valjev	6
	Število osi	3 (zračno vzmetena pogonska os)
	Lastnik	Borut Šircelj s.p., Veselova cesta II/15, Grosuplje
NAKLADALNA NAPRAVA	Tip	Tajfun Liv, L110Z(96)
	Dolžina roke	9539 mm
	Dvižna moč (na 3 m in 9 m)	2990 kg / 1060 kg
	Grabež	GO-037
	Širina odprtih čeljusti grabeža	1750 mm
	Pozicija na kamionu	Zadaj
PRIKLOPNO VOZILO	Tip	SCHWARZMÜELLER, HF 2/Z
	Datum prve registracije	22.4.2009
	NDM	20000 kg
	Masa	3540 kg
	Nosilnost	16460 kg
	Dolžina**/širina/višina	5200/2550/4000 mm
	Število osi	2 (zračno vzmetenje)
	Lastnik	Borut Šircelj s.p., Veselova cesta II/15, Grosuplje

*v času snemanja ropota in tresenja **dolžina nakladalnega prostora

4.1.3 Opis objektov

Voznik je delo v prvih desetih dneh raziskave opravljal pretežno na območju osrednje in južne Slovenije, le prvi snemalni dan je vožnjo opravil tudi v Italijo (slika 3). Meritve, ki smo jih opravili z namenom ugotavljanja obremenitev z ropotom in tresenjem, so potekale po prometnicah in v delovnih razmerah, ki so bile prisotne v prvih desetih dneh meritev.



Slika 3: Prevožena pot v prvem snemalnem dnevu.

4.2 METODE ZBIRANJA PODATKOV

Meritve obremenjenosti voznika gozdarskega kamiona so potekale v dveh časovno in prostorsko ločenih delih, in sicer:

- meritve pulza in strukture delovnega časa ter
- meritve obremenitev z ropotom in s tresenjem.

Za potrebe ugotavljanja sestave delovnega časa in oblikovanja modelov je voznik 10 zaporednih delovnih dni na snemalne liste beležil sestavo delovnika po delovnih operacijah, pri čemer smo uporabili kontinuirano metodo snemanja. To pomeni, da se je čas meril neprekinjeno od začetka do konca dela, vmes pa je voznik beležil čas ob spremembah delovnih operacij. Poleg časa je voznik zabeležil tudi podatke o tovoru (m^3),

lokacije postankov, tip ceste, količino natočenega goriva ter morebitne posebnosti. Za pridobitev podatkov o hitrosti vožnje in dolžini prevoženih poti se je sočasno zbiralo podatke preko GPS naprave.

Za ugotavljanje težavnosti dela je imel voznik v istem, desetdnevnem času meritev, na sebi nameščen merilnik pulza.

Za pridobitev podatkov o obremenitvah z ropotom in tresenjem celega telesa smo meritve opravili v enem dnevu. Zbiranje podatkov za obe vrsti obremenitev je potekalo sočasno, preko treh ciklov vožnje. Metoda časovne študije, vendar brez dodatnih podatkov, je bila enaka kot v prvem delu meritev, le da je bila izmerjena na sekundo natančno.

4.3 POTEK MERITEV IN MERILNE NAPRAVE

4.3.1 Pulz med delom

Za merjenje pulza med delom v desetih snemalnih dneh smo uporabili napravo SUUNTO MEMORY BELT. Voznik si je vsak dan doma, preden se je odpravil na pot v službo, namestil pulzometer okoli prsnega koša in ga nosil na sebi do konca vsakega delovnika. Merilnik pulza SUUNTO MEMORY BELT zabeleži povprečno vrednost pulza na vsakih deset sekund.

4.3.2 Tresenje

Za merjenje jakosti tresenja na voznikovem sedežu v kabini kamiona ter na sedežu nakladalne naprave smo uporabili iste merilne instrumente. To je bil merilnik tresenja Brüel&Kjaer 4447 in pospeškometer Brüel&Kjaer 4524, ki smo ga skupaj z adapterjem (Brüel&Kjaer 4515-B-002) postavili na sedež, kjer je voznik trenutno opravljal delo. Meritve tresenja smo merili v vseh medseboj pravokotnih smereh, v smeri vožnje (X), bočno (Y) ter v vertikalni (Z) smeri ter tudi njihovo skupno oz. vektorsko velikost (VTV). Vse smeri so bile utežene s pripadajočimi filtri za celo telo (W_d , W_k) (Nezavezujoči vodnik..., 2007). Instrument smo nastavili za merjenje tresenja celega telesa, uporabljen

akcelerometer (10 mV/ms^{-2}), meritve v vseh treh oseh ter časovno shranjevanje vrednosti merjenih parametrov vsako sekundo.

Z meritvami obremenitev smo dobili vrednosti tresenja po različnih delovnih operacijah. Zaradi lažje in hitreje izvedljivosti smo meritve tresenja pri premikih med nakladanjem in razkladanjem izpustili. Njune vrednosti smo pri obdelavah podatkov izenačili z vrednostmi obremenitev, izmerjenimi pri delovni operaciji premik po skladišču.



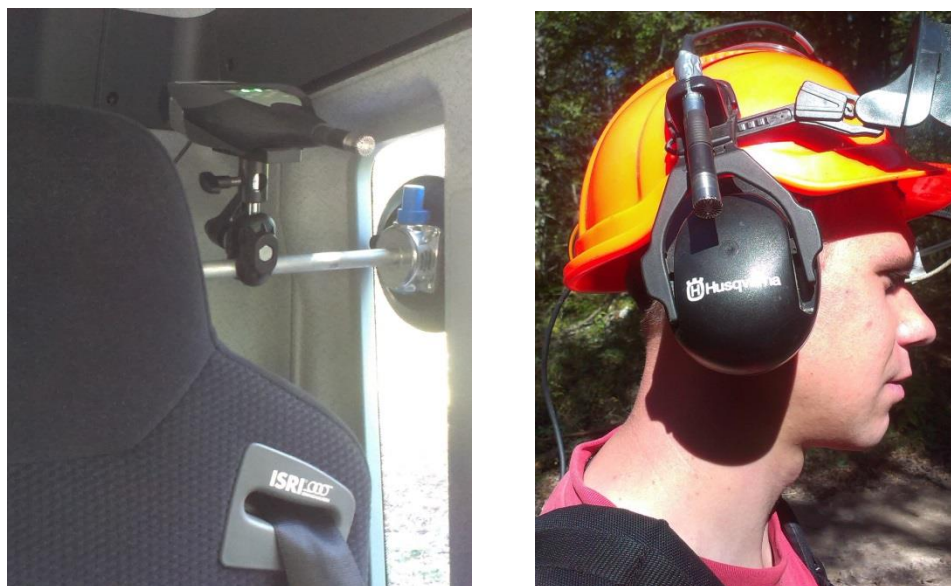
Slika 4: Položaj adapterja Brüel&Kjaer 4515 na sedežu v kabini (levo) ter na nakladalni napravi (desno)
(Foto: Tomaž Žmuc).

4.3.3 Ropot

Vrednosti ropota smo merili z merilnikom Brüel&Kjaer 2250 preko mikrofona Brüel&Kjaer 4189. Napravo smo vklopili na začetku snemalnega dne in jo pustili snemati skozi ves dan. Shranjevanje podatkov v merilnik je potekalo na vsako sekundo. Jakost zvoka je bila posneta po različnih frekvencah z zvočnima filtroma A in C.

Oddaljenost mikrofona od ušesa je bila v kabini cca 10 cm, prav tako pri delu izven kabine. V kabini smo merilnik z mikrofonom namestili na ustrezen položaj s pomočjo

vakuumskega prijemala na voznikovo levo zadnjo stransko steklo kabine, zunaj kabine pa je bil merilnik nameščen v nahrbtniku, ki ga je imel delavec pri delu izven kabine vedno na sebi, mikrofona pa ob glušniku na desni strani čelade. Odvisno od tega, kje se je voznik v danem času nahajal, smo prestavili merilne instrumente na enega od teh dveh položajev. Radio je bil v času meritev ugasnjen.



Slika 5: Položaj mikrofona Brüel&Kjaer 4189 za merjenje ropota v kabini kamiona (levo) ter pri delu zunaj kabine (desno) (Foto: Tomaž Žmuc).

4.4 METODE OBDELAVE PODATKOV

Podatke časovne študije oz. sestavo delovnika smo vnesli v programsko orodje MS Excel, kjer smo oblikovali časovno študijo na sekundo natančno. To smo storili tako za 10 snemalnih dni, ko je podatke beležil voznik, kot tudi za potrebe ugotavljanja obremenitev z ropotom in tresenjem.

Posnete podatke smo iz pulzmetra POLAR S610i in iz GPS naprave (Garmin 60 CSx) vsakodnevno prenesli na prenosni računalnik s programom Training Manager oz. s programom MapSource ter nato v programsko orodje MS Excel. Podatke o ropotu smo iz merilnika prenesli na prenosni računalnik s programskim orodjem Utility Software for Hand-held Analyzers BZ-5503, podatke o tresenju pa s programskim orodjem 4447 Vibration Explorer BZ-5623 ter oboje nato prenesli še v programsko orodje MS Excel.

Izmerjene podatke o težavnosti dela in obremenitvah smo tako lahko združili s časovno študijo. Obdelave podatkov smo opravili z vrtilnimi tabelami ali enačbami in jih predstavili v obliki preglednic ali grafično.

Porabo goriva smo izračunali na podlagi posamezne količine natočenega goriva ter dolžine prevožene poti od enega točenja goriva do drugega. Slednje vrednosti smo povzeli glede na podatke, pridobljene iz GPS naprave.

4.5 KAZALNIKI TEŽAVNOSTI DELA IN OBREMENITEV, DEFINICIJE, DOPUSTNE MEJE TER IZRAČUN TEŽAVNOSTI DELA IN OBREMENITEV

Kazalnike obremenitev smo izračunali na podlagi veljavne slovenske ter evropske zakonodaje in standardov. Predstavljamo jih glede na vrsto obremenitve, in sicer posebej za ropot, tresenje ter težavnost dela. V slovenski zakonodaji je najpomembnejši pravni dokument pri ugotavljanju vplivov delovnega okolja na zdravje in varnost delavcev Zakon o varnosti in zdravju pri delu (Ur. l. RS, št. 56/99 in 64/01), na katerem temeljijo še:

- 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.

4.5.1 Težavnost dela

Za oceno skupne težavnosti dela je pri različnih obremenitvah delavcev iz delovnega okolja najboljše merilo pulz. Pulz v delovnem času ne sme stalno naraščati, pač pa mora doseči stalno raven (stady state), sicer prihaja do preutrujanja. S treningom vzdržljivosti se pulz v mirovanju znižuje (Žmuc, 2011). Poznamo več vrst pulza, ki jih lahko uporabimo za primerjavo z dopustnimi mejami. Z meritvami dobimo izhodiščni pulz (pulz v mirovanju) ter pulz med delom, ostale vrste pulza pa izračunamo.

Za ugotavljanje težavnosti dela so pomembni naslednji kazalniki (Poje, 2011):

- povprečni pulz med delom v osemurnem delovniku ne sme presegati 150 u/min,
- maksimalna vrednost pulza med delom ne sme presegati 180 u/min,
- izračunan povprečni delovni pulz ne sme presegati 35 u/min,
- relativni pulz med delom v osemurnem delovniku ne sme presegati 40 %.

Povprečni pulz med delom je izračunan kot povprečje izmerjenih vrednosti pulza med delom.

$$HR_{work}^* = \sum (HR_{work\ i} \times n_i) / \sum n_i \quad \dots (1)$$

HR_{work}^* = povprečni pulz med delom v u/min

HR_{work} = pulz med delom v u/min

n_i = število meritev i

Delovni pulz je pulz pri delovni obremenitvi. Izračunamo ga tako, da od pulza med delom odštejemo izhodiščni pulz oz. pulz v mirovanju.

$$HR_w = HR_{work} - HR_r \quad \dots (2)$$

HR_w = delovni pulz v u/min

HR_{work} = pulz med delom v u/min

HR_r = izhodiščni pulz v u/min

$$HR_w^* = \sum (HR_w \times n_i) / \sum n_i \quad \dots (3)$$

HR_w^* = povprečni delovni pulz v u/min

HR_w = delovni pulz v u/min

n_i = število meritev i

Relativni pulz je relativna vrednost delovnega pulza glede na izhodiščni pulz in maksimalni pulz. Izražen je v odstotkih.

$$HR_r = (HR_{work} - HR_r) / (HR_{max} - HR_r) \quad \dots (4)$$

HR_r = relativni pulz v %

HR_{work} = pulz med delom v u/min

HR_r = izhodiščni pulz v u/min

HR_{max} = maksimalni pulz v u/min

Maksimalni pulz dobimo tako, da od vrednosti 220 odštejemo starost delavca v letih.

$$HR_{max} = 220 - \text{starost} \quad \dots (5)$$

HR_{max} = maksimalni pulz v u/min

starost = starost delavca v letih

Za potrebe naše raziskave smo zaradi praktičnosti opredelili pulz v mirovanju kot najnižjo izmerjeno vrednost pulza med delom v desetih snemalnih dneh, to je 53 u/min. Pri tem smo izvzeli čas, ko je voznik prvi snemalni dan med čakanjem na razkladanje tovora pred lesnopredelovalno tovarno v Italiji spal, saj je izhodiščni pulz pulz v mirovanju, ki naj bi se meril zjutraj, ko delavec vstane in fizično še ni obremenjen, prav tako tudi ni pod psihičnim stresom (Žmuc, 2011). Tako je bila najnižja izmerjena vrednost deseti snemalni dan ob 6:22:34, potem, ko je voznik opravil vožnjo iz Grosuplja (kjer je po začetku dela natočil še gorivo) do Domžal, in sicer po 17 min in 35 sekundah počitka v kabini, ko je čakal na razkladanje tovora. Na podlagi te vrednosti smo nato izračunali delovni in relativni pulz.

4.5.2 Obremenitve z ropotom

Pri izračunu jakosti ropota smo upoštevali mednarodni standard SIST EN ISO 9612:2009, s katerim določamo izpostavljenost hrupu v delovnem okolju. Za izračun obremenitev z ropotom smo uporabili naslednje kazalnike: konično jakost ropota (LC_{peak}), impulzivno jakost ropota (LA_{Ieq}), ekvivalentno jakost ropota (LA_{eq}), korigirano ekvivalentno jakost ropota ($LA_{eq.kor}$) ter za frekvenčni spekter ropota (med 20 Hz in 20000 Hz) ekvivalentno jakost ropota, ki je bila merjena brez utežnostnega filtra (LZ_{eq}).

Za izračun in vrednotenje rezultatov smo uporabili Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (2006), kjer sta predpisani mejni vrednosti izpostavljenosti ter opozorilne vrednosti izpostavljenosti v osemurnem delovniku s pripadajočimi koničnimi ravnmi zvočnih tlakov:

- mejni vrednosti izpostavljenosti: ločeno za $L_{EX(8h)} = 87$ dB(A) in $LC_{peak} = 200$ Pa (140 dB(C)),
- zgornji opozorilni vrednosti izpostavljenosti: ločeno za $L_{EX(8h)} = 85$ dB(A) in $LC_{peak} = 140$ Pa (137 dB(C)),
- spodnji opozorilni vrednosti izpostavljenosti: ločeno za $L_{EX(8h)} = 80$ dB(A) in $LC_{peak} = 112$ Pa (135 dB(C)).

Za mejni vrednosti velja, da mora delodajalec pri določanju dejanske izpostavljenosti delavcev upoštevati zmanjšanje ropota 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 o varovanju..., 2006).

Pravilnik (2006) pri izdelavi ocene tveganja zaradi izpostavljenosti delavcev hrupu namenja posebno pozornost tudi impulzivnemu značaju ropota (LA_{Ieq}), ki ga je potrebno upoštevati pri določanju ravni dnevne izpostavljenosti ropotu. To storimo na način, da se izmerjeni ekvivalentni ravni ropota (LA_{eq}) prišteje razliko med to izmerjeno ekvivalentno ravno ropota in povprečno ravno ropota, izmerjeno z dinamiko I (Impulse). Razlika se prišteje le tedaj, če je večja kot 2 dB(A), če je razlika večja kot 6 dB(A), pa se prišteje 6 dB(A). Tako dobimo korigirano vrednost ekvivalentne jakosti ropota ($LA_{eq.kor}$), ki jo lahko uporabimo za primerjavo z opozorilnimi in mejnimi vrednostmi Pravilnika (2006). Ekvivalentno raven ropota in povprečno raven ropota, izmerjeno z dinamiko I (Impulse), je potrebno meriti istočasno. Če impulzivnega nihanja zvoka ni, sta si seveda kazalnika LA_{eq} in LA_{Ieq} enaka. Tem večje kot je impulzivno nihanje zvoka, večja je tudi razlika med obema vrednostma.

Kot konično jakost ropota (LC_{peak}) za posamezne delovne operacije smo upoštevali najvišjo sekundno vrednost konične jakosti ropota, izmerjene v času trajanja posamezne

delovne operacije, dnevno konično jakost pa kot najvišjo izmerjeno vrednost konične jakosti ropota v času snemalnega dne. Slednjo smo upoštevali tudi kot primerjalno konično jakost ropota naših modelnih izračunov. Konično jakost ropota smo izračunali s pomočjo enačbe 6.

$$LC_{peak} = \max LC_{peak\ i} \quad \dots (6)$$

LC_{peak} = konična vrednost ropota, v dB(C)

$LC_{peak\ i}$ = konična vrednost ropota i -tega intervala, v dB(C)

Metodo merjenja izpostavljenosti delavca ropotu v delovnem okolju ter tudi njihovega izračuna določa mednarodni ISO standard (SIST EN ISO 9612-2009). Tako smo ta standard uporabili za izračun ekvivalentne jakosti ropota.

Za izračun obremenjenosti z ropotom glede na ekvivalentno jakost ropota (LA_{eq}), korigirano ekvivalentno jakost ropota ($LA_{eq.kor}$) in impulzivno jakost ropota (LA_{Ieq}) po delovnih operacijah ter po modelu smo uporabili enačbo 7.

$$L_{ekv} = 10 \times \log \left(\frac{1}{T} \sum (10^{0,1L_i} \times t_i) \right) \quad \dots (7)$$

L_{ekv} = kazalniki ropota LA_{eq} , LA_{Ieq} , $LA_{eq.kor}$, v dB(A)

L_i = i - te vrednosti kazalnikov ropota LA_{eq} , LA_{Ieq} , $LA_{eq.kor}$, v dB(A)

t_i = trajanje i -tega intervala

T = celotno trajanje

Enako smo izračunali tudi frekvenčni spekter ropota od 20 Hz do 20000 Hz, le da smo tu LZ_{eq} vrednosti korigirali še z A filtrom, ki prilagodi jakost ropota občutljivosti človekovega ušesa.

Za izračun obremenjenosti z ropotom v osemurnem delovniku, ki je primerljiva za ugotavljanje opozorilnih in mejnih vrednosti, smo uporabili enačbo 8.

$$L_{EX(8h)} = L_{ekv} + 10 \log \left(\frac{T}{T_0} \right) \quad \dots (8)$$

$L_{EX(8h)}$	=	dnevna izpostavljenost ropotu, v dB(A)
L_{ekv}	=	kazalniki ropota LA_{eq} , LA_{Ieq} , $LA_{eq.kor}$, v dB(A)
T	=	celotno trajanje
T_0	=	referenčna vrednost, 8 ur

4.5.3 Obremenitve celega telesa s tresenjem

Za analizo obremenitev voznika gozdarskega kamiona s tresenjem celega telesa smo upoštevali Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti vibracijam pri delu (2005).

Pravilnik (2005) opredeljuje besedo »vibracije« z dvema pomenoma. To sta:

- “vibracije dlan-roka”: mehanske vibracije, ki ob prenašanju na človekovo dlan in roko predstavljajo tveganje za varnost in zdravje delavcev, zlasti vaskularne ter nevrološke ali mišične motnje in prizadetost kosti ali sklepov;
- “vibracije celotnega telesa”: mehanske vibracije, ki ob prenašanju na celotno telo predstavljajo tveganje za varnost in zdravje delavcev, zlasti težave s križem in poškodbe hrbtenice.

Kazalnika, ki sta pomembna pri ugotavljanju obremenitev delavca s tresenjem, sta opredeljena kot RMS in kot VDV vrednosti. RMS (ang.: root mean square) je povprečna jakost tresenja oz. pospešek, ki temelji na kvadratični sredini in se ugotavlja po vseh treh smereh (X, Y, Z). Poleg posamezne smeri tresenja se uporablja tudi VTV vrednost (ang. vector total value), ki je njihova vektorska velikost. Drugi kazalnik je VDV (ang.: vibration dose value), kar je skupna vsota jakosti tresenja, saj predpostavlja, da se energija tresenja shranjuje v človekovem telesu skozi ves delovnik, torej je odvisna tudi od časa trajanja izpostavljenosti tresenju (Nezavezujoči vodnik..., 2007). Tudi ta se tako kot parameter RMS izračunava po posameznih smereh (X, Y, Z) ter vektorski velikosti (VTV). Pri analizah se pogosteje uporablja kazalnik RMS, kadar pa se pojavlja tresenje z nenadnimi

sunki, pa tudi VDV (Nezavezujoči vodnik..., 2007). Pri vrednotenju obremenitev celega telesa s tresenjem nam obremenitve po posameznih smereh prikazujejo boljšo sliko obremenitev kot pa skupna, vektorska vrednost.

Oba kazalnika sta najprej odvisna od izmerjene vrednosti tresenja. Dnevna izpostavljenost tresenju $A(8)$ se izračunava na referenčno obdobje osmih ur in ima enoto m/s^2 . Tresenje je namreč odvisno tudi od magnitude, kjer je najpogostejši izražen parameter pospešek (Nezavezujoči vodnik..., 2007). Pri VDV vrednostih je pomemben še čas izpostavljenosti tresenju, zato je ta kazalnik pri meritvah, krajših od povprečnega delovnika, potrebno temu primerno povečati (Nezavezujoči vodnik..., 2007).

Naslednji parameter pri obravnavi tresenja je frekvenca. Tu je pomemben predvsem velikostni razred od 0,5 Hz do 80 Hz, saj tveganje pred poškodbami ni enako po vseh frekvenčnih razredih. Za tresenje celega telesa se uporablja dva različna tehtanja frekvenc: prvi (ang.: W_d) se uporablja za smeri X in Y, drugi (ang.: W_k) pa za tresenje v vertikalni (Z) smeri. Pri obravnavi tveganja za zdravje zaradi tresenja celega telesa je tako potrebno vrednosti tresenja pomnožiti z dodatnim faktorjem, ki je za X in Y smer 1,4; za Z smer pa 1,0 (Nezavezujoči vodnik..., 2007).

Jakosti tresenja po delovnih operacijah in skupno glede na tip vožnje (preglednica 9) so tako prikazane z vtežnostnim faktorjem 1,4 za smeri X in Y, kot to predvideva standard ISO 2631-1(1997). VDV vrednosti po delovnih operacijah so prilagojene glede na trajanje posamezne delovne operacije v povprečnem delovniku (povprečna vožnja).

Evropska direktiva (2002/44/ES) tako povzema, da ocena ravni izpostavljenosti tresenju glede na standard (ISO 2631-1, 1997) temelji na izračunu dnevne izpostavljenosti tresenju, izražene kot ekvivalentni nepretrgani pospešek skozi osemurno obdobje, izračunane kot najvišja vrednost (RMS) ali vrednost največjega obsega tresenja (VDV) pospeškov v odvisnosti od frekvence, določenih na treh ortogonalnih oseh ($1,4a_{wx}$, $1,4a_{wy}$, $1a_{wz}$) v skladu s poglavji 5, 6 in 7, Prilogo A in Prilogo B k standardu ISO 2631-1,1997.

Pravilnik (2005) in direktiva (2002/44/ES) predpisujeta naslednje mejne ter opozorilne vrednosti izpostavljenosti tresenju celotnega telesa:

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

Za izračun obremenitev s tresenjem celega telesa (RMS) po delovnih operacijah ter po modelu smo uporabili enačbo 9.

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum RMS Y_i^2 \times t_i}{\sum t_i}} \quad \dots \quad (9)$$

RMS = kazalniki tresenja RMS po smereh (X, Y, Z, VTV) za celo telo, 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 intervala

Za izračun obremenitev s tresenjem v referenčnem obdobju osmih ur, smo uporabili enačbo 10.

$$A_{x,y,z}(8) = k \times RMS \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad \dots (10)$$

$A_{x,y,z}(8)$ = kazalniki tresenja RMS po smereh (X, Y, Z, VTV) za celo telo za ref. obdobje osmih ur, v m/s^2

RMS = kazalniki tresenja RMS po smereh (X, Y, Z, VTV) za celo telo, v m/s^2

k = utežnostni faktor (za smeri X in Y = 1,4; za smer Z in VTV = 1)

T = dnevna izpostavljenost

T_0 = referenčna vrednost, 8 ur

Maksimum teh treh vrednosti je torej dnevna izpostavljenost tresenju, ki je primerljiva za ugotavljanje opozorilnih in mejnih vrednosti (enačba 11).

$$A(8) = \max \{A_x(8), A_y(8), A_z(8)\} \quad \dots (11)$$

Za izračun skupne doze tresenja (VDV) po delovnih operacijah ter po modelu smo uporabili enačbo 12.

$$VDV = \sqrt[4]{\frac{\sum VDV_i^4 \times t_i}{\sum t_i}} \times T \quad \dots (12)$$

VDV	=	skupna doza tresenja po smereh (X, Y, Z, VTV) za celo telo, v $m/s^{1,75}$
VDV_i	=	i – te vrednosti VDV po smereh (X, Y, Z, VTV) za celo telo, v $m/s^{1,75}$
T	=	dnevna izpostavljenost
t_i	=	trajanje i -tega intervala

Za izračun dnevne izpostavljenosti tresenju (VDV), ki je primerljiva za ugotavljanje opozorilnih in mejnih vrednosti, smo uporabili enačbo 13.

$$VDV_{dnevX,Y,Z} = k \times VDV \left(\sqrt{\frac{T}{T_{mer}}} \right)^{1/4} \quad \dots (13)$$

$VDV_{dnevX,Y,Z}$	=	dnevna doza tresenja po smereh (X, Y, Z, VTV) za celo telo, v $m/s^{1,75}$
k	=	utežnostni faktor (za smeri X in Y = 1,4; za Z smer = 1)
VDV	=	skupna doza tresenja po smereh (X, Y, Z, VTV) za celo telo, v $m/s^{1,75}$
T	=	dnevna izpostavljenost
T_{mer}	=	trajanje meritev

Maksimum teh treh vrednosti je torej dnevna doza tresenja, ki je primerljiva za ugotavljanje opozorilnih in mejnih vrednosti (enačba 14).

$$VDV_{dnev} = \max \{VDV_{dnevX}, VDV_{dnevY}, VDV_{dnevZ}\} \quad \dots (14)$$

4.6 DELOVNE OPERACIJE IN OBLIKOVANJE MODELOV

Pri delu voznika gozdarskega kamiona smo z vidika ugotavljanja težavnosti dela ter obremenitev z ropotom in tresenjem oblikovali naslednje delovne operacije.

- Prazna vožnja asfalt: je delovna operacija, kjer poteka vožnja tovornega vozila brez naloženega tovora po vseh asfaltnih cestah, z izjemo avtocest in hitrih cest, z namenom premika kamiona do mesta nakladanja ali parkiranja (vračanja domov). Prazna vožnja lahko nastane tudi kot posledica premika do servisne delavnice.
- Prazna vožnja AC: je vožnja tovornega vozila brez naloženega tovora po avtocesti ali hitri cesti, kjer so omejitve hitrosti ≥ 80 km/h.
- Prazna vožnja makadam: je vožnja tovornega vozila brez naloženega tovora po cesti, ki ni asfaltirana, z namenom premika kamiona do skladišča lesa v gozdu. Običajno so to makadamske gozdne ceste, ki omogočajo transport gozdnih lesnih sortimentov iz gozda.
- Nakladanje: delovna operacija, ki se začne, ko voznik zapusti kabino z namenom nakladanja tovora na nakladalni prostor. Če voznik tovor naklada sam s pomočjo nakladalne naprave, ki je montirana na zadnjem delu kamiona, potem naredi prehod od kabine do zadnjega dela kamiona, se povzpne na sedež nakladalne naprave, se nanj usede, nato hidravlično postavi stabilizatorje, odpre dvigalo in začne nakladati les z namenom prevoza le-tega do večjega skladišča lesa ali do drugega prevoznega sredstva. Druga možnost nakladanja tovora je, da to delo opravi tretja oseba z drugim delovnim sredstvom. Tudi v tem primeru se začne nakladanje z izstopom iz kabine in se prav tako, kot če voznik naklada tovor sam, zaključi, ko se voznik usede nazaj v kabino z namenom polne vožnje. Med nakladanje smo uvrstili tudi čas zlaganja nakladalne naprave in pospravljanja stabilizatorjev ter prehode od nakladalne naprave do kabine in obratno, kar mora voznik storiti zaradi potreb premikov med nakladanjem, medtem ko smo sam premik (vožnjo) opredelili kot samostojni delovni postopek. Med delovno operacijo nakladanje spada tudi povezovanje lesa s privezovalnimi trakovi.

- Polna vožnja asfalt: je vožnja s tovorom naloženega vozila po vseh asfaltnih cestah, z izjemo avtocest in hitrih cest, z namenom prevoza lesa do večjega skladišča, drugega prevoznega sredstva ali končnega porabnika.
- Polna vožnja AC: je vožnja tovornega vozila z naloženim tovorom po avtocesti ali hitri cesti, kjer so omejitve hitrosti ≥ 80 km/h.
- Polna vožnja makadam: je vožnja s tovorom naloženega vozila po neasfaltirani cesti, običajno makadamski gozdni cesti. Polna vožnja po tej kategoriji ceste pogosto sledi delovni operaciji nakladanje, saj le-to nemalokrat poteka na skladiščnem prostoru ob makadamski gozdni cesti.
- Razkladanje: delovna operacija, ki se začne, ko voznik zapusti kabino z namenom razkladanja tovora iz nakladalnega prostora. Razkladanje lahko opravi sam z nakladalno napravo, montirano na zadnjem delu kamiona, ali pa to stori tretja oseba z drugim delovnim sredstvom. Pri razkladanju voznik najprej razveže tovor, ki je pritrjen s privezovalnimi trakovi in jih pospravi na ustrezno mesto. Če tovor razklada sam, se po opravljenem razvezovanju povzpne na sedež nakladalne naprave, hidravlično postavi stabilizatorje, odpre nakladalno napravo ter začne z razkladanjem tovora. Med razkladanje smo uvrstili tudi čas, ki ga voznik porabi za zlaganje nakladalne naprave in pospravljanje stabilizatorjev ter prehodov do kabine in obratno, kar mora storiti zaradi potrebnih premikov vozila med razkladanjem. Sam premik pa smo, tako kot smo to opredeli že pri procesu nakladanja, opredelili kot samostojni delovni postopek. Razkladanju z nakladalno napravo sledi še čiščenje nakladalne površine oz. pometanje le-te, kar smo tudi dodelili procesu razkladanja.
- Premik med nakladanjem: je delovni proces, ki običajno traja le nekaj deset sekund. Voznik ga opravi, ko na danem mestu z nakladalno napravo ne more več doseči za nakladanje predvidenega lesa oz. se pojavi nek drug razlog za premik vozila med nakladanjem. Začne se, ko voznik vstopi v kabino kamiona, nato vozilo prepelje za nekaj metrov in konča, ko voznik izstopi iz kabine.

- Premik med razkladanjem: je delovni proces identičen premiku med razkladanjem, le da ta nastane zaradi potreb razkladanja tovara.
- Premik po skladišču: je delovna operacija, sestavljena iz vožnje in zastojev. Pri delu voznika gozdarskega kamiona se pojavijo tudi posamezni premiki, ki jih z vidika obremenitev na voznika ne moremo vključiti v samo vožnjo, zato smo jih opredelili kot svoj tip voženj. To so premiki, ki nastanejo kot posledica čakanja na nakladanje ali razkladanje in se zaradi organizacijskih dejavnikov največkrat pojavijo pred vhodom v tovarne, na njihovih skladiščnih površinah ali na drugih lesno-predelovalnih skladiščih. Premiki so kratkotrajni, hitrost vožnje pa je takrat nizka. Pri premikih po skladišču smo zaradi lažjih izračunov obremenitev predpostavljali, da je voznik na sedežu 100 % časa in da takrat v vsem času opravlja vožnjo. Vendar pa temu ni ravno tako, saj voznik takrat vozilo premakne, pa zopet čaka; kamion je lahko prižgan ali ugasnjen, voznik je lahko v kabini ali izven nje. Za tako umestitev smo se odločili, ker nismo imeli boljših podatkov, kje se voznik takrat nahaja in koliko časa sama vožnja med premiki dejansko traja.
- Zastoj zaradi delovnih sredstev: nastane zaradi točenja goriva, rednega servisiranja ali izrednega popravila vozila, prikolice ali nakladalne naprave. To delo lahko opravi voznik sam ali pa delavci v mehanični delavnici, odvisno od vrste dela.
- Zastoj zaradi organizacije: je čas, v katerem voznik opravlja obvezni počitek zaradi zahtev cestno prometnih predpisov, ki jih določa Zakon o delovnem času in obveznih počitkih mobilnih delavcev ter o zapisovalni opremi v cestnih prevozi (2007), kadar čaka na razkladanje ali nakladanje, na odgovorno osebo (prevzemnika, manipulanta) in kadar ureja prevozno listino. V ta čas je všteti tudi glavni odmor za malico in odmori za druge osebne potrebe, katere voznik večinoma opravlja v času obveznega počitka, ki je določen po cestno prometnih predpisih.

Ker se sestava delovnika po delovnih operacijah ter skupni čas dela po dnevih lahko bistveno spreminja, smo se odločili oblikovati tri različne modele glede na dolžino vožnje:

- »daljša vožnja«: v ta model smo šteli dan, ko je voznik opravil daljši prevoz lesa (527 km/dan) v Italijo,
- »krajša vožnja«: v drugi model, smo uvrstili dneve, ko je voznik opravljal prevoz lesa na krajših razdaljah (262 km/dan) po Sloveniji,
- »povprečna vožnja«: v tretji model smo vključili vseh deset dni meritev in predstavlja povprečni dan glede na sestavo delovnika pri povprečni razdalji vožnje (289 km/dan).

Če primerjamo model povprečne vožnje z ostalima dvema modeloma, ugotovimo, da delež zastojev narašča, delež prekladanja pa pada. Največje razlike med vožnjo v tujino ter vožnjo po Sloveniji so pri deležu trajanja vožnje po avtocesti (polna in prazna) ter v času, porabljenem zaradi zastojev zaradi organizacije. Ta čas je pri vožnji v tujino bistveno daljši. Manjši delež porabljenega časa pri vožnji v tujino pa gre za potrebe nakladanja in razkladanja.

Vzroki za omenjene razlike v modelih izvirajo iz sestave delovnega časa posameznih dni (slika 6).

5 REZULTATI

5.1 ČAS IZPOSTAVLJENOSTI DEJAVNIKOM DELOVNEGA OKOLJA

Pri obremenitvah delavca z dejavniki delovnega okolja je poleg jakosti pomemben tudi čas izpostavljenosti posamezni obremenitvi. Slednji je zelo pomemben dejavnik, saj so nekatere zakonsko določene dopustne meje obremenitev opredeljene tudi na časovno obdobje. Poleg tega nam zaradi skromnega števila raziskav, opravljenih na področju prevoza lesa, struktura časa prikazuje podrobnejši pogled v delo voznika gozdarskega kamiona. Ob poznavanju sestave delovnika se lahko izvedejo tudi ukrepi na področju tehnike in organizacije dela, ki bi lahko izboljšali celoten proces pridobivanja lesa.

Za izračun sestave časa smo uporabili časovno študijo, ki jo je beležil voznik gozdarskega kamiona deset snemalnih dni in smo jo uporabili tudi pri modelnem izračunu obremenitev z ropotom in tresenjem. Analiza trajanja posameznih delovnih operacij nam daje podrobnejši pogled v strukturo povprečnega delovnika.

Na podlagi desetdnevne študije smo izračunali skupno trajanje delovnika, ki je pri daljši vožnji znašal 16,62 ur, pri vožnji na krajše razdalje 10,78 ur, povprečni delovnik desetih snemalnih dni pa je trajal 11,37 ur.

Preglednica 5: Struktura delovnega časa.

			Daljša vožnja				Krajša vožnja				Povprečna vožnja			
			Del.op. I	Del. op. II	Del. op. III	Del. op. III	Del. op. I	Del. op. II	Del. op. III	Del. op. III	Del. op. I	Del. op. II	Del. op. III	Del. op. III
Del. op. I	Del. op. II	Del. op. III	Trajanje (%)	Trajanje (%)	Trajanje (%)	Trajanje (min)	Trajanje (%)	Trajanje (%)	Trajanje (%)	Trajanje (min)	Trajanje (%)	Trajanje (%)	Trajanje (%)	Trajanje (min)
Vožnja	Prazna vožnja	Prazna vožnja asfalt	51,5	22,5	11,7	116,35	53,5	23,8	16,6	107,38	53,2	23,6	15,9	108,28
		Prazna vožnja makadam			1,5	15,33			4,5	28,84			4,0	27,49
		Prazna vožnja AC			9,3	92,33			2,8	17,88			3,7	25,32
	Polna vožnja	Polna vožnja asfalt		26,3	16,1	160,50		24,0	15,5	100,39		24,4	15,6	106,40
		Polna vožnja makadam			0,5	4,83			5,3	34,40			4,6	31,44
		Polna vožnja AC			9,7	97,08			3,2	20,82			4,2	28,45
	Premiki	Premik med nakladanjem		2,7	0,0	0,00		5,7	1,6	10,04		5,3	1,3	9,03
		Premik med razkladanjem			0,5	4,83			0,3	1,64			0,3	1,96
		Premik po skladišču			2,3	22,57			3,9	25,09			3,6	24,84
	Prekladanje	Nakladanje	Nakladanje: Na sedežu	10,2	4,1	3,4	33,99	35,4	22,9	19,2	124,40	31,7	20,2	16,9
Nakladanje: Iz sedeža			0,7			6,51	3,7			23,83	3,2			22,10
Razkladanje		Razkladanje: Na sedežu	6,1		3,7	37,21	12,5		7,6	49,38	11,6		7,1	48,17
		Razkladanje: Iz sedeža			2,4	23,79			4,9	31,57			4,5	30,80
Zastoji	Zastoj zaradi organizacije	Zastoj zaradi organizacije	38,3	35,2	35,2	351,13	11,0	10,1	10,1	65,48	15,0	13,8	13,8	94,05
	Zastoj zaradi del. sredstev	Zastoj zaradi del. sredstev		3,1	3,1	30,70		0,9	0,9	5,95		1,2	1,2	8,43
Skupaj			100,0	100,0	100,0	997,17	100,0	100,0	100,0	647,08	100,0	100,0	100,0	682,09

V povprečju voznik porabi več kot polovico delovnega časa za vožnjo (53,2%), slabo tretjino za prekladanje (31,7 %), 15 % delovnega časa pa gre na račun zastojev, kjer prevladujejo zastoji zaradi organizacije (13,8 %). Razmerje porabe časa med polno (23,6 %) in prazno vožnjo (24,4 %) je dokaj podobno, poraba časa za potrebe nakladanja pa je skoraj dvakrat večja kot poraba časa razkladanja.

S podrobnejšo analizo povprečnega delovnika smo ugotovili, da voznik porabi največ časa za nakladanje (20,2 %), sledita prazna in polna vožnja po asfaltnih cestah (15,9 % in 15,6 %), velik delež porabe časa gre še na račun zastojev zaradi organizacije (13,8 %) ter razkladanja (11,6 %). Sledijo delovne operacije, katerih delež trajanja je krajši od 5 %. To so: polna vožnja po makadamu (4,6 %), polna vožnja po avtocesti (4,2 %), prazna vožnja po makadamu (4,0 %), prazna vožnja po avtocesti (3,7 %) ter premiki po skladiščih (3,6 %). Najmanjša poraba časa je med premiki med nakladanjem (1,3 %), med zastoji zaradi delovnih sredstev (1,2 %) ter med premiki med razkladanjem (0,3 %).

Med delovnimi operacijami zavzemajo zastoji zaradi organizacije, ki jih uvrščamo v neproduktivni čas dela, zelo velik delež. Če bi hoteli izboljšati produktivnost dela, ali kako drugače optimizirati delo voznika, bi zagotovo največ pozornosti namenili tem zastojem. Ti najpogostejše nastajajo zaradi zakonsko predpisanih omejitev trajanja vožnje (obveznega počitka) ter organiziranosti podjetij za potrebe razkladanja lesa v tovarnah.

Čas, na katerega ima voznik največ vpliva, je čas, porabljen za nakladanje in razkladanje tovora (prekladanje). Tu pridejo do izraza predvsem izkušnje z delom na nakladalni napravi. Na razliko v času nakladanja in razkladanja najbolj vpliva natančnost dela pri nakladanju lesa, saj mora biti tovor za potrebe prevoza naložen varno ter razporejen tako, da na nakladalnem prostoru zavzame čim manj prostora. K večji razliki prispeva tudi več premikov med nakladanjem, zaradi katerih mora voznik nakladalno napravo in podporne noge (stabilizatorje) večkrat zložiti ter jih po končanem premiku ponovno nastaviti v položaj za nakladanje. Na čas nakladanja vpliva tudi način sortiranja lesa ob kamionski cesti.

Posebno pozornost pri analizi strukture delovnega časa ter nadalje pri izračunu obremenitev smo namenili analizi časa, ko je voznik na sedežu nakladalne naprave pri operacijah nakladanja in razkladanja. Te deleže smo izmerili v času snemanja obremenitev z ropotom in tresenjem, saj je bila desetdnevna časovna študija pregroba za ta namen. Ugotovili smo, da je delež dela, opravljenega na sedežu nakladalne naprave, pri nakladanju daljši (84 %) kot pri razkladanju (61 %), saj voznik pri nakladanju lesa samo poveže, pri razkladanju pa razveže ter po končanem razkladanju lesa nakladalno površino običajno še pomete (preglednica 6).

Preglednica 6: Analiza nakladanja in razkladanja.

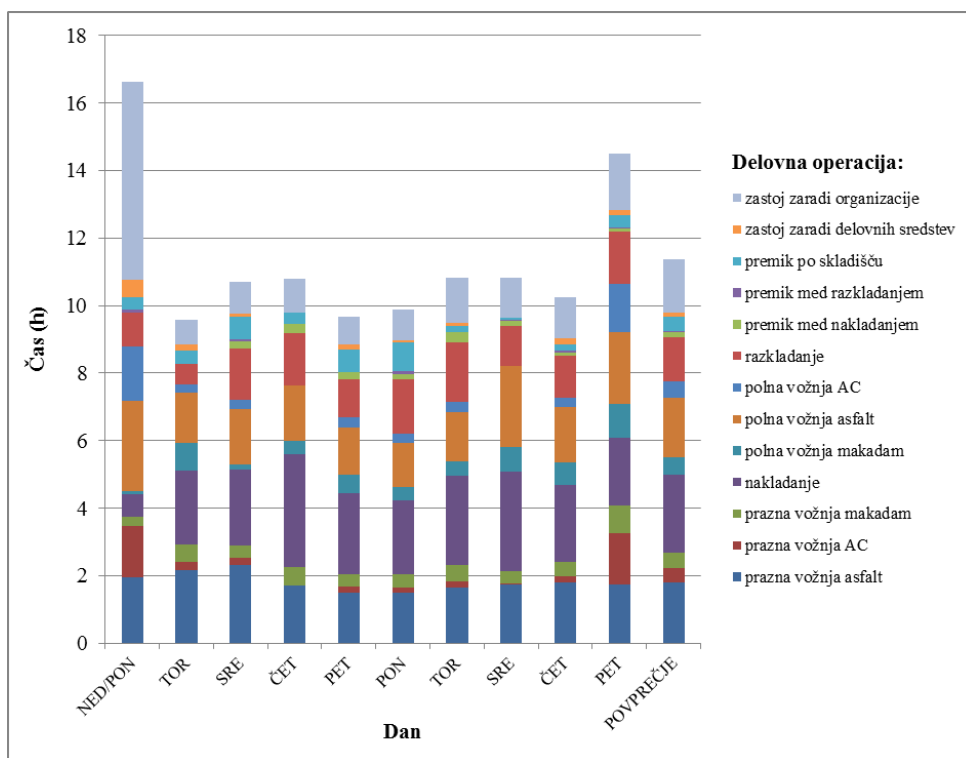
Delovna operacija	Povprečen čas	Povprečno št. na dan	Čas na sedežu	Čas na sedežu (%)
Nakladanje	0:45:49	3,0	0:38:27	84
- <i>povezovanje</i>	0:04:41	3,0	0	0
Razkladanje	0:27:14	2,9	0:16:43	61
- <i>razvezovanje</i>	0:04:47	2,9	0	0
- <i>pometanje</i>	0:05:30	2,8	0	0
Premik med nakladanjem	0:01:35	5,7	0:01:35	100
Premik med razkladanjem	0:02:27	0,8	0:02:27	100

Čas, ko je voznik pri nakladanju dejansko na sedežu nakladalne naprave, je bil izračunan tako, da smo od izračunanega povprečnega časa enega nakladanja odšteli povprečni čas povezovanja lesa ter čas, ki je potreben za prehod od kabine do nakladalne naprave in obratno. Slednji se opravi na začetku in na koncu nakladanja, v kolikor pa je potrebno vozilo zaradi potreb nakladanja še dodatno prepeljati pa tudi med vsemi vmesnimi premiki. Upoštevali smo torej trajanje prvega prehoda do sedeža nakladalne naprave (28 sekund) ter povprečno število premikov med enim nakladanjem (1,9), dobljeno vrednost pa pomnožili z 2, saj je za vsak prehod potreben povratek.

Čas, ko je voznik na sedežu nakladalne naprave, je bil pri razkladanju izračunan po enakem postopku kot pri nakladanju, le da je v to delovno operacijo vključeno še pometanje nakladalne površine. Pometanje po razkladanju se opravi skoraj vedno, po oceni voznika v 90 % primerov, zato smo povprečni čas pometanja zmanjšali za 10 %.

Premiki vozila so med nakladanjem krajši kot premiki med razkladanjem, saj pri nakladanju lesa voznik premakne vozilo le za nekaj metrov, toliko, da preostali skladiščen les lahko doseže z nakladalno napravo. Premiki med razkladanjem pa so nekoliko daljši predvsem zaradi prostorske razporeditve skladiščnih površin na centraliziranih ali drugih skladiščih. Premikov med enim nakladanjem je bistveno več kot med razkladanjem (nakladanje 1,9; razkladanje 0,3). Tudi to je posledica tega, da je les na skladiščih ob gozdni cesti površinsko bolj razpršen in ga z roko nakladalne naprave ne more vsega doseči, pri razkladanju pa les večinoma razloži na eno razlagalno površino.

Analiza produktivnosti dela je pokazala, da so bili dnevno v povprečju opravljeni trije cikli prevoza lesa, s povprečnim volumnom enakim $24,5 \text{ m}^3$. Delovni učinek je tako znašal $6,5 \text{ m}^3/\text{h}$. Za prekladanje je voznik v povprečju potreboval $8,9 \text{ min}/\text{m}^3$. Povprečna poraba goriva je bila enaka $56 \text{ l}/100 \text{ km}$.



Slika 6: Struktura delovnega časa po delovnih operacijah v desetih snemalnih dneh ter skupno.

Glede na dolžino delovnika najbolj izstopa prvi snemalni dan, ko je voznik svoje delo opravljal več kot 16,5 ur. Takrat je svoj delovnik začel že v nedeljo, malo po 22. uri, ko se je odpravil na vožnjo v sosednjo Italijo (Udine). Tja je prispel čez slabe tri ure, nato pa v sodelavčevem kamionu, ki ima spalno kabino z dvema posteljama, zaspal za približno štiri ure. Malo po 5. uri zjutraj, ko se tovarna, kamor je peljal les, odpre, je nadaljeval z delom. V prvem snemalnem dnevu je bistveno večji tudi delež zastojev zaradi delovnih sredstev. Tisti dan je voznik opravljal vzdrževanje (mazanje) nakladalne naprave, kar je trajalo približno 30 min. Redno vzdrževanje nakladalne naprave voznik opravi približno enkrat mesečno.

Posamezni dnevi, z izjemo prvega snemalnega dne, imajo dokaj podobno strukturo dela. Deleži med polno in prazno vožnjo so ne glede na tip ceste (regionalne in druge asfaltne ceste, avtoceste, makadam) dokaj enaki. Večinoma so vsak dan prisotne vse delovne operacije, le četrti dan ni bilo vožnje po avtocesti, v četrtem in osmem dnevu pa ni bilo zastojev zaradi delovnih sredstev, saj voznik v teh dveh dneh ni točil goriva, niti ni opravljal drugih vzdrževalno-servisnih del.

5.2 TEŽAVNOST DELA VOZNIKA GOZDARSKEGA KAMIONA TER PRIMERJAVA Z DOPUSTNIMI MEJAMI

Pulz po delovnih operacijah je izračunan iz obdobja osmih dni (brez četrtega in desetega dneva), kjer so bile meritve popolne in so trajale skozi ves delovnik. Izmerjen pulz med delom je dosegel najvišjo vrednost (161 u/min) pri razkladanju ter najnižjo (53 u/min) pri zastoju zaradi organizacije. Slednjo vrednost smo upoštevali kot pulz v mirovanju. Pri tem smo izvzeli čas, ko je voznik pri čakanju pred tovarno v Italiji spal.

Visoke vrednosti pulza se pričakovano pojavijo med fizično zahtevnimi deli, kot so vstop in izstop iz kabine, vzpenjanje in sestopanje na oz. iz sedeža nakladalne naprave, povezovanje tovara ter pometanje nakladalne površine, kar so tudi glavni dejavniki za pojavljanje preutrujanja (preglednica 7). Najbolj pomembna sta zaradi visokega deleža trajanja v delovnem času predvsem nakladanje in razkladanje. Fizično bolj naporno delo poteka tudi med zastoji zaradi delovnih sredstev. K visokim vrednostim pulza v tem času je prispevalo predvsem servisno vzdrževanje nakladalne naprave.

Preglednica 7: Težavnost dela.

DELOVNA OPERACIJA	Trajanje meritev (ure)	Pulz med delom (u/min)	Delovni pulz (u/min)	Relativni pulz (%)
Prazna vožnja asfalt	14,60	91	38	27
Prazna vožnja AC	2,69	90	37	26
Prazna vožnja makadam	3,21	101	48	34
Nakladanje	17,59	104	51	36
Polna vožnja makadam	13,98	101	48	34
Polna vožnja asfalt	3,30	94	41	30
Polna vožnja AC	3,83	86	33	23
Razkladanje	10,08	102	49	35
Premik med nakladanjem	1,12	109	56	40
Premik med razkladanjem	0,29	106	53	38
Premik po skladišču	3,43	102	49	35
Zastoj zaradi delovnih sredstev	1,26	102	49	35
Zastoj zaradi organizacije	12,99	85	32	23
Daljša vožnja	16,62	91	38	27
Krajša vožnja	71,74	97	44	31
Povprečna vožnja	88,36	96	43	31

V nasprotju s pričakovanji se najvišje vrednosti pulza med delom po delovnih operacijah pojavljajo med premiki med nakladanjem in razkladanjem. Razlog je v voznikovem delu pred premiki. Pred premikom vozila se namreč voznik iz sedeža nakladalne naprave najprej spusti na tla in nato povzpne v kabino in tako opravi kratkotrajno fizično obremenitev, visoke vrednosti pulza pa se prenesejo še v premike – vožnjo. Vendar pa zaradi majhnega deleža teh premikov v sestavi delovnika slednji na težavnost dela v celotnem delovnem času ne vplivajo bistveno.

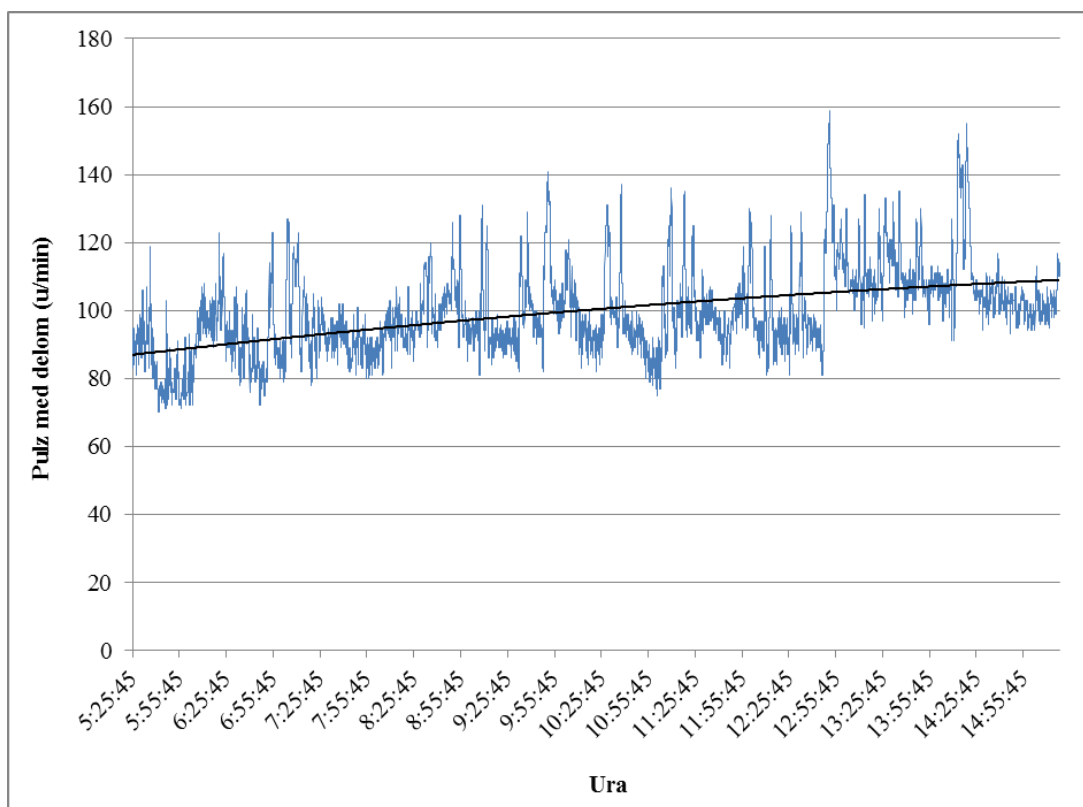
Težavnost dela je majhna med polnimi in praznimi vožnjami po asfaltiranih cestah, medtem ko je pri vožnji po makadamu (polna in prazna) pulz višji. Najnižji pulz v produktivnem času je med polno vožnjo po avtocesti, ki jo je voznik običajno opravil zjutraj, pred fizično napornejšimi deli. Najnižje vrednosti pulza so med zastoji zaradi organizacije. V tem času ima voznik tudi zakonsko opredeljen obvezen počitek, zato so vrednosti pulza med temi zastoji pričakovano najnižje.

Primerjava težavnosti dela po modelih pokaže (pregledica 7), da je pulz pri daljši vožnji bistveno nižji kot pulz pri krajši ali povprečni vožnji. Lahko rečemo, da se težavnost dela s

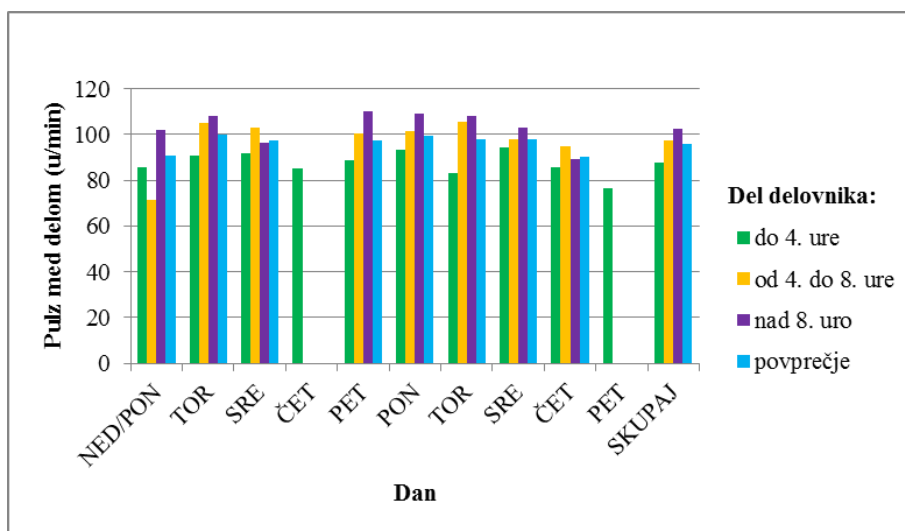
prevozno razdaljo zmanjšuje, saj se ob tem zmanjšuje tudi delež fizično bolj napornih delovnih operacij, kot sta nakladanje in razkladanje ter vožnja po makadamu. Od dopustnih mej je pri dnevni izpostavljenosti obremenitvam iz delovnega okolja presežena mejna vrednost delovnega pulza (35 u/min), izračunan delovni pulz v povprečnem delovniku je namreč znašal 43 u/min. Relativni pulz ni presegel predpisane mejne vrednosti.

Pri podrobni analizi polnih voženj po avtocesti smo ugotovili, da je pri tistih vožnjah, ki jih je opravil zjutraj, pulz bistveno nižji od tistih, ki jih je opravil v poznejšem času. To ni le posledica težavnosti dela med to delovno operacijo, pač pa tudi fizičnih obremenitev pred temi vožnjami. Voznik je namreč običajno kot prvo vožnjo prepeljal les od parkirišča kamiona do tovarne v Količevem, kjer večji del poti poteka po avtocesti.

V nadaljevanju prikazujemo analizo pulza med delom preko delovnikov (slika 8). Ugotovili smo, da težavnost dela narašča preko delovnika, kar je bilo najbolj očitno v šestem snemalnem dnevu (slika 7) ter tudi preko petih od osmih dni, kjer so bile meritve uspešno opravljene preko celega dne.



Slika 7: Potek pulza med delom v šestem snemalnem dnevu.



Slika 8: Vrednosti pulza med delom glede na del delovnika.

5.3 OBREMENITEV VOZNIKA GOZDARSKEGA KAMIONA Z ROPOTOM TER PRIMERJAVA Z DOPUSTNIMI MEJAMI

Na začetku tega podpoglavja najprej prikazujemo dnevni potek obremenitve z ropotom. Prikazujemo ekvivalentno jakost ropota (LA_{eq}) po delovnih operacijah, ki smo jo posneli v snemalnem dnevu. Iz grafa lahko opazimo, da del podatkov manjka. Vzrok je v prestavljanju merilne naprave za snemanje ropota iz kabine na čelado voznika (poglavje 4.3.3), oz. zaradi logističnih težav, ko nismo mogli v lesnopredelovalno tovarno in je takrat voznik sam razkladal les, časovne študije pa nismo izvajali. Ta del je bil v prvem delu snemalnega dne, na grafu ga vidimo kot najdaljše obdobje brez podatkov oz. najdaljši zastoj zaradi meritev.



V spodnji preglednici (preglednica 8) prikazujemo obremenitev voznika gozdarskega kamiona z ropotom ter trajanjem snemanja ropota po delovnih operacijah, skupno v času meritev ter skupno po modelih. Obremenitev prikazujemo z različnimi kazalniki.

Preglednica 8: Obremenitve voznika gozdarskega kamiona z ropotom.

DELOVNA OPERACIJA	Trajanje meritev (min)	LCpeak (dB(C))	LAeq (dB(A))	LAeq (dB(A))	LAeq.kor (dB(A))
Prazna vožnja asfalt	108,72	123,8	74,0	71,6	72,6
Prazna vožnja AC	12,50	107,8	74,6	73,3	73,9
Prazna vožnja makadam	19,25	126,7	74,5	67,7	70,6
Nakladanje					
- na sedežu	81,63	120,9	81,5	74,9	79,1
- iz sedeža	16,72	115,9	94,0	74,8	78,2
Polna vožnja asfalt	53,10	124,9	73,7	71,3	72,1
Polna vožnja AC	17,13	106,0	73,2	72,2	72,3
Polna vožnja makadam	12,07	108,0	73,0	71,4	72,0
Razkladanje					
- na sedežu	55,28	118,7	80,9	75,4	78,9
- iz sedeža	18,65	120,9	100,4	74,1	76,6
Premik med nakladanjem	0,43	110,8	69,6	62,9	66,2
Premik med razkladanjem	0,78	110,5	81,3	76,2	79,8
Premik po skladišču	1,35	124,9	80,2	68,7	74,1
Zastoj zaradi delovnih sredstev	15,30	111,1	73,3	54,8	58,4
Zastoj zaradi organizacije	20,28	117,6	87,6	68,3	71,7
Daljša vožnja	997,17	126,7	87,0	71,3	73,5
Krajša vožnja	647,08	126,7	88,6	72,7	75,7
Povprečna vožnja	682,09	126,7	88,4	72,5	75,4
Dnevna izpost. daljša vožnja	480,00	126,7	90,1	74,5	76,7
Dnevna izpost. krajša vožnja	480,00	126,7	89,9	74,0	77,0
Dnevna izpost. povprečna vožnja	480,00	126,7	89,9	74,1	77,0

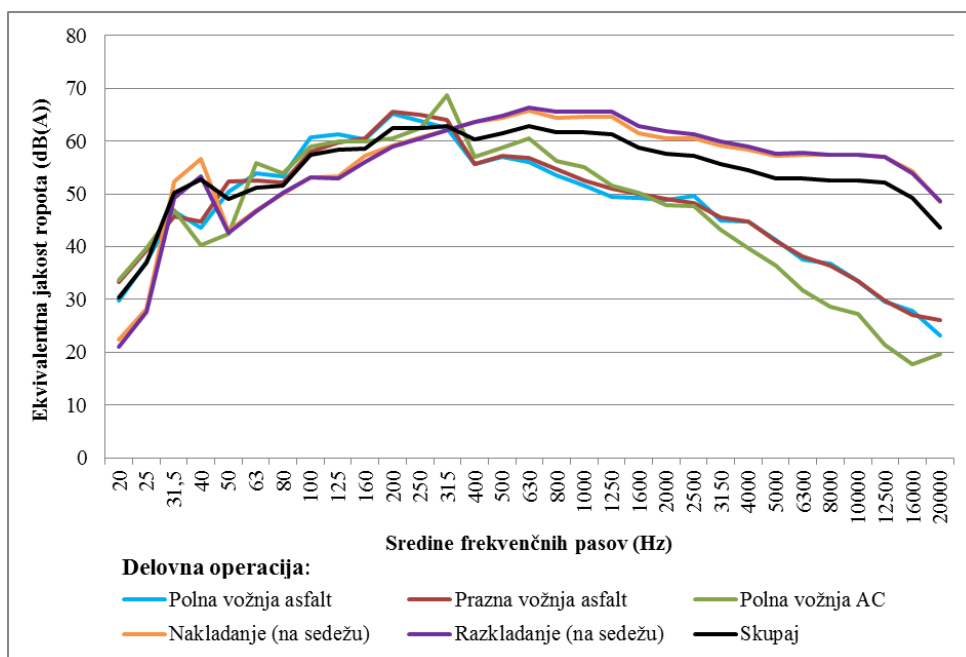
Obremenitev voznika gozdarskega kamiona z ropotom, izračunana na referenčno obdobje osmih ur, je v povprečnem delovniku po kazalniku LAeq.kor znašala 77,0 dB(A). Največ ropota med delovnimi operacijami se pojavlja med vrednostima 70 dB(A) in 80 dB(A). Najvišja vrednost po kazalniku LAeq.kor je bila izračunana pri premiku med razkladanjem (79,8 dB(A)), vendar pa je bilo trajanje teh meritev zelo kratko (46 sekund). Visoke vrednosti kazalnika LAeq.kor se pojavljajo pri delovnih operacijah nakladanje in razkladanje, tako takrat ko je voznik na sedežu nakladalne naprave, kot tudi ko se nahaja drugod – iz sedeža. Med delovnimi operacijami z višjimi LAeq.kor vrednostmi (med 70 in 75 dB(A)) so še polna in prazna vožnja asfalt, premik po skladišču ter zastoji zaradi

organizacije. Najnižje vrednosti ropota (pod 70 dB(A)) so pri delovnih operacijah premik med nakladanjem in zastoj zaradi delovnih sredstev.

Najvišja trenutna jakost ropota v času meritev znaša 126,7 dB(C) in je bila izmerjena med prazno vožnjo po makadamu. Visoke vrednosti (> 120 dB(C)) so bile izmerjene še pri polni vožnji po asfaltu, premiku po skladišču, prazni vožnji po asfaltu, pri nakladanju (ko je voznik na sedežu nakladalne naprave) ter pri razkladanju (ko je voznik zapustil sedež nakladalne naprave). Najnižje trenutne jakosti ropota so bile izmerjene pri polni in prazni vožnji po avtocesti ter polno vožnjo po makadamu (< 110 dB(C)).

Obremenitve voznika gozdarskega kamiona z ropotom smo, podobno kot težavnost dela, izračunali še za vse tri modele. Korigirana ekvivalentna jakost ropota se zaradi različne strukture delovnika posameznega modela nekoliko razlikuje, vendar pa po nobenem modelu v osemurnem delovniku ne preseže spodnje opozorilne vrednosti (80 dB(A)). Prav tako je pod spodnjo opozorilno vrednostjo (135 dB(C)) tudi konična jakost ropota (LCpeak).

Za analizo prispevka posameznih frekvenc k skupni obremenitvi voznika z ropotom smo opravili še frekvenčno analizo ropota glede na človekov slišni spekter, to je v območju med 20 in 20000 Hz.



Slika 10: Frekvenčni spekter ropota.

Obremenitve z ropotom v frekvenčnem območju med 31,5 Hz in 3150 Hz presežejo jakost ropota 40 dB(A), v območju med 100 Hz in 1000 Hz pa 50 dB(A) (slika 10). Prvi lokalni maksimum se pojavi med 31,5 Hz in 50 Hz, kar je posledica delovanja motorja v prostem teku (600 vrtljajev/min). Iz rezultatov lahko vidimo, da so obremenitve v frekvenčnem območju nad 315 Hz pri vožnji nižje kot pri nakladanju in razkladanju. To razliko lahko pripišemo vplivu kabine na obremenitev delavca. Zaradi visokega deleža trajanja delovnih operacij nakladanje in razkladanje (skupaj skoraj 1/3 delovnika) je skupna obremenitev delavca v višjih frekvenčnih pasovih višja, kot bi bila samo pri delu v kabini.

Na začetku tega podpoglavja prikazujemo dnevni potek obremenitev voznika gozdarskega kamiona s tresenjem celega telesa. Prikazujemo jakost tresenja po kazalniku RMS VTV po delovnih operacijah (slika 11), ki smo jo posneli v snemalnem dnevu. Tako, kot pri prikazu dnevne jakosti ropota, lahko tudi tu opazimo, da del podatkov manjka. Vzrok je v prestavljanju merilnih instrumentov iz sedeža v kabini na sedež nakladalne naprave, nepravilnem delovanju merilnih instrumentov ter, tako kot pri meritvah ropota, logistične težave, ko voznika nismo mogli spremljati na območju lesnopredelovalne tovarne. Najvišje RMS VTV sekundne vrednosti tresenja so se pojavljale med prazno vožnjo po makadamu, kjer so vrednosti dosegle $5,47 \text{ m/s}^2$.



Slika 11: Prikaz jakosti tresenja preko snemalnega dne.

Preglednica 9: Obremenitve voznika gozdarskega kamiona s tresenjem.

DELOVNA OPERACIJA	Trajanje meritev (min)				Jakost tresenja (m/s ²)				Skupna doza tresenja (m/s ^{1,75})			
	Meritve tresenja	Daljša vožnja	Krajša vožnja	Povprečna vožnja	RMS X	RMS Y	RMS Z	RMS VTV	VDV X	VDV Y	VDV Z	VDV VTV
Prazna vožnja asfalt	38,35	116,35	107,38	108,28	0,35	0,59	0,52	0,86	4,70	8,33	7,64	12,20
Prazna vožnja AC	7,00	92,33	17,88	25,32	0,17	0,25	0,47	0,56	1,46	2,22	4,59	5,47
Prazna vožnja makadam	6,85	15,33	28,84	27,49	0,43	1,05	0,65	1,31	4,11	11,45	7,47	14,47
Nakladanje												
- na sedežu	42,65	33,99	124,40	115,36	0,59	0,58	0,51	0,97	10,83	9,62	10,58	18,02
- iz sedeža	16,72	6,51	23,83	22,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Polna vožnja asfalt	45,08	160,50	100,39	106,40	0,36	0,46	0,51	0,77	4,93	6,19	6,96	10,63
Polna vožnja AC	17,13	97,08	20,82	28,45	0,21	0,20	0,42	0,51	1,94	1,83	3,97	5,26
Polna vožnja makadam	11,25	4,83	34,40	31,44	0,38	0,74	0,56	1,00	3,54	7,05	5,32	9,56
Razkladanje												
- na sedežu	55,28	37,46	49,71	48,49	0,62	0,71	0,45	1,04	8,63	8,68	7,26	14,23
- iz sedeža	18,65	23,00	30,53	29,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Premik med nakladanjem*	1,17	0,00	10,04	9,03	0,35	0,50	0,41	0,73	2,75	3,96	5,49	7,70
Premik med razkladanjem*	1,17	4,83	1,64	1,96	0,35	0,50	0,41	0,73	1,88	2,70	3,74	5,25
Premik po skladišču	1,17	22,57	25,09	24,84	0,35	0,50	0,41	0,73	3,55	5,11	7,07	9,92
Zastoj zaradi delovnih sredstev	15,30	30,70	5,95	8,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zastoj zaradi organizacije	20,28	351,13	65,48	94,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Daljša vožnja		997,17			0,27	0,38	0,37	0,60	10,05	12,60	11,91	19,62
Krajša vožnja			647,08		0,40	0,54	0,46	0,81	12,22	14,40	13,19	22,59
Povprečna vožnja				682,09	0,39	0,52	0,45	0,78	12,05	14,25	13,08	22,34
Dnevna izpost. daljša vožnja (RMS/VDV)		480,00/997,17			0,39	0,54	0,54	0,86	10,05	12,60	11,91	19,62
Dnevna izpost. krajša vožnja (RMS/VDV)			480,00/647,08		0,47	0,62	0,53	0,94	12,22	14,40	13,19	22,59
Dnevna izpost. povp. vožnja (RMS/VDV)				480,00/682,09	0,46	0,62	0,53	0,93	12,05	14,25	13,08	22,34

*vrednosti obremenitev povzete po delovni operaciji premik po skladišču

Najvišje jakosti tresenja po kazalniku RMS so pri vožnjah po makadamu – v smeri Y, in sicer je prazna vožnja ($1,05 \text{ m/s}^2$) z vidika obremenitve voznika s tresenjem, pričakovano, bolj obremenjujoča kot polna ($0,74 \text{ m/s}^2$). Najmanjše jakosti tresenja se pojavljajo pri vožnji po avtocesti v smeri Z ($0,42 \text{ m/s}^2$ polna in $0,47 \text{ m/s}^2$ prazna), kjer so hitrosti vožnje sicer velike, je pa zato podlaga, po kateri vozilo pelje, bistveno bolj ravna in gladka v primerjavi s katero drugo vrsto podlage (ceste v/med naselji, makadam).

Med samo vožnjo se pojavljajo najvišje obremenitve voznika pri vožnji po makadamu, sledi vožnja po asfaltu, najnižje obremenitve pa so pri vožnji po avtocesti (kazalnik RMS VTV). Pri prazni vožnji so obremenitve s tresenjem višje kot pri polni vožnji. Na to ima lahko vpliv hitrost vožnje, ki je pri natovorjenem vozilu manjša. Prav tako lahko večja masa natovorjenega vozila blaži sunke tresenja.

Glede na jakost obremenitev pri vožnji vidimo, da so pri vožnji po asfaltu najvišje obremenitve v Y in Z smeri, pri vožnji po makadamu v Y ter pri vožnji po avtocesti v Z smeri. Neravnost podlage in poškodbe vozišč (udarne jame, kolesnice) povzročajo najvišje tresenje v Y smeri. Makadamske ceste imajo takih poškodb največ, zato so tudi obremenitve v Y smeri pri tem najvišje. Obratno je pri vožnji po avtocesti, kjer je podlaga običajno ravna, tresenje pa je odvisno predvsem od lastnosti sedeža.

Pri nakladanju in razkladanju, ko je voznik na sedežu nakladalne naprave, so obremenitve s tresenjem zelo visoke, višje so le pri vožnji po makadamu. Pri nakladanju ($\text{RMS X} = 0,59 \text{ m/s}^2$) so precej enake jakosti tresenja glede na os, pri razkladanju ($\text{RMS Y} = 0,71 \text{ m/s}^2$) pa je najvišja Y smer, kateri sledi X ter nazadnje še Z smer. Na višje jakosti tresenja glede na smer Y pri razkladanju bi lahko vplivalo hitrejše delo voznika kamiona z nakladalno napravo, saj mu pri razkladanju ni potrebno biti tako natančen in lahko delo opravlja hitreje, posledično pa so tudi jakosti tresenja večje. Zaradi visokih jakosti tresenja v Y in X smeri v procesu nakladanja in razkladanja tako vzrok za visoke obremenitve s tresenjem ni v sami konstrukciji sedeža pač pa v mestu njegove namestitve (nameščen je na nakladalno napravo visoko nad tlemi) ter stabilizacijo vozila.

V preglednici 9 prikazujemo tudi skupno dozo tresenja (VDV) po delovnih operacijah, in sicer glede na povprečno sestavo delovnika (povprečna vožnja), pridobljenega iz 10-dnevne študije časa. Rezultati analize VDV jakosti tresenja so glede na smeri in delovne operacije identični ugotovitvam, ki smo jih podali za RMS jakost tresenja.

Modelne vrednosti tresenja smo prikazali tako za kazalnik RMS kot tudi za kazalnik VDV. Pri obeh so, ne glede na tip vožnje (dolga, kratka, povprečna), najnižje obremenitve v horizontalni (X) in najvišje v aksialni (Y) smeri. Ko primerjamo posamezne modele voženj med seboj po posameznih smereh, ugotovimo, da je voznik najbolj obremenjen pri krajši vožnji, najmanj pa pri daljši vožnji – to velja za oba kazalnika. Obremenitve so pri daljši vožnji najmanjše zaradi bistveno večjega deleža zastojev zaradi organizacije, kjer so obremenitve s tresenjem nične in večjega deleža vožnje po avtocesti, kjer so vrednosti tresenja najnižje. Pri modelnem izračunu obremenitev s tresenjem smo namreč zastoja zaradi organizacije in delovnih sredstev upoštevali kot delovni operaciji, pri katerih voznika ni na sedežu. Pri izračunih tresenja ju tako nismo upoštevali, pa čeprav se kdaj zgodi, da je delavec takrat na sedežu.

Za primerjavo z dopustnimi mejami smo morali RMS vrednosti po posameznih smereh normalizirati še na referenčno obdobje (enačba 10), pri celotni dozi tresenja (VDV) pa smo upoštevali dejansko trajanje povprečnega delovnika (enačba 13). Pri slednji je tako dnevna izpostavljenost tresenju enaka obremenitvam pri povprečni vožnji. Opozorilna vrednost izpostavljenosti tresenju v poprečnem delovniku, normalizirana na referenčno obdobje osmih ur, je torej presežena ($RMS = 0,62 \text{ m/s}^2$). Prav tako je v povprečnem delovniku presežena opozorilna vrednost skupne doze tresenja ($VDV = 14,25 \text{ m/s}^{1,75}$).

Glede na kazalnik RMS je opozorilna vrednost dnevne izpostavljenosti tresenju presežena pri delovnih operacijah: prazna in polna vožnja makadam, prazna in polna vožnja asfalt, nakladanje in razkladanje (ko je voznik na sedežu nakladalne naprave) ter med premiki po skladišču in premiki med nakladanjem in razkladanjem. Zaradi sheme poskusa pri delovnih operacijah premik med nakladanjem in premik med razkladanjem nismo uspeli izmeriti obremenitev s tresenjem, zato smo jih povzeli glede na obremenitve voznika s tresenjem po najbolj podobnem tipu vožnje, tj. premik po skladišču. Pri modelnem izračunu

obremenitev s tresenjem pri premikih po skladišču smo upoštevali, da je voznik na sedežu 100 % časa. Upoštevajoč strukturo časa povprečnega delovnika je opozorilna vrednost po kazalniku VDV presežena pri delovnih operacijah prazna vožnja po makadamu in pri nakladanju.

V preglednici 9 so zgolj iz raziskovalnega vidika predstavljene še vektorske (VTV) vrednosti za oba kazalnika, vendar jih zaradi nepovezanosti z dopustnimi mejami in zakonodajo nismo komentirali.

6 RAZPRAVA

6.1 STRUKTURA DELOVNEGA ČASA IN IZPOSTAVLJENOST DELAVCA

Časovna struktura delovnika ima močno povezavo z obremenitvami delavca, saj se praviloma z daljšo izpostavljenostjo negativnim dejavnikom iz delovnega okolja povečuje tudi skupna obremenitev delavca, v našem primeru voznika gozdarskega kamiona. Na podlagi časovne strukture lahko ugotovimo za delavčevo zdravje potencialno najbolj škodljivo delo in temu primerno oblikujemo priporočila, ki bi predvsem dolgoročno zmanjšala možnost nastanka poklicnih bolezni. Analiza časovne strukture je seveda pomembna tudi z vidika organizacije in produktivnosti dela (Winkler, 1997).

Na podlagi 10-dnevne študije smo dobili trajanje delovnika, ki je pri daljši vožnji (527 km/dan) znašal 16,62 ur, pri vožnji na krajše razdalje (262 km/dan) 10,78 ur, povprečni delovnik desetih snemalnih dni na povprečni razdalji (289 km/dan) pa 11,37 ur. Če dolžino delovnikov primerjamo z raziskavo Lipoglavška in Trkmana (1986), ugotovimo, da je bilo trajanje delovnikov njihove raziskave še vedno precej krajše od trajanja delovnikov naše raziskave.

Voznik je povprečju porabil 15,9 % delovnega časa za prazno vožnjo po asfaltnih cestah. Če zraven dodamo še delež vožnje po avtocesti (3,7 %), je to skupno skoraj dvakrat več, kot pa je delež (11,2 %) prazne vožnje po asfaltnih cestah Lipoglavškove in Trkmanove (1986) raziskave o tresenju. Obratno je pri prazni vožnji po makadamu, kjer je v našem primeru voznik porabil 4 % delovnega časa, pri Lipoglavškovi in Trkmanovi (1986) raziskavi pa kar 13,6 %. Podobna razmerja se pojavljajo tudi pri polni vožnji. Prevoz lesa se je namreč v preteklih desetletjih prevažal predvsem iz gozda na bližnja centralizirana skladišča oz. žage. Na večji delež vožnje po makadamu je imela v preteklosti zagotovo vpliv manjša odprtost z asfaltiranimi cestami (tudi medkrajevnimi), slabša vzdrževanost makadamskih cest in manj zmogljivi kamioni, ki so v kombinaciji s slabo podlago v preteklosti dosegali manjše hitrosti, posledično pa je bil tudi delež vožnje po makadamu v delovnem času večji.

Za prazno vožnjo, ne glede na vrsto podlage oz. ceste, je voznik porabil 23,6 %, za polno vožnjo pa 24,4 % delovnega časa. Delež med prazno in polno vožnjo je tako dokaj podoben in smislen, saj če so razdalje od mesta nakladanja do mesta razkladanja in obratno v povprečju enake, gre lahko malenkost večji delež polne vožnje v primerjavi s prazno vožnjo na račun nižje hitrosti vožnje s tovorom naloženega kamiona s prikolico. Lipoglavšek in Trkman (1986) sta za prazno vožnjo v delovnem času ugotovila podoben odstotek trajanja (24,4 %), za polno vožnjo pa je, glede na njihovo raziskavo, potrebnega več časa (30,5 %). Zaradi manj zmogljivih kamionov se tu pojavi še večja razlika pri porabi časa med prazno in polno vožnjo.

Ob primerjavi polne in prazne vožnje glede na kategorijo ceste lahko vidimo, da so deleži dokaj podobni. Prazna vožnja po asfaltni cesti (brez avtoceste) v delovniku zavzema 15,9 % časa, medtem ko polna vožnja po isti kategoriji ceste 15,6 % delovnega časa. Primerjava porabe časa med prazno (3,7 %) in polno (4,2 %) vožnjo po avtocesti kaže, za razliko od vožnje po asfaltni cesti, na večji delež porabe delovnega časa pri polni vožnji. Tudi primerjava med prazno in polno vožnjo po makadamskih cestah kaže na večji delež polne vožnje (4,0 % in 4,6 %), vendar so v vseh primerih razlike med praznimi in polnimi vožnjami zelo majhne.

Za nakladanje in razkladanje (prekladanje) je potrebna približno tretjina delovnika oz. 33,4 %, kar je več kot v raziskavi Lipoglavška in Trkmana (1986), kjer je bil ta delež 21,4 % oz. 24,7 %. Ko primerjamo trajanje nakladanja in razkladanja še s količino tovara, vidimo, da voznik v našem primeru za prekladanje potrebuje $8,9 \text{ min/m}^3$, po raziskavi Lipoglavška in Trkmana (1986) pa $6,6 \text{ min/m}^3$. Seveda bi pričakovali, da bo sodobnejša tehnologija hitrejša in z večjimi učinki, vendar pa so lahko nastale razlike pri prekladanju lesa tudi kot posledica dejavnikov povezovanja in razvezovanja naloženega lesa ter pometanja nakladalne površine po končanem razkladanju, katerih čase smo v naši raziskavi vključili v sam proces nakladanja oz. razkladanja. Če bi upoštevali le čas, ki ga voznik preživi na sedežu nakladalne naprave, bi bil delež prekladanja enak 24 % delovnega časa.

Trajanje nakladanja in razkladanja je seveda pogojeno tudi z velikostjo sortimentov. Pri drobnejših sortimentih voznik največ časa porabi za primerno razporeditev le-teh po

nakladalni površini (Lipoglavšek in Trkman, 1986). Za razkladanje je voznik povprečno porabil približno 40 % manj časa kot za nakladanje. Tudi Kure (1990) je ugotovil, da so časi razkladanja približno za polovico krajši kot časi nakladanja pri vseh sortimentih. Podobno je ugotovil tudi Bojanin (1985). Lipoglavšek in Trkman (1986) sta iz analize tresenja dobila približno 3-kratno razmerje, saj naj bi voznik v povprečju potreboval 18,7 % za nakladanje in le 6 % delovnega časa za razkladanje.

Voznik je dnevno v povprečju opravil 3 cikle, kjer je prevožen tovor enega cikla znašal 24,5 m³. Vozniki kamionov v Lipoglavškovi in Trkmanovi raziskavi ropota (1986) so dnevno prav tako opravili 3 cikle, vendar pa prepeljali manj lesa na posamezen cikel (18 m³). Težnja po daljših prevoznih razdaljah se je v zadnjih desetletjih zagotovo bistveno spremenila, saj se morajo trgovsko-prevozna podjetja vse bolj prilagajati potrebam trga. Močnejša vozila z večjo nosilnostjo v kombinaciji z boljšimi cestami (predvsem avtocestami) nam tako v primerjavi s transportom iz 80. let omogočajo daljše in še vedno ekonomične prevozne razdalje.

V raziskavi smo opravili še izračun porabe goriva. Kure (1990) je pri treh tipih kamionov Magirus z zračno hlajenim štiritaktnim dizelskim V-motorjem in dvoosno prikolico (NDM 38 000 kg) ugotovil porabo goriva 67 l/100 km. Poraba goriva iz naše raziskave pri kamionu MAN 28.480 TGS pa je znašala 56 l/100 km. Prav tako je poraba goriva manjša, kot jo navajajo drugi avtorji (Petkovšek, 2010). Manjša poraba novejšega kamiona je posledica razvoja tehnologije, ki teži k čim boljšemu izkoristku goriva ter posledica močnejšega motorja, zaradi katerega vožnja pod visokimi vrtljaji motorja, kjer je visoka tudi poraba goriva, v primerjavi z manj zmogljivimi motorji, ni potrebna. Poraba goriva je izračunana za model krajših voženj, saj za prvi snemalni dan, ko je bila najdaljša vožnja, nismo dobili podatkov o količini goriva.

Zastoji zaradi organizacije zavzemajo 13,8 % delovnega časa, kar je, preračunano na 8 ur – 1,2 ure. Glavni razlogi za nastanek teh zastojev so zakonske omejitve (Zakon o delovnem času., 2007), med katerimi si voznik vzame tudi odmore za osebne potrebe (malico, postanek za kavo itd.). Drugi večji razlog za nastanek zastojev zaradi organizacije je čakanje na razkladanje lesa pred lesnopredelovalnimi tovarnami. Na te dejavnike voznik

sam nima posebnega vpliva, lahko pa bi se jih dalo zmanjšati z drugačnim urnikom voženj, ki bi v času konic razkladanj predvidel vožnjo na druge lokacije. Ker je delovnik pogojen tudi z drugimi dejavniki, kot so delovni čas tovarn, manipulantov, prisotnost prodajalca ali kupca itd., se bodo zastoji zaradi čakanja vedno pojavljali. Z vidika delodajalca so zastoji seveda nepotreben in nezaželen čas, za delavca pa je to čas odmora, ko si lahko odpočije in nato bolj zbrano in tudi z večjo produktivnostjo nadaljuje delo (Lipoglavšek in Kumer, 1998).

Delež vseh zastojev je znašal 15,0 %, kar je manj kot sta ugotovila Lipoglavšek in Trkman (1986), kjer je ta delež znašal 23,7 % (skupaj z zastoji zaradi meritev). Kljub temu lahko zaključimo, da se je poleg izboljšav na področju mehanizacije izboljšala tudi organizacijska struktura delovnega mesta voznika gozdarskega kamiona. K temu pripomorejo tudi mobilni telefoni in drugi pripomočki (navigacija), ki omogočajo lažjo in hitrejšo uskladitev med vsemi, s katerimi voznik gozdarskega kamiona na terenu sodeluje oz. je od njih odvisen.

Med različnimi modeli vožnje so največje razlike pri deležu zastojev zaradi organizacije, vožnji po avtocesti (polna in prazna vožnja) ter pri nakladanju in razkladanju. Pri daljši vožnji, v primerjavi s krajšo vožnjo, zavzemajo zastoji zaradi organizacije ter vožnja po avtocesti bistveno večji delež v sestavi delovnika, pri tem pa je manjši delež nakladanja in razkladanja.

6.2 TEŽAVNOST DELA VOZNIKA GOZDARSKEGA KAMIONA

Pulz med delom v povprečnem trajanju delovnika (11,37 ur) znaša 96 u/min. Pri delovnem pulzu, ki se je uveljavil kot merilo ugotavljanja težavnosti dela (Wu in Wang, 2002; Rodahl, 1989), je mejna vrednost (35 u/min) presežena za 8 u/min. Ob upoštevanju relativnega pulza kot kazalnika težavnosti dela mejna vrednost (40 %) ni presežena, saj relativni pulz dosega 31 %.

Kadar voznik opravlja daljšo vožnjo, kjer je trajanje delovnika za dobrih 5 ur in 50 minut daljše od modelne krajše vožnje, so vrednosti pulza med delom, delovnega in relativnega

pulza, v primerjavi s krajšo vožnjo, nižje. Pričakovati je, da se težavnost dela s trajanjem dela povečuje, kar se seveda dogaja tako pri daljši kot pri krajši vožnji, vendar je ta povezanost z grafične analize bistveno bolj razvidna pri krajši vožnji. Razlike v težavnosti dela med daljšo in krajšo vožnjo nastanejo predvsem na račun drugačne sestave delovnika, kjer imajo delovne operacije z nizkimi fizičnimi obremenitvami (npr. zastoji zaradi organizacije, vožnja po avtocesti) večji delež, delovne operacije z višjimi obremenitvami (npr. nakladanje, razkladanje) pa manjši delež v delovnem času pri daljšem tipu vožnje. Tu imajo največji vpliv zastoji zaradi organizacije, ki imajo skupaj z vožnjo po avtocesti najmanjšo težavnost dela in hkrati v primerjavi s krajšo vožnjo bistveno večji delež trajanja v delovnem času. Čeprav delo na nakladalni napravi samo po sebi fizično ni tako zelo naporno, pa je v kombinaciji z vzpenjanjem in sestopanjem iz dvigala ter z drugimi, predvsem vremenskimi dejavniki (temperaturo, vetrom, padavinami), bistveno bolj naporno kot na primer vožnja. Relativno visoke so tudi jakosti ropota in tresenja, ki lahko prav tako vplivajo na večjo težavnost dela (Heinonen in sod., 1987).

V primerjavi z raziskavami drugih voznikov kamionov v cestnem prometu tujih avtorjev (Stoynev in Minkova, 1997) se je izkazalo, da so vozniki gozdarskih kamionov glede na težavnost dela bistveno bolj obremenjeni kot vozniki cestnega prometa. S primerjavo raziskav lahko argumentiramo naše ugotovitve, da je sestava delovnika po delovnih operacijah še kako pomembna, saj vozniki cestnega prometa ne opravljajo nakladanja in razkladanja tovara, pač pa to običajno opravijo drugi delavci (z viličarji oz. drugimi stroji ali napravami). Glede na to, da voznik gozdarskega kamiona za nakladanje in razkladanje porabi približno tretjino delovnega časa in da je bila pri teh delovnih operacijah ugotovljena največja težavnost dela, je v primerjavi z drugimi tipi kamionskega transporta temu primerno višja tudi skupna težavnost dela. Kot smo ugotovili pri analizi razlik v težavnosti dela med daljšo in krajšo vožnjo, ima lahko na večjo težavnost dela pri krajši vožnji poleg večjega deleža nakladanja in razkladanja tudi manjši delež vožnje po avtocesti in večji delež vožnje po makadamskih cestah.

Tudi primerjava težavnosti dela z vozniki avtobusov (Mackie, 1978) kaže na to, da je voznik gozdarskega kamiona bistveno bolj obremenjen kot nekateri drugi poklicni vozniki, saj se vrednosti pulza med delom pri voznikih avtobusov (Mackie, 1978) gibljejo med 74

u/min in 81 u/min, kar je v povprečju še nekaj manj, kot je bila ugotovljena težavnost dela pri voznikih kamionov v cestnem prometu (Stoynev in Minkova, 1997). Glede na tuji raziskavi (Mackie, 1978; Stoynev in Minkova, 1997) bi delo voznika umestili v kategoriji (Lipoglavšek in Kumer, 1998) mirovanje sede oz. majhna delovna obremenitev, kar pa ne moremo reči za voznika gozdarskega kamiona naše raziskave. Tudi nekateri slovenski avtorji (Lipoglavšek in Kumer, 1998) so delo voznika gozdarskega kamiona opredelili kot duševno rutinsko delo. V naši raziskavi pa smo ugotovili, da bi po klasifikaciji (Lipoglavšek in Kumer, 1998) težavnost dela voznika gozdarskega kamiona glede na pulz med delom smatrali kot zmerno delovno obremenitev.

Če težavnost dela voznika gozdarskega kamiona primerjamo s težavnostjo dela pri strojni sečnji in spravilu lesa, ugotovimo, da je vrednost povprečnega delovnega pulza pri strojni sečnji in spravilu 17,1 u/min oz. 16,4 u/min (Stampfer, 1997), kar je približno trikrat manj, kot so vrednosti delovnega pulza med nakladanjem in razkladanjem pri vozniku gozdarskega kamiona, celotna težavnost dela voznika pa je približno 2,5-krat večja kot težavnost dela strojne sečnje.

Za zmanjševanje skupne težavnosti dela so ukrepi najbolj smiselni v procesu prekladanja lesa ter vožnje po makadamu. Težavnost dela v procesu nakladanja in razkladanja bi lahko zmanjšali s tem, da bi bil les za nakladanje pripravljen na čim manjši skladiščni površini. Tako bi bilo potrebnih manj vmesni premikov vozila, s tem pa bi se pojavljalo tudi manj kratkotrajnih fizičnih obremenitev, kot so vzpenjanje in sestopanje na oz. s sedeža nakladalne naprave ter na oz. s sedeža v kabini kamiona, ki vplivajo na večjo težavnost dela v procesu prekladanja lesa. K zmanjševanju težavnosti med prekladanjem lesa bi v veliki meri pripomoglo tudi opravljanje tega procesa z drugo mehanizacijo, kar pa je izvedljivo le na nekaterih mehaniziranih skladiščih lesa. Težavnost dela po makadamskih cestah bi se lahko zmanjšala z nižjo hitrostjo vožnje, skupna težavnost dela pa z več vmesnimi kratkotrajnimi odmori, ki težavnost dela uspešneje zmanjšujejo, kot pa manj daljših odmorov (Žmuc, 2011).

6.3 OBREMENITEV VOZNIKA GOZDARSKEGA KAMIONA Z ROPOTOM

V povprečnem delovnem času obremenitev voznika gozdarskega kamiona s tresenjem po kazalniku LAeq, ki se običajno uporablja za primerjavo s tujimi raziskavami, znaša 72,5 dB(A), izračunana na referenčno obdobje osmih ur pa 74,1 dB(A). Ob primerjavi s starejšimi raziskavami iz 80. let (Lipoglavšek in Trkman, 1986) lahko ugotovimo, da so obremenitve voznika gozdarskega kamiona z ropotom sedaj nižje. Vzroke za to lahko najdemo v zvočno dobro izoliranih kabinah in močnejših ter zmogljivejših motorjih, ki so se uveljavili v zadnjih letih, pri katerih vožnja z visokimi vrtljaji motorja ni več tako pogosta, kot je bila včasih (Lipoglavšek in Kumer, 1998). Dnevna izpostavljenost obremenitvam ropotu je precej nižja tudi s primerjavami nekaterih novejših raziskav (Neitzel in Yost, 2002). Obremenitve voznika gozdarskega kamiona z ropotom so tako za 17 dB(A) višje kot v naši raziskavi (WorkSafeBC, 2016). Predpisane dopustne meje presegajo tudi nekateri drugi tipi kamionskega prevoza (Tubbs, 1999; Lacerda in sod., 2015).

Pri nakladanju in razkladanju, kjer je ekvivalentna jakost ropota najvišja, je po naši oceni pomemben predvsem položaj nakladalne naprave. Nakladalna naprava je bila v našem primeru nameščena na zadnji del kamiona in tako daleč od virov ropota (motorja, izpuha). Glede na to, da voznik preživi kar 24 % delovnega časa na sedežu nakladalne naprave, lahko položaj nakladalne naprave bistveno vpliva na skupno obremenjenost voznika z ropotom. Da je ekvivalentna jakost ropota najvišja pri nakladanju in razkladanju, so ugotovili tudi drugi avtorji (Lipoglavšek in Trkman, 1986), ki ugotavljajo tudi, da je pri kamionih s slabšo zvočno izolacijo kabine jakost ropota lahko najvišja pri vožnji kamiona. Jakost ropota je pri polni vožnji po asfaltnih cestah primerljiva s prazno vožnjo, medtem ko drugi avtorji (Lipoglavšek in Trkman, 1986) ugotavljajo, da je ropot pri polni vožnji po asfaltnih cestah običajno višji kot ropot pri prazni vožnji. Ropot pri vožnji po makadamu je po nekaterih raziskavah (Lipoglavšek in Trkman, 1986) višji kot pri vožnji po asfaltu in enak ne glede na natovorjenost vozila, kar ne moremo trditi za našo raziskavo. Ugotovili smo namreč, da imajo polna vožnja po makadamu ter polna in prazna vožnja po asfaltu zelo podobne jakosti ropota, medtem ko je ropot pri prazni vožnji po makadamu nižji.

Z večanjem prevozne razdalje se obremenitve voznika z ropotom nekoliko zmanjšujejo. Razlika med daljšo in krajšo vožnjo je po kazalniku L_{Aeq} znašala 0,5 dB(A). Podobno so ugotovili tudi drugi avtorji (Lipoglavšek in Trkman, 1986). Na to vpliva predvsem drugačna sestava delovnika po delovnih operacijah, kjer imata nakladanje in razkladanje največji negativni vpliv, njun delež se z večjo prevozno razdaljo zmanjšuje, poveča pa se delež manj hrupnih delovnih operacij (zastoji zaradi organizacije ter vožnja po avtocesti).

Največja variabilnost jakosti ropota se med produktivnimi delovnimi operacijami pojavlja med vožnjo po asfaltu ter vožnje po makadamu, kjer se vrtljaji motorja spreminjajo glede na vozne razmere in potrebe. Nasprotno so ugotovili drugi avtorji (Lipoglavšek in Trkman, 1986), saj po njihovih raziskavah med prekladanjem lesa jakost ropota najmočnejše niha, precej manj pa pri vožnji po asfaltnih cestah. Variabilnost jakosti ropota je povečana tudi med zastoji zaradi menjavanja dela izven kabine in dela v kabini.

Lipoglavšek in Trkman (1986) sta pri analizi frekvenčnega spektra ugotovila najvišje jakosti ropota pri nizkih frekvencah, kar potrjuje tudi naša raziskava. Pri prostem teku motorja so izrazito poudarjene nizke frekvence (31,5 Hz). Pri nakladanju in razkladanju, kjer voznik za hitrejše delovanje nakladalne naprave nastavi višje vrtljaje motorja (700 vrtljajev/min), pa se pojavlja lokalni maksimum pri 40 Hz. Pri nakladanju in razkladanju se pojavljajo visoke jakosti ropota v višjih frekvencah, ki skupaj z visokim deležem v delovnem času (33,3 %) vplivajo na skupno sliko obremenitev z ropotom po frekvenčnih pasovih.

Na podlagi analize ropota lahko zaključimo, da se obremenjenost voznika gozdarskega kamiona z razvojem tehnologije uspešno zmanjšuje. Pri naši raziskavi je namreč voznik vozil kamion starosti pol leta in ima v primerjavi s kamioni 80. let bistveno boljšo zvočno izolacijo kabine. Večja moč motorja omogoča vožnjo pod nižjimi vrtljaji motorja, ki ne povzročajo velikega hrupa, saj se jakost ropota s povečevanjem vrtljajev motorja povečuje približno linearno (Lipoglavšek in Trkman, 1986).

Glede na to, da so obremenitve voznika gozdarskega kamiona z ropotom pod dopustnimi mejami, posebnih izboljšav na tem področju z vidika varovanja zdravja ni potrebnih.

Drugače je z vidika udobja in motnje dela, kjer so dopustne meje nižje (70 dB(A)). Za uspešno zmanjševanje obremenitev z ropotom je potrebno zmanjšati obremenitve predvsem med prekladanjem, kar bi bilo mogoče z zmanjšanjem emisije hrupa motorja kamiona, dodatno kabino na nakladalni napravi ali navsezadnje tudi z uporabo glušnikov.

6.4 OBREMENITEV VOZNIKA GOZDARSKEGA KAMIONA S TRESENJEM CELEGA TELESA

Na tresenje je človeško telo v različnih smereh različno občutljivo, zato smer delovanja tresenja pomembno vpliva na obremenitev. Analiza jakosti tresenja pri vozniku gozdarskega kamiona je pokazala, da so najnižje obremenitve v horizontalni (X) smeri, višje v vertikalni (Z) smeri in najvišje v aksialni (Y) smeri. Lipoglavšek in Trkman (1986) sta ugotovila, da je tresenje v horizontalni in aksialni smeri zelo podobnih jakosti, dosega pa večje jakosti kot tresenje v vertikalni smeri. Griffin (1978), Medved (1983), Neitzel in Yost (2002) ter Mayton in sod. (2007) pa so kot najbolj obremenjujočo opredelili vertikalno smer.

Skupna doza tresenja voznika gozdarskega kamiona v povprečnem delovniku (11,37 ur) ne presega mejne vrednosti, presega pa opozorilno vrednost. Skupna doza tresenja je znašala $14,25 \text{ m/s}^{1,75}$, največje obremenitve so v aksialni (Y) osi. Avtorji (Mayton in sod., 2007), ki so primerjali obremenitve voznikov kamiona s tresenjem, so ugotovili, da pri starejših kamionih predpisana opozorilna vrednost ni bila presežena v nobenem primeru, medtem ko je bila pri novejših kamionih opozorilna vrednost presežena v treh od osmih primerov. Dnevna doza tresenja je dosegala nekoliko nižje vrednosti, kot smo jih ugotovili v naši raziskavi.

Enako kot skupna doza tresenja je bila presežena opozorilna vrednost po kazalniku RMS, mejna vrednost pa ne. Prav tako so največje obremenitve v aksialni (Y) smeri, jakost tresenja v osemurnem delovniku pa dosega $0,62 \text{ m/s}^2$. Tudi na podlagi drugih raziskav (Lipoglavšek in Trkman, 1986; Neitzel in Yost, 2002; Mayton in sod., 2007) je bila ugotovljena presežena opozorilna vrednost po kazalniku RMS, medtem ko je bila presežena mejna vrednost ugotovljena le pri nekaterih starejših kamionih (Mayton in sod., 2007). K skupni obremenitvi največ prispevata prazna vožnja po makadamu, ki dosega največjo jakost tresenja ($1,05 \text{ m/s}^2$), ter polna vožnja po makadamu ($0,74 \text{ m/s}^2$). Tresenje pri polni vožnji je ne glede na tip ceste manjše kot tresenje pri prazni vožnji. Do enakih zaključkov so prišli tudi drugi avtorji (Medved, 1983; Lipoglavšek in Trkman, 1986). S prevozno razdaljo se zmanjšuje obremenitev voznika gozdarskega kamiona tako po

kazalniku RMS kot VDV, kar gre na račun predvsem večjega deleža vožnje po bolj ravni podlagi ter manjšega deleža nakladanja in razkladanja.

Razkladanje in nakladanje sta za vožnjo po makadamu naslednji delovni operaciji, kjer jakosti tresenja dosegaajo najvišje vrednosti ($0,71 \text{ m/s}^2$ oz. $0,59 \text{ m/s}^2$), kar je skladno z ugotovitvami drugih raziskav (Medved, 1983; Lipoglavšek in Trkman, 1986). Nekateri avtorji navajajo, da so obremenitve največje v horizontalni (Lipoglavšek in Trkman, 1986), drugi pa v aksialni smeri (Medved, 1983). Rezultati naše raziskave so pokazali, da je pri nakladanju jakost tresenja največja v horizontalni, pri razkladanju pa v aksialni smeri. V vseh primerih je jakost tresenja najmanjša v vertikalni smeri. V nasprotju z našo raziskavo drugi avtorji (Lipoglavšek in Trkman, 1986; Medved, 1983) ugotavljajo večjo jakost tresenja pri nakladanju kot pri razkladanju. Na manjšo jakost tresenja pri nakladanju lahko vpliva manjša hitrost dela z nakladalno napravo ter način nakladanja oz. razkladanja. Voznik namreč lahko najprej naloži nakladalno površino kamiona, s tem pa naredi vozilo bolj stabilno. Z enakim namenom lahko tovor najprej razloži s prikolice, šele nato s kamiona. Tak način dela se lahko obnese, če lesa pri nakladanju oz. razkladanju ni potrebno še dodatno sortirati.

Primerjava dela voznika pri prevozu lesa z delom strojnika zgibnega polprikoličarja pokaže, da se prekladanje lesa opravlja s podobno nakladalno napravo, bistvena razlika pa je v poziciji delavca, kjer je strojnik zgibnega polprikoličarja v kabini. Povprečne vrednosti jakosti tresenja se pri zgibnih polprikoličarjih pri razkladanju gibljejo okoli $0,41 \text{ m/s}^2$ in $0,55 \text{ m/s}^2$ pri nakladanju lesa (Rehn in sod., 2005). V primerjavi z nakladanjem pri gozdarskem kamionu jakosti tresenja dosežejo podobne vrednosti, večja pa je razlika pri razkladanju lesa, ki je pri gozdarskem kamionu večja za $0,30 \text{ m/s}^2$.

Ukrepi, ki bi zmanjševali obremenitve s tresenjem, bi lahko bili podobni tistim za zmanjševanje težavnosti dela, saj se največje obremenitve pojavljajo med istimi delovnimi operacijami (prekladanje, vožnja po makadamu). Škodljive vplive zaradi tresenja bi lahko v nekaterih primerih zmanjšali z izvajanjem nakladanja in razkladanja z drugimi delovnimi sredstvi ter z boljšo stabilizacijo vozila, saj so v procesu prekladanja lesa najvišje obremenitve s tresenjem v X in Y os. Manjše tresenje bi lahko zagotovili tudi z načinom

dela, kjer bi voznik najprej naložil nakladalno površino kamiona, šele nato prikolice, s tem bi bila zagotovljena tudi večja stabilizacija vozila v procesu nakladanja. Pri razkladanju naj delo poteka v obratnem zaporedju. Zmanjševanje tresenja z ergonomsko oblikovanim sedežem, ki zmanjšuje tresenje predvsem v Z smeri, pa bi bilo smotrno pri vožnji po asfaltnih cestah ter po avtocesti. Za zmanjševanje škodljivih vplivov zaradi tresenja pri vožnji po makadamskih cestah predlagamo nižjo hitrost vožnje, še posebej na odsekih cest z večjo neravnostjo podlage (udarne jame, kolesnice itd.).

7 SKLEPI

Z magistrsko nalogo smo hoteli ugotoviti obremenitve voznika gozdarskega kamiona z dejavniki delovnega okolja in težavnost dela. Ker smo predvidevali, da je tehnološki napredek prinesel tudi izboljšave na področju ergonomije, smo domnevali, da so obremenitve voznika gozdarskega kamiona s tresenjem in ropotom ter težavnost dela pod dopustnimi mejami zakonsko opredeljenih in mednarodno uveljavljenih predpisov.

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

1. Hipotezo, da težavnost dela ne presega dopustne meje, smo zavrnili. Delovni pulz namreč presega predpisano dopustno mejo 35 u/min za 8 u/min. Poleg tega težavnost dela skozi dan stalno narašča, zato lahko trdimo, da je delo voznika gozdarskega kamiona v našem primeru pretežavno.
2. Hipotezo, da obremenitve z ropotom ne presegajo dopustne obremenitve glede na trenutno slovensko zakonodajo, smo potrdili. Izračun obremenitve z ropotom je pokazal, da izračunana vrednost za osemurni delovnik ($LA_{eq,kor.} = 77,0$ dB(A), $LC_{peak} = 126,7$ dB(C)) po Pravilniku o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (2006) ne presega spodnjih opozorilnih vrednosti (80 dB(A) oz. 135 dB(C)).
3. Hipotezo, da obremenitve s tresenjem celega telesa ne presegajo dopustne obremenitve glede na trenutno slovensko zakonodajo, smo zavrnili. Izračun obremenitve s tresenjem celega telesa je pokazal, da izračunana vrednost po kazalnikih RMS ($0,62$ m/s²) in VDV ($14,25$ m/s^{1,75}) presega v Pravilniku o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti vibracijam pri delu (2005) določeni opozorilni vrednosti ($0,5$ m/s² oz. $9,1$ m/s^{1,75}).

Voznik je na splošno z dejavniki delovnega okolja najbolj obremenjen pri nakladanju, razkladanju ter vožnji po makadamu. Glede na rezultate modelnih izračunov lahko rečemo,

da se z daljšanjem prevozne razdalje zmanjšujejo tudi obremenitve voznika gozdarskega kamiona.

Za varovanje zdravja in preprečitve poklicnih bolezni in poškodb so potrebne izboljšave predvsem na področju tresenja in težavnosti dela, še zlasti v procesu nakladanja in razkladanja. Za zmanjševanje škodljivih vplivov na voznikovo telo pri vožnji po makadamskih cestah predlagamo nižjo hitrost vožnje, še posebej na odsekih cest z večjo neravnostjo podlage (udarne jame, kolesnice itd.) oz. izboljšanje kvalitete vozišča makadamskih cest.

8 POVZETEK

Prevoz lesa v Sloveniji se je še v sredini 20. stoletja večinoma opravljal z vprežnimi vozovi. Danes poteka prevoz lesa predvsem z gozdarskimi kamioni, ki dosegajo večje učinke, delo pa je zaradi mehaniziranega nakladanja in razkladanja fizično manj naporno. Kljub temu na delavca še vedno delujejo negativni vplivi iz delovnega okolja, kjer sta najpomembnejša mehanska dejavnika ropot in tresenje. Prisotni so še številni drugi škodljivi dejavniki, ki pa so težko merljivi. Zato smo se v nalogi odločili analizirati vpliv delovnega okolja na obremenitve voznika gozdarskega kamiona, kjer smo merili jakost ropota in jakost tresenja, za ostale dejavnike pa smo predvideli, da se kot skupek odražajo v težavnosti dela, in sicer v spremembi pulza. Predpostavljali smo, da zaradi ergonomsko vse bolj izpopolnjenega razvoja tehnologije prevoza lesa dopustne vrednosti obremenitev in težavnosti dela niso presežene.

Za ugotavljanje sestave delovnika in meritve pulza smo porabili 10 snemalnih dni, za meritve ropota in tresenja, ki so potekale sočasno, pa en snemalni dan. Voznik je v tem času prevoze s tovornim vozilom MAN 28.480 TGS z nakladalno napravo Tajfun Liv ter priklopnikom proizvajalca SCHWARZMÜLLER opravljal pretežno na območju osrednje in južne Slovenije, posebnost je bil prvi snemalni dan, ko je pot opravil tudi v Italijo. Zaradi te izjeme, ki bi po našem mnenju lahko močno vplivala na obremenitve voznika, smo se odločili oblikovati tri modelne delovnike.

Čas izpostavljenosti različnim delovnim operacijam je neposredno povezan s skupno obremenitvijo voznika v delovnem času. Z analizo strukture časa povprečnega delovnika smo ugotovili, da voznik največ delovnega časa porabi za nakladanje (20,2 %), sledita prazna in polna vožnja po asfaltu (15,9 % in 15,6 %), velik delež porabe časa gre še na račun zastojev zaradi organizacije (13,8 %) ter razkladanja (11,6 %). Na podlagi 10-dnevne študije smo dobili povprečno trajanje delovnika, ki je pri daljši vožnji (527 km/dan) znašal 16,62 ur, pri vožnji na krajše razdalje (262 km/dan) 10,78 ur, povprečni delovnik desetih snemalnih dni na povprečni dnevni razdalji 289 km, pa je znašal 11,37 ur.

Pri delovnem pulzu, ki se je uveljavil kot merilo ugotavljanja težavnosti dela (Wu in Wang, 2002; Rodahl, 1989), je mejna vrednost, ki znaša 35 u/min, presežena za 8 u/min. Pulz med delom v povprečnem trajanju delovnika znaša 96 u/min, kar uvrščamo med zmerno (Lipoglavšek in Trkman, 1998; Apud in sod., 1989) oz. nizko delovno obremenitev ((Introduction to ergonomics..., 1992). Ob upoštevanju relativnega pulza kot kazalnika težavnosti dela mejna vrednost, ki je postavljena pri 40 %, ni presežena. Ugotovljen relativni pulz znaša namreč 31 %. Maksimalni pulz je bil izmerjen pri razkladanju, dosegel je 161 u/min.

Med delovnimi operacijami po težavnosti dela izstopajo (pulz med delom od 101 u/min do 109 u/min): premik med nakladanjem, premik med razkladanjem, nakladanje, razkladanje, zastoj zaradi delovnih sredstev, premik po skladišču, prazna vožnja makadam ter polna vožnja makadam. Glavni dejavnik za visoke vrednosti pulza je fizična aktivnost voznika. Visoke vrednosti pulza se pričakovano pojavljajo med fizično zahtevnimi deli, kot so vstop in izstop iz kabine, vzpenjanje in sestopanje na oz. s sedeža nakladalne naprave, povezovanje tovora ter pometanje nakladalne površine. Velika fizična aktivnost pri teh delih se prenaša še v delovne operacije, ki tem delom sledijo.

Modelna primerjava delovnikov je pokazala, da se z daljšanjem prevozne razdalje težavnost voznikovega dela zmanjšuje. Ob ugotovitvi, da delovni pulz presega dovoljeno mejo 35 u/min ter da težavnost dela skozi dan praviloma narašča, lahko trdimo, da je delo voznika gozdarskega kamiona v našem primeru pretežavno.

Obremenitev voznika gozdarskega kamiona z ropotom v osemurnem delovniku po kazalnikih LAeq.kor in LCpeak, ki določata dopustne meje v slovenski zakonodaji (Pravilnik o varovanju..., 2006), znaša 77,0 dB(A) oz. 126,7 dB(C), kar je glede na pravilnik (Pravilnik o varovanju..., 2006) pod spodnjo opozorilno vrednostjo (80 dB(A) oz. 135 dB(C)). Najvišje obremenitve z ropotom (> 70 dB(A)), izračunane po kazalniku LAeq.kor, se pojavljajo pri delovnih operacijah nakladanje in razkladanje, pri vseh polnih in praznih vožnjah, premikih po skladišču ter zastojih zaradi organizacije. S prevozno razdaljo se obremenitev voznika gozdarskega kamiona z ropotom zmanjšuje.

Jakost tresenja (RMS) ter skupna doza tresenja (VDV) voznika gozdarskega kamiona v povprečnem delovniku ne presegata mejnih vrednosti, presegata pa opozorilni vrednosti. Jakost tresenja v osemurnem delovniku dosega $0,62 \text{ m/s}^2$, skupna doza tresenja pa $14,25 \text{ m/s}^{1,75}$. Največje obremenitve so pri obeh kazalnikih v aksialni (Y) smeri. Največje obremenitve so pri prazni vožnji po makadamu ($\text{RMS Y} = 1,05 \text{ m/s}^2$, $\text{VDV Y} = 11,45 \text{ m/s}^{1,75}$). Tako po kazalniku RMS kot tudi po kazalniku VDV so najnižje jakosti tresenja pri vožnji po avtocesti. Tresenje pri polni vožnji je ne glede na tip ceste manjše kot tresenje pri prazni vožnji.

Če primerjamo nekdanji način prevoza lesa, še posebej proces nakladanja in razkladanja, sodobna tehnologija omogoča bistveno lažje delo. Vendar pa na podlagi presežene dopustne meje delovnega pulza lahko sklepamo, da so pri prevozu lesa še vedno potrebne izboljšave na področju varstva pred negativnimi vplivi z delovnega okolja. Pri mehanskih obremenitvah je pričakovano najbolj problematično tresenje, ki v mnogih primerih pri poklicnih voznikih povzroča predvsem poškodbe hrbtenice, različne okvare udov ter bolezni srca in ožilja (Medved, 1983; Lipoglavšek in Trkman, 1986; Lipoglavšek in Kumer, 1998; Šinigoj, 2011). Tudi v našem primeru je opozorilna vrednost obremenitve s tresenjem po obeh parametrih (RMS in VDV) presežena. To lahko vpliva tudi na višji pulz oz. večjo težavnost dela. Edini merljiv parameter, analiziran v naši raziskavi, ki za voznikovo varnost in zdravje ni presežen, je ropot.

Ukrepi za zmanjševanje škodljivih vplivov iz delovnega okolja voznika gozdarskega kamiona so usmerjeni predvsem v proces nakladanja in razkladanja lesa ter vožnji po makadamskih cestah. Zmanjševanje težavnosti dela in obremenitev voznika s tresenjem v procesu prekladanja lesa bi lahko v nekaterih primerih zmanjšali z izvajanjem nakladanja in razkladanja z drugimi delovnimi sredstvi ter z boljšo stabilizacijo vozila. Za zmanjševanje škodljivih vplivov zaradi tresenja pri vožnji po makadamskih cestah predlagamo nižjo hitrost vožnje, še posebej na odsekih cest z večjo neravnostjo podlage (udarne jame, kolesnice itd.).

9 VIRI

Apud E., Bostrand L., Mobbs I., Strehlke B. 1989. Guidelines on ergonomic study in forestry. Geneva, ILO.

Berger C. 2003. Mental stress on harvester operators. V: Proceedings of the Austro2003 meeting. High Tech Forest Operations for Mountainous Terrain. October 5 – 9, 2003, Schlaegl – Austria: 10 p.

Bilban M. 2005. Hrup kot spremljevalec sodobnega življenja. Delo in varnost, 50, 5: 8 – 12.

http://www.osha.mddsz.gov.si/resources/files/pdf/kampanje/drBilban_Spremljevalec_sodobno_zivljenja.pdf

(2. junij 2016)

Bojanin S. 1985. Komparacija prijevoza trupaca pomoću kamiona i kamiona s prikolicom. Šumarski list, 9: 137 – 150.

Cation S, Jack R., Oliver M. 2007. Six degree of freedom whole-body vibration during forestry skidder operations. International Journal of Industrial Ergonomics, 38, 9 – 10: 739 – 757.

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

<https://osha.europa.eu/en/legislation/directives/19>

(31. maj 2016)

Griffin M. J. 1978. The evaluation of vehicle vibration and seats. Applied Ergonomics, Guildford, 1: 15 – 21.

Heinonen E., Färkkilä M., Forsström J., Antila K., Jalonen J., Korhonen O., Pyykkö I. 1987. Autonomic neuropathy and vibration exposure in forestry workers. British Journal of Industrial Medicine, 44: 412 – 416.

Introduction to ergonomics in forestry in developing countries. 1992. (FAO forestry, paper 100) Fao: 217 str.

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

Kure J. 1990. Poraba goriva pri prevozu gozdnih lesnih sortimentov s kamioni Magirus: specialistična naloga. (Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, VDO Biotehniška fakulteta, VTOZD za gozdarstvo). Novo mesto: 103 str.

Lacerda A., Quintiliano J., Lobato D., Gonçalves C., Marques J. 2015. Hearing Profile of Brazilian Forestry Workers' Noise Exposure. São Paulo. International Archives of Otorhinolaryngol, 19, 1: 22 – 29.

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

Lipoglavšek M., Trkman M. 1986. Obremenitve šoferjev gozdarskih kamionov: strokovna in zdravstvena dela. (Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, VDO Biotehniška fakulteta, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo, VTOZD za gozdarstvo). Ljubljana: 150 str.

Mackie R. R., Miller J. C. 1978. Effects of Hours of Service Regularity of Schedules and Cargo Loading on Truck and Bus Driver Fatigue. National Highway Traffic Safety Administration: 285 str.

Marsili A., Ragni L., Vassalini A. 1998. Vibration and Noise of a Tracked Forestry Vehicle. Journal of Agricultural Engineering Research, 70, 3: 295 – 306.

Medved M. 1983. Obremenjenost šoferjev s tresenjem pri kamionih Magirus: diplomsko delo. (Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, VDO Biotehniška fakulteta, VTOZD za gozdarstvo). Ljubljana: 51 str.

Mayton G. A., Jobs C. C., Miller R.E. 2007. Comparison of whole-body vibration exposures on older and newer haulage trucks at an aggregate stone quarry operation. NIOSH Research Laboratory: 7 p.

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

Nezavezujoč priročnik o dobri praksi z vidika izvajanja Direktive 2002/44/ES o minimalnih zdravstvenih in varnostnih zahtevah glede izpostavljenosti delavcev tveganjem iz fizikalnih dejavnikov (vibracij). 2007.

www.ec.europa.eu/social/BlobServlet?docId=3614&langId=sl
(29. februar 2016)

Petkovšek M. 2010. Težnje razvoja kamionskega prevoza lesa: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana: 54 str.

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: 242 str.

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

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

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

Rehn B., Nilsson T., Olofsson B., Lundström R. 2005. Whole-body vibration exposure and non-neutral neck postures during occupational use of all-terrain vehicles. *Annals of Occupational Hygiene*, 49, 3: 267 – 275.

Rodahl K. 1989. *The Physiology of Work*. New York, Taylor & Francis: 290 str.

SIST EN ISO 9612, 2009. Acoustics – Determination of occupational noise exposure – Engineering method.

Smolander J., Lauhevaara V. 1998. Muscular work. *Encyclopaedia of occupational health and safety*.

WorkSafeBC: How Loud Is It?: Logging.

https://www2.worksafebc.com/pdfs/hearing/How_Loud_Series/logging.pdf
(29. februar 2016)

Stampfer K. 1997. Stress and strain effects of forest work in steep terrain. V: *Forest operations in Himalayan forests with special consideration of ergonomic and socio-economic problems: proceedings of the IUFRO/FAO seminar, Thimphu, Bhuta, October 20-23 1997*. Heinimann H. R. (ur.), Sessions J. (ur.). Kassel, Kassel University Press: 113 – 119 str. .

Stoynev A. G., Minkova N. K. 1997. Circadian rhythms of arterial pressure, heart rate and oral temperature in truck drivers. *Occupational Medicine*, 47, 3: 151 – 154.

Šilc M. 2015. Vpliv lastnosti vlak na obremenitev traktorista s tresenjem: magistrsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana: 70 str.

Šinigoj T. 2011. Športna dejavnost in življenjski slog zaposlenih v avtoprevozništvu: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport, Specialna športna vzgoja). Ljubljana: 75 str.

Tubbs R. L. 1999. Health Hazard Evaluation Report, HETA-98-0289-2742, RMC LONESTAR. San Francisco, California. NIOSH: 17 str.

Winkler I. 1997. Organizacija gozdarskih del: študijsko gradivo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana: 256 str.

Wu H. C., Wang M. J. 2002. Relationship between maximum acceptable work time and physical workload. *Ergonomics*, 45, 4: 280 – 289.

Zakon o delovnem času in obveznih počitkih mobilnih delavcev ter o zapisovalni opremi v cestnih prevozih. 2007. Ur. l. RS, št. 64/2007

Zakon o varnosti in zdravju pri delu. 2011. Ur. l. RS, št. 56/99 in 64/01

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: 24 str.

ZAHVALA

Največja zahvala gre somentorju asist. dr. Antonu Pojetu za vso nudeno pomoč, ki je bila potrebna pri zasnovi magistrskega dela, izvajanju meritev, obdelavi podatkov; hvala za številne napotke in usmeritve pri pisanju besedila, hvala za potrpežljivost ter hitro odzivnost.

Hvala mentorju prof. dr. Igorju Potočniku za končni strokovni pregled magistrskega dela.

Hvala prof. dr. Janezu Krču za opravljeno recenzijo.

Za sodelovanje pri raziskavi se iskreno zahvaljujem bratu Simonu, brez katerega meritve ne bi potekale tako gladko in enostavno. Hvala za ves trud, čas ter dobro voljo.

Zahvala gre tudi podjetju Avtoprevoznništvo Šircelj, Borut Šircelj s.p., ki je omogočilo opravljanje meritev na njihovem kamionu.

Hvala Špeli Zorko za lektoriranje magistrskega dela.

Hvala Sari Luciji Porenta za prevod izvlečka.

Hvala tudi vsem mojim domačim za vso potrpežljivost in podporo tako v času pisanja magistrskega dela, kot tudi v času celotnega študija.

Vsem najlepša hvala!