

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

Anton DIMNIK

**VPLIV POLOŽAJA MIKROFONA NA NAPAČNO
MERJENJE ROPOTA V KABINI ZGIBNIKA
WOODY 140**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja

Ljubljana, 2015

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

Anton DIMNIK

**VPLIV POLOŽAJA MIKROFONA NA NAPAČO MERJENJA ROPOTA
V KABINI ZGIBNIKA WOODY 140**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja

**INFLUENCE OF MICROFON POSITION ON NOISE MEASUREMENT
UNCERTAINTY IN SKIDDER WOODY 140 CABINE**

B. Sc. Thesis
Professional Study Programmes

Ljubljana, 2015

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

Komisija za študij 1. in 2. stopnje oz. senata Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete je dne 30. 3. 2015 sprejela predlagano temo in za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Igorja Potočnika in za somentorja dr. Antona Pojeta.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Podpisani izjavljam, da je diplomsko 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.

Anton DIMNIK

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dv1
DK	GDK 302(043.2)=163.6
KG	ropot/kabina/mikrofon/položaj mikrofona
AV	DIMNIK, Anton
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	2015
IN	VPLIV POLOŽAJA MIKROFONA NA NAPAKO MERJENJA ROPOTA V KABINI ZGIBNIKA WOODY 140
TD	diplomsko delo (visokošolski strokovni študij - 1. stopnja)
OP	IX, 43 str., 3 pregl., 34 sl., 3 pril., 18 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Diplomsko delo je nastalo z namenom, da bi raziskali porazdelitev jakosti ropota v kabini zgibnika Woody 140. Ropot je bil merjen po kazalniku ekvivalentna jakost ropota (L_{Aeq}) in kazalniku konična jakost ropota (L_{Cpeak}), tako pri prostem teku motorja, kot tudi pri delovnih obratih motorja. Ugotovitve kažejo, da se jakost ropota v kabini razporeja nehomogeno ne glede na kazalnik, po katerem merimo ropot, in ne glede na število obratov motorja zgibnika. Najvišje in najnižje izmerjene vrednosti ropota po kazalniku L_{Aeq} se pojavljajo na različnih merilnih mestih v kabini, pri različnih obratih motorja. Najvišje vrednosti ropota po kazalniku L_{Cpeak} pri različnih obratih motorja sovpadajo. Najvišja odstopanja so izračunana pri delovnih obratih motorja, kjer so se izmerjene vrednosti za kazalnik L_{Cpeak} razlikovale do 6,41 dB(C), pri kazalniku L_{Aeq} pa do 5,23 dB(A). Znotraj območja merjenja ropota, ki ga predpisuje standard SIST EN ISO 9612:2009, so razlike v jakostih ropota večje od predvidenega odstopanja 1 dB. Iz dobljenih rezultatov lahko zaključimo, da postavitve mikrofona lahko značilno vpliva na oceno obremenitve z ropotom, ter da je potrebno mikrofona postaviti čim bližje ušesom delavcev.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN	Dv1
DC	GDK 302(043.2)=163.6
CX	noise level/cabine/mikrofon/mikrofon position
AU	DIMNIK, Anton
AA	POTOČNIK, Igor (supervisor)/POJE, Anton (co-supervisor)
PP	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
PB	University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources
PY	2015
TI	INFLUENCE OF MICROFON POSITION ON NOISE MEASUREMENT UNCERTAINTY IN SKIDDER WOODY 140 CABINE
DT	B. Sc. Thesis (Professional Study Programmes)
NO	IX, 43 p., 3 tab., 34.fig., 3ann., 18 ref.
LA	sl
AL	sl/en
AB	This thesis was formed in order to investigate the distribution of noise level in skidder Woody 140 cabin. Noise was measured by the indicator of A-weighted equivalent sound pressure level (LAeq) and C-weighted peak sound pressure level (LCpeak), both at idling speed as well as working rotations of engine. The findings show that the intensity of the noise in the cabin distributes in a non-homogenous way irrespective of the indicator by which to measure noise, and irrespective of the number of rotations of skidder engine. The highest and lowest measured values, according to the noise indicator LAeq, appear at various measuring stations in the cabin, all at various rotations of engine. The highest values of noise, according to the indicator LCpeak at various rotations of engine, coincide. The highest deviations are calculated in the working rotations of engine, where the measured values for the indicator LCpeak varied up to 6.41 dB(C), while for the indicator LAeq up to 5.23 dB(A). Within the area of measuring noise, standardized by SIST EN ISO 9612:2009, the differences of noise levels are greater than expected deviation of 1 dB. From the gathered results we can conclude that a microphone placement can significantly affect the assessment of exposure to noise, and that the microphone needs to be placed as close to the ears of workers as possible.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VI
KAZALO SLIK	VII
KAZALO PRILOG	IX
1 UVOD	1
2 PREGLED DOSEDANJIH RAZISKAV	2
3 RAZISKOVALNE HIPOTEZE.....	4
4 MATERIAL IN METODE DE LA.....	5
4.1 OPIS METODE RAZISKOVANJA IN OBDELAVA PODATKOV	5
4.1.1 Splošno	5
4.1.2 Zakonodajni okvir	5
4.1.3 Snemanje obremenjenosti z ropotom	7
4.1.4 Izvajanje meritev ropota na delovnem mestu	8
4.2 OPIS OBJEKTA.....	10
4.3 OPIS ZGIBNEGA GOZDARSKEGA TRAKTORJA WOODY 140	10
4.4 OPIS METODE DE LA	12
4.4.1 Opis merilnih naprav.....	12
4.4.2 Opis nameščanja merilnih naprav in potek meritev	13
4.4.3 Obdelava podatkov	16
5 REZULTATI	22
5.1 REZULTATI MERITEV	22
5.2 MODELNA PORAZDELITEV ROPOTA V KABINI	24
5.3 STATISTIČNA ANALIZA.....	34
6 RAZPRAVA	37
7 SKLEPI	41
8 VIRI.....	42
ZAHVALA.....	44
PRILOGE	45

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Izmerjene vrednosti ropota pri traktorju Versatile 280	4
Preglednica 2: Izmerjene vrednosti pri prostem teku motorja (840 rpm)	23
Preglednica 3: Izmerjene vrednosti pri delovnih obratih motorja (2144 rpm).....	23

KAZALO SLIK

Slika 1: Položaji merjenja ropota v kabini traktorja (Team Pin Drop, 2010:27)	3
Slika 2: Gozdarski zgibni traktor Woody 140 (Foto: Dimnik Anton)	11
Slika 3: Merilna naprava Bruel & Kjaer 2250 (Foto: Dimnik Anton)	12
Slika 4: Precizni mikrofoni Bruel & Kjaer 4189 (Foto: Dimnik Anton)	13
Slika 5: Postavljena mreža lesenih letvic (Foto: Dimnik Anton).....	14
Slika 6: Obrati motorja v prostem teku (Foto: Dimnik Anton).....	15
Slika 7: Obrati motorja pri delovni obremenitvi (Foto: Dimnik Anton).....	15
Slika 8: Skica kabine Woody 140	16
Slika 9: Stranski ris (840 rpm)	17
Slika 10: Tloris zgornji (840 rpm).....	18
Slika 11: Tloris spodnji (840 rpm)	18
Slika 12: Pogled zadaj (840 rpm).....	19
Slika 13: Stranski ris (2144 rpm)	19
Slika 14: Tloris zgornji (2144 rpm).....	20
Slika 15: Tloris spodnji (2144 rpm)	20
Slika 16: Pogled zadaj (2144 rpm).....	21
Slika 17: Model ropota po kazalniku LAeq pri 840 rpm (stranski ris)	24
Slika 18: Model ropota po kazalniku LAeq pri 840 rpm (tloris zgornji)	25
Slika 19: Model ropota po kazalniku LAeq pri 840 rpm (tloris spodnji).....	25
Slika 20: Model ropota po kazalniku LAeq pri 840 rpm (pogled zadaj)	26
Slika 21: Model ropota po kazalniku LAeq pri 2144 rpm (stranski ris)	27
Slika 22: Model ropota po kazalniku LAeq pri 2144 rpm (tloris zgornji)	27
Slika 23: Model ropota po kazalniku LAeq pri 2144 rpm (tloris spodnji).....	28

Slika 24: Model ropota po kazalniku LAeq pri 2144 rpm (pogled zadaj)	28
Slika 25: Model koničnih vrednosti (LCpeak) pri 840 rpm (stranski ris)	29
Slika 26: Model koničnih vrednosti ropota (LCpeak) pri 840 rpm (tloris zgornji).....	30
Slika 27: Model koničnih vrednosti ropota (LCpeak pri 840 rpm (tloris spodnji)	30
Slika 28: Model koničnih vrednosti ropota (LCpeak) pri 840 rpm (pogled zadaj).....	31
Slika 29: Model koničnih vrednosti ropota (LCpeak) pri 2144 rpm (stranski ris).....	32
Slika 30: Model koničnih vrednosti ropota (LCpeak) pri 2144 rpm (tloris zgornji).....	32
Slika 31: Model koničnih vrednosti ropota (LCpeak) pri 2144 rpm (tloris spodnji)	33
Slika 32: Model koničnih vrednosti ropota (LCpeak) pri 2144 rpm (pogled zadaj).....	33
Slika 33: Razlike v jakostih ropota na različni oddaljenosti od voznikove glave za kazalnik LAeq.....	36
Slika 34: Razlike v jakostih ropota na različni oddaljenosti od voznikove glave za kazalnik LCpeak	36

KAZALO PRILOG

Priloga A: Izmerjene vrednosti jakost ropota v kabini zgibnika Woody 140	45
Priloga B: Preglednice rezultatov statističnih analiz	53
Priloga C: Mere v kabini zgibnika Woody 140	55

1 UVOD

Težave z izgubo sluha zaradi hrupa so med desetimi najbolj pogostimi poklicnimi boleznimi, s katerimi se srečujemo v Evropski uniji. Hypoacusis (izguba sluha) ali gluhost, ki je posledica škodljivega hrupa, je ena izmed bolezni, ki so našteje na evropskem seznamu poklicnih bolezni. Za leto 2005 najdemo podatke, da je bilo v Evropi okoli 14 300 primerov izgube sluha zaradi prekomernega hrupa na delovnem mestu (Nezavezujoči vodnik po dobrih praksah pri uporabi direktive 2003/10/ES „Hrup na delovnem mestu“, 2009).

Med vsemi poklicnimi boleznimi je hrup najpogostejši povzročitelj poškodbe zdravja. Od vseh prijav se jih kar 50 % nanaša na hrup oziroma na akustično travmo kot poklicno bolezen (Koselj in sod., 2002).

Poklicna bolezen je po Pravilniku o seznamu poklicnih bolezni (Ur. l. RS, št. 85/2003) definirana kot bolezen povzročena z daljšim neposrednim vplivom delovnega procesa in delovnih pogojev na določenem delovnem mestu ali na delu, ki sodi v neposredni okvir dejavnosti, na podlagi katere je bil oboleli zavarovan in je navedena v Seznamu poklicnih bolezni. V gozdarstvu štejemo kot poklicno bolezen vazonevrozo rok oziroma bolezen belih prstov in pa naglušnost zaradi ropota strojev.

Izpostavljenost delavcev čezmernemu hrupu je problematično v mnogih gospodarskih panogah, ne le v gradbeništvu, industriji ter rudarstvu, temveč se s to težavo srečujemo tudi v gozdarstvu, saj pri delu v gozdu uporabljamo vse več mehanizacije, ki po večini povzroča ropot z jakostjo nad zdravju neškodljivimi mejami. Strojev v gozdarstvu tudi ni mogoče uspešno ograditi z zvočno izolacijo. Možno je le ponekod delavca postaviti v zvočno izolirane kabine (Potočnik, 2009: 75). Ne glede, da je delavec pred hrupom zaščiten s kabino, pa je še vedno smotrno hrup nadzorovati in meriti, saj kljub vedno bolj izpopolnjenim ergonomskim kabinam še vedno prihaja do preobremenitev strojnikov s hrupom na delovnem mestu.

Ocena obremenitev z ropotom je osnova za oblikovanje ukrepov za zmanjšanje njegovih škodljivih posledic na zdravje delavcev in je poleg drugega odvisna tudi od načina in postopka meritev, ki ga opisuje mednarodni ISO standard 9612:2009. V primeru nehomogenega zvočnega razporejanja, je položaj mikrofona ključnega pomena, saj so lahko

izmerjene obremenitve podcenjene ali precenjene. Zato je namen diplomske naloge ugotoviti ali je ropot v kabini zgibnega traktorja homogen oz. enak po celotni kabini ter ugotoviti kolikšne so razlike v obremenitvah, če jih primerjamo z obremenitvami izmerjenimi na mestu levega in desnega ušesa traktorista.

2 PREGLED DOSEDANJIH RAZISKAV

Pri pregledu dosedanjih raziskav, tako v domači kot tuji literaturi, nismo zasledili raziskave, ki bi obravnavala vpliv položaja mikrofona na napako merjenja ropota v kabini gozdarskega traktorja. Večina raziskav, ki so bile narejene v Sloveniji in tujini se osredotoča zgolj na obremenjenost strojnikov z ropotom, ne pa s postavitvijo mikrofona pri samem merjenju ropota in ugotavljanju napak, do katerih lahko prihaja, če se ne držimo predpisanih mest za postavitev mikrofona, kot jih navaja ISO standard (ISO standard ..., 2009). Tako smo se pri domačih avtorjih raziskav osredotočili le na to ali so v njihovih raziskavah traktoristi preobremenjeni z ropotom po sedaj veljavni zakonodaji.

Lipoglavšek (1981) v svojem članku navaja, da obremenitev traktorista z ropotom v delovnem času, po kazalniku korigirana ekvivalenta jakost ropota (LA_{eq} kor), znaša pri adaptiranem traktorju 90,7 dB(A), pri zgibniku 97,2 dB(A) in pri goseničarju 89,1 dB(A), ter tako presega dopustne meje dnevne obremenjenosti z ropotom.

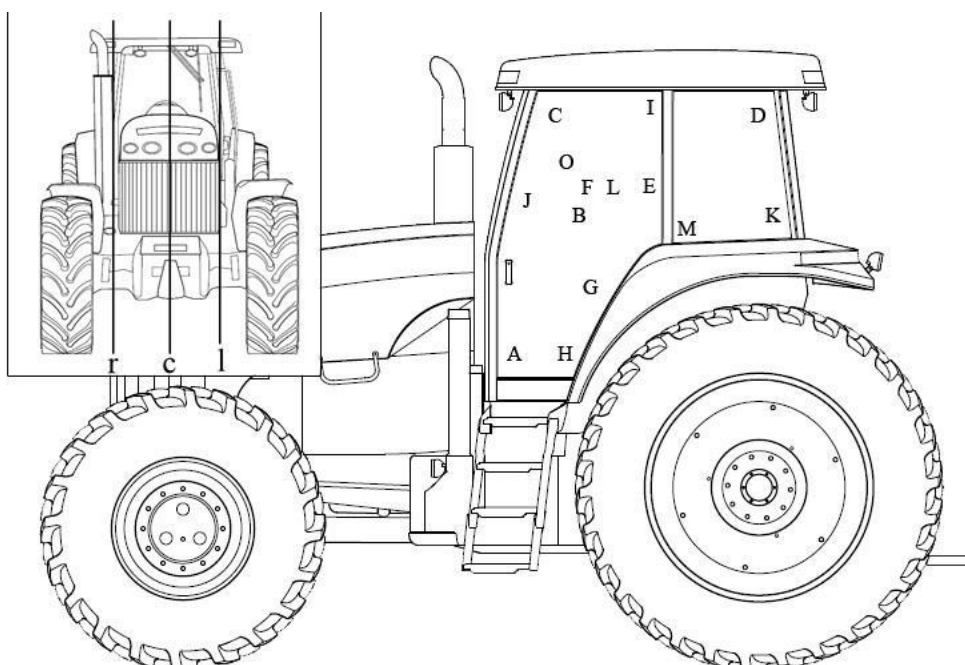
V diplomskih nalogi je Žunič (2010) raziskoval obremenitve traktorista pri spravilu lesa, ugotavljal je obremenjenost traktoristov z vibracijami in ropotom. Meritve je izvajal na štirih adaptiranih gozdarskih traktorjih in na dveh zgibnih traktorjih, ter ugotovil, da so traktoristi po trenutno veljavnih pravilnikih z ropotom preobremenjeni, saj znaša modelna obremenitev z ropotom 89,55 dB(A).

Podobno kot Žunič (2010) ugotavlja tudi Šenica (2012), da pri spravilu z zgibnim traktorjem, modelne 8-urne obremenitve z ropotom (83,8 dB(A)), presegajo spodnjo opozorilno mejo dnevne izpostavljenosti. Pri stroju za sečnjo in zgibnem polprikoličarju do prekoračitve dnevnih opozorilnih vrednosti ne prihaja. Maksimalne trenutne jakosti ropota (LC_{peak}) pri traktorju, zgibnem polprikoličarju in stroju za sečnjo ne povzročajo preobremenitev. Pri delovnih opracijah, ki so bile izvedene iz kabine zgibnika, navaja razpon kazalnika

ekvivalentna jakost ropota (L_{Aeq}) od 86,4 dB(A) do 89 dB(A). Poje (2011) pa v kabini zgibnega traktorja Timberjack 240 C, ugotavlja maksimalni ropot med 89 in 93 dB(A) po kazalniku $L_{Aeq,kor}$.

Prav tako v svojem magistrskem delu Obranovič (2013) prihaja do rezultatov, ki kažejo, da je traktorist pri delu z zgibnim traktorjem Ecotrac 120V preobremenjen z ropotom, saj obremenitev presega opozorilne in mejne vrednosti glede na konično raven zvočnega tlaka (140,7 dB(C)), kot tudi raven dnevne izpostavljenosti po kazalniku $L_{Aeq,kor}$ (89,7dB(A)).

Leta 2010 je bila s strani Univerze v Manitobi, na zahtevo podjetja Buhler Industries Inc. narejena raziskava, v kateri so na traktorju tipa Versatile 280 ugotavljali vire ropota na traktorju, poti po katerih ropot vstopa v kabino ter iskali ustrezne tehnične rešitve za zmanjšanje ropota v traktorski kabini. Ropot in vibracije v kabini so merili na različnih mestih, kot je prikazano na sliki 1. Merilna mesta so označena z velikimi tiskanimi črkami, levo, desno in centralno os merjenja pa označujejo male črke r, c in l.



Slika 1: Položaji merjenja ropota v kabini traktorja (Team Pin Drop, 2010: 27)

Meritve ropota so izvajali pod različnimi pogoji. Spreminjali so delovne obrate motorja, hitrosti traktorja ter obremenjenost samega stroja. Prav tako so merili ropot pri odprtih/zaprtih vratih, delujoči/nedelujoči klimatski napravi, ter pri različnih hitrostih ventilacije. Pri pregledu dela, smo se osredotočili le na tiste rezultate, ki so bili izmerjeni pri podobnih kriterijih kot smo jih uporabili sami pri našem delu. Med merjenjem je traktor miroval, kabina je bila zaprta, v kabini pa izključene vse naprave, ki bi lahko povzročale dodaten ropot. Meritve so izvajali z merilno napravo Bruel & Kjaer 2250. Rezultati raziskave so podani po kazalniku ekvivalentna jakost ropota (L_{Aeq}). Izmerjenje jakosti ropota v kabini so bile pri 2250 rpm motorja na intervalu od 75,4 (L_{Aeq}) do 80,6 (L_{Aeq}). Položaji merjenja in pripadajoče izmerjene vrednosti so opisane v preglednici 1.

Preglednica 1: Izmerjene vrednosti ropota pri traktorju Versatile 280

Položaj mikrofona	Obrati motorja (rpm)	Izmerjena vrednosti (L_{Aeq})
Ec	2250	78,48
Bl	2250	76,81
Jc	2250	75,42
Hc	2250	80,6
Br	2250	78,69

3 RAZISKOVALNE HIPOTEZE

Glede na namen diplomske naloge smo postavili naslednji hipotezi:

1. Jakost ropota v kabini se ne spreminja oziroma je neodvisna od pozicije mikrofona.
2. Napake meritev med pozicijami, ki jih predpisuje ISO 9612:2009, bodo statistično neznačilne od vrednosti izmerjenih na drugih merilnih mestih v kabini.

4 MATERIAL IN METODE DELA

4.1 OPIS METODE RAZISKOVANJA IN OBDELAVA PODATKOV

4.1.1 Splošno

Zvok ali zvočno valovanje je pojav, ki nastane pri mehanskem nihanju materialnih delcev v nekem mediju, ki ima maso in elastičnost, v slišnem področju frekvenc.

Hrup je ena izmed oblik zvočnega valovanja. Vsako zvočno valovanje nosi določeno informacijo. Če je ta informacija razumljiva, koristna ali prijetna, potem je to zaželena informacija, ki jo imenujemo signal ali melodija, če pa je informacija nerazumljiva, nekoristna ali moteča, potem je to nezaželena informacija, ki jo imenujemo hrup, šum ali trušč. Hrup je torej nezaželjena oblika zvoka, katerega definicija ni odvisna od jakosti zvoka ali njegove frekvence, ampak od poslušalca samega, njegovega trenutnega razpoloženja, zdravstvenega stanja, starosti, spola, socialnega, kulturnega in ekonomskega položaja ter od časa in kraja. Hrup je torej predvsem subjektivna kategorija, ki negativno vpliva na zdravje in počutje ljudi (Čudina, 2001: 3).

Lipoglavšek in Kumer (1998) v učbeniku Humanizacija dela v gozdarstvu, opisujeta hrup kot nepravilne zvoke v bivalnem okolju ali zvoke, ki od drugod pridejo v naše delovno okolje, ropot pa kot del zvočnega okolja, ki je neugoden in prihaja od delovnih sredstev ali predmetov dela.

4.1.2 Zakonodajni okvir

Evropska okvirna direktiva o varnosti in zdravju pri delu (Direktiva 89/391 EGS), je bila sprejeta leta 1989 in predstavlja pomemben mejnik pri izboljšanju varnosti in zdravja pri delu. V vsej Evropi zagotavlja minimalne varnostne in zdravstvene zahteve, države članice pa lahko ukrepe ohranijo ali uvedejo še strožje (Evropska agencija za varnost in zdravje pri delu).

V Sloveniji je Zakon o varnosti in zdravju pri delu (Ur. l. RS, št. 43/2011) krovni zakon, ki pokriva področje varstva pri delu, ter določa pravice in obveznosti delodajalcev in delavcev v zvezi z varnim in zdravim delom ter ukrepi za zagotavljanje varnosti in zdravja pri delu. S tem zakonom so prav tako določeni organi, pristojni za varnost in zdravje pri delu. V temeljnih odločbah zakon nalaga odgovornost delodajalcem, da morajo zagotoviti varnost in zdravje delavcev pri delu, ter izvajati vse potrebne ukrepe za zagotavljanje varnosti in zdravja vseh delavcev in drugih oseb v delovnem procesu. (Zakon o varnosti ..., 2011). Zakon sledi sodobnim načelom tega področja, ki jih določajo tudi konvencije MOD (Mednarodne organizacije dela), še zlasti Konvencija MOD št. 155 in Konvencija MOD št. 161. Posebej dosledno pa zakon sledi temeljnemu načelom, ki so uveljavljena v Evropski uniji na podlagi okvirne direktive 89/391/EEC tako, da je usklajen tudi z evropsko pravno ureditvijo na področju varnosti in zdravja pri delu.

Pojem varnosti in zdravja pri delu že po svoji vsebini in namenu obsega pravice in obveznosti delodajalcev in delavcev, da v skladu z zakonom in drugimi predpisi ter ob določanju in upoštevanju varnostnih ukrepov, s katerimi se obvladujejo oziroma preprečujejo nevarnosti in škodljivosti pri delu, zagotavljajo takšno raven varnosti in zdravja pri delu, ki glede na naravo dela zagotavlja delavcu največjo možno mero zdravstvene in psihofizične varnosti (Resolucija o ... , 2003).

Na podlagi zgoraj omenjenega zakona je nastal Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (Ur. l. RS, št. 17/2006), ki je v skladu z Direktivo evropskega parlamenta in Sveta 2003/10/ES o minimalnih zahtevah za varnost in zdravje v zvezi z izpostavljenostjo delavcev fizikalnim dejavnikom (hrup) (v nadaljevanju Pravilnik). Ta Pravilnik določa tudi obveznosti delodajalca v zvezi z varovanjem delavcev pred tveganji za varnost in zdravje, ki so ali bi lahko bila posledica izpostavljenosti hrupu, in zlasti pred tveganji za poškodbe sluha. V 3. členu Pravilnika so zapisane mejni vrednosti izpostavljenosti in opozorilne vrednosti izpostavljenosti v osem urnem delovniku ter naslednje konične ravni zvočnih tlakov:

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

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

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

Pravilnik v 8. členu navaja, da je potrebno pri določanju ravni dnevne izpostavljenosti hrupu, upoštevati prisotnost impulznega hrupa (LA_{Ieq}) na ta način, da se izmerjeni ekvivalentni ravni hrupa prišteje razliko med to izmerjeno ekvivalentno ravni hrupa in povprečno ravni hrupa, izmerjeno z dinamiko I (Impulse). Razlika se prišteje le tedaj, če je večja kot 2 dB(A) . Če je razlika večja kot 6 dB(A) , se prišteje 6 dB(A) . Ekvivalentno raven hrupa in povprečno raven hrupa, izmerjeno z dinamiko I (Impulse), je potrebno meriti istočasno.

Za mejni vrednosti izpostavljenosti je v Pravilniku navedeno, da mora delodajalec pri določanju dejanske izpostavljenosti delavcev upoštevati zmanjševanje hrupa zaradi osebne varovalne opreme za varovanje sluha, medtem ko za opozorilne vrednosti izpostavljenosti velja, da tega učinka ne sme upoštevati.

4.1.3 Snemanje obremenjenosti z ropotom

Pri praktičnem ugotavljanju obremenjenosti delavcev z ropotom in primerjanju z dopustnimi mejami je pomembno, kje in kako merimo ropot, kaj merimo ter kako ugotovimo srednjo jakost ropota oziroma obremenjenost v neki časovni enoti. Kadar želimo ugotoviti obremenjenost delavca s fizikalnimi vplivi okolja, jih merimo tam, kjer vplivajo nanj oziroma vstopajo v človekovo telo. Tako ropot merimo ob delavčevem ušesu z mikrofonom, usmerjenim proti glavnemu viru ropota. Kadar ugotavljamo, kako se širi ropot po prostoru, merimo ropot v enakih med seboj pravokotnih razdaljah okrog vira ropota, v prostorih z več viri ropota ali z odboji merimo jakost ropota v vseh točkah dovolj goste pravokotne mreže v prostoru (Lipoglavšek in Kumer, 1998: 75-76).

Pri ropotu merimo efektivno (RMS – root mean square) vrednost odmika A_{RMS} , ki je izračunljiva po sledeči enačbi:

$$A_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T A_{(t)}^2 dt} \quad \dots(1)$$

Srednja vrednost pri spreminjajočem ropotu, izračunana po zgornjem obrazcu ne daje vrednosti, ki bi bila dovolj prilagojena občutljivosti človekovega ušesa za poškodbe. Fiziološkemu učinku nihajočega ropota ustreza srednja vrednost jakosti ropota oziroma ekvivalentna jakost ropota (Potočnik, 2009: 75), ki jo lahko izračunamo po spodnji formuli:

$$LA_{ekv} = 10 \times \log \left(\frac{1}{T} \sum (10^{0,1 \times Li} \times Ti) \right) \quad \dots(2)$$

LA_{ekv} – ekvivalentna jakost ropota v dB(A)

T – celoten čas trajanja ropota

Li – ekvivalentna jakost ropota v i-tem intervalu v dB(A)

Ti – trajanje ropota v i-tem intervalu

Konična jakost ropota (LC_{peak}) izračunamo kot maksimum vseh dobljenih vrednosti konične jakosti ropota, ki so bile izmerjene v času trajanja meritev.

$$LC_{peak} = \max_T (LC_{peak_i})$$

LC_{peak} – konična raven zvočnega tlaka v posamezni delovni operaciji ali delovnem dnevu (dB(C))

LC_{peak_i} – konična raven zvočnega tlaka v i-tem intervalu

4.1.4 Izvajanje meritev ropota na delovnem mestu

V Direktivi evropskega parlamenta in Sveta 2003/10/ES o minimalnih zahtevah za varnost in zdravje v zvezi z izpostavljenostjo delavcev fizikalnim dejavnikom je zapisano, da je za pravilno oceno izpostavljenosti delavcev hrupu, potrebno uporabljati primerno metodo merjenja, ter se zato sklicevati na splošno priznane mednarodne ISO standarde.

Področje, ki ga obravnava pričujoča diplomska naloga pokriva mednarodni standard SIST EN ISO 9612:2009 (v nadaljevanju Standard). Standard opisuje postopke za izvajanje meritev pri ugotavljanju obremenjenosti s hrupom v delovnem okolju. Navodila vsebujejo naslednje glavne postopke pri določanju obremenjenosti delavcev z hrupom: delovna analiza, izbor metode meritev, meritve, napake meritev, izračuni in predstavitev rezultatov. V Standardu so opisane tri različne metode merjenja in sicer task – based measurement, job – based measurement in full – day measurement. (celodnevna metoda). Prav tako so podane smernice za izbiro ustrezne metode merjenja za določene delovne razmere in na namen določanja obremenjenosti s hrupom. S tem Standardom je določena inženirska metoda za merjenje izpostavljenosti delavcev hrupu v delovnem okolju in postopki izračunavanja obremenitev z hrupom. Standard rezultate merjenja jakosti hrupa obravnava tako ponderirano s filtrom A kot tudi s filtrom C. Inženirska metoda je namenjena podrobnemu proučevanju izpostavljenosti delavcev hrupu ter zaščiti delavcev pred poškodbami sluha in drugimi škodljivimi učinki hrupa. Merilni proces merjenja hrupa zahteva opazovanje in analizo delovnih pogojev, da lahko nadzorujemo pravilnost samih meritev. Standard predpisuje tudi metode ocenjevanja napak merjenja.

Za potrebe diplomskega dela smo v Standardu podrobneje pregledali poglavje meritve, saj tam Standard opisuje zahtevane instrumente za merjenje ropota in položaje mikrofona pri samih merjenjih. Standard zahteva uporabo merilnikov zvoka, ki izpolnjujejo zahteve standarda IEC 61672-1:2002 in spadajo v kakovostni razred 1 ali 2. Merilniki zvoka vključno s preciznim mikrofonom in pripadajočim kablom morajo ustrezati zahtevam standarda IEC 61252.

Standard navaja glede nameščanja mikrofona dve možnosti, in sicer mikrofona mora biti v primeru uporabe dozimetra (ang. Instrument worn by the worker) pritrjen na ramo delavca na razdalji vsaj 0,1 m od vhoda v zunanji ušesni kanal pri ušesu, ki je hrupu bolj izpostavljen. Mikrofona mora biti postavljen približno 0,04 m nad ramo. Mikrofona in pripadajoči kabel morata biti nameščena tako, da mehanski vplivi in oblačila ne povročajo napačnih rezultatov. Zagotoviti moramo, da je mikrofona postavljen tako, da ni v stiku z drugimi predmeti, saj takrat merilne naprave zabeležijo višje ravni hrupa. Kadar pride do nepojasnenih visokih koničnih vrednosti hrupa, moramo meritve preveriti in ponovno izmeriti.

Kot drugo možnost Standard predvideva, da naj bodo meritve pri uporabi merilnika zvoka (ang. Integrating-averaging sound level meter) izvedene z mikrofonom postavljenim blizu glave delavca med izvajanjem dela. Če obstaja možnost, naj bo mikrofonski postavljen v višini oči v centru, kjer bi se drugače nahajala delavčeva glava. Kadar mora biti delavec prisoten med samim procesom merjenja, naj bo mikrofonski postavljen na razdalji od 0,1 m do 0,4 m od vhoda v zunanji ušesni kanal najbolj izpostavljenega ušesa. Če ne moremo zagotoviti, da je mikrofonski postavljen znotraj 0,4 m od delavčevega ušesa, potem je priporočljiva uporaba merilne naprave, ki jo pritrdimo na delavca.

Kadar pozicija glave delavca na delovnem mestu ni določena uporabimo za namestitve mikrofona naslednje višine:

- a) Stoječi položaj delavca: $1,55 \text{ m} \pm 0,075 \text{ m}$ nad tlemi na katerih stoji delavec;
- b) Sedeči položaj delavca: $0,80 \text{ m} \pm 0,05 \text{ m}$ nad srednjo točko sedeža na presečišču vertikalne in horizontalne osi sedeža, kolikor je to le mogoče.

Standard predpisuje standardno napako zaradi pozicije mikrofona v višini 1,0 dB. Kadar je mikrofonski pritrjen na delavca ali pa je postavljen blizu telesa delavca lahko prihaja do napake zaradi absorpcije in odbojev hrupa od telesa delavca. V primeru izvajanja meritev brez prisotnosti delavca se napake pojavijo, kadar mikrofonski ni nameščen na enakem položaju, kot bi bila glava delavca ob njegovi prisotnosti.

4.2 OPIS OBJEKTA

Podatke za naš poskus smo pridobili s pomočjo terenskega snemanja, ki smo ga opravili dne 23. 10. 2014 v gozdnogospodarskem območju Postojna, v gozdnogospodarski enoti Leskova dolina na gozdarskem zgibnem traktorju Woody 140.

4.3 OPIS ZGIBNEGA GOZDARSKEGA TRAKTORJA WOODY 140

Meritve jakosti ropota smo opravljali na zgibnem traktorju Woody 140, ki je last Gozdnega gospodarstva Postojna. Omenjeni zgibnik je star 2 leti in ima opravljenih 2150 delovnih ur. Je redno vzdrževan in servisiran.

Gozdarski traktor Woody 140 je specialni gozdarski traktor, namenjen za delo v najtežjih delovnih razmerah. Stroj poganja Deutzov dizelski motor, ki pri 2200 rpm proizvede moč 102,0 kW (140 KM). Zgibnik v dolžino meri 5700 mm, v širino 2100 mm, ter v višino 2860 mm. Teža zgibnika je po podatkih proizvajalca 6500 kg. Pogon je hidrostatski - Sauer-Sundstrand in je računalniško krmiljen. S tem dosežemo idealno prilagajanje hitrosti in momenta trenutnim obremenitvam in omogočimo delo motorja v idealnih pogojih, kar ima za posledico zelo udobno in tiho vožnjo, čist izpuh, majhno porabo goriva, preprečevanje zdrsov koles, enostavnost upravljanja in udobje za voznika. Moč motorja se na podlago prenaša preko vseh štirih koles. Pri vožnji zgibnika lahko izbiramo med dvema prestavama in sicer med delovno hitrostjo, kjer dosega zgibnik hitrost do 17 km/h, ter cestno hitrostjo, kjer zgibnik doseže hitrost do 36 km/h. Woody 140 odlikuje tudi dober razpored mase, saj je na sprednji osi 62 % in na zadnji osi 38 % mase. Traktor je spredaj opremljen z rampno desko, zadaj pa z naletno desko, obe lahko dvigamo ali spuščamo s pomočjo hidravlike. Zgibnik ima vgrajen Iglandov dvobobenski vitel vlečne sile 2×80 kN, ki je gnan preko hidrostatskega pogona in daljinsko voden. Poleg vitla lahko daljinsko krmilimo tudi traktor in sicer: vklop/izklop motorja, premik traktorja naprej/nazaj, krmiljenje vozila, plin motorja ter dvig/spust zadnje deske. S tem je vozniku bistveno olajšano delo, učinkovitost traktorja pa večja (Vilpo, 2015).



Slika 2: Gozdarski zgibni traktor Woody 140 (Foto: Dimnik Anton)

4.4 OPIS METODE DELA

4.4.1 Opis merilnih naprav

Meritve ropota v traktorski kabini zgibnika Woody 140 smo izvajali z merilnikom zvoka priznanega danskega podjetja Bruel & Kjaer, tip 2250. Naprava je skladna z vsemi ustreznimi standardi na področju merjenja hrupa. Merilnik ima širok spekter uporabe, uporabimo ga lahko tako za merjenje okoljskega hrupa in ropota na delovnem mestu. Merilnik je poleg mnogo drugih parametrov beležil ekvivalentno jakost ropota s filtrom – A (LAeq (dB(A))) in konično vrednost jakosti ropota uteženo s filtrom – C (LCpeak (dB(C))). K merilniku Bruel & Kjaer 2250 pripada še precizni mikrofonski senzor Bruel & Kjaer 4189. Ta je bil preko kabljskega podaljška povezan z merilnikom zvoka. Sam merilnik pa smo preko brezžičnega usmerjevalnika povezali s pametnim telefonom, kar nam je omogočilo, da smo sprožili začetek in konec vsake meritve na izbranem merilnem mestu pri zaprtih vratih kabine.



Slika 3: Merilna naprava Bruel & Kjaer 2250 (Foto: Dimnik Anton)



Slika 4: Precizni mikrofoni Bruel & Kjaer 4189 (Foto: Dimnik Anton)

4.4.2 Opis nameščanja merilnih naprav in potek meritev

Najprej smo zgibni traktor postavili na ravno gozdno cesto ob delovišču. Nato smo iz traktorske kabine odstranili orodje, ki ga traktorist potrebuje pri svojem delu ter vse druge predmete, ki niso pritrjeni in bi ob delovanju motorja lahko povzročali nezaželen ropot ter tako vplivali na same meritve. Prav tako smo izključili vso ventilacijo ter ugasnili radio, kajti delovanje teh naprav bi lahko značilno vplivalo na velikost obremenitve z ropotom. Žunič (2014) v svojem magistrskem delu navaja povečanje jakosti ropota ob prižganem radiu v kabini zgibnega polprikoličarja kar za 3,6 dB(A).

Nato smo naredili mrežo lesenih letvic, da smo čim bolj pokrili prostor v kabini z merilnimi mesti, na katere smo kasneje pritrdili mikrofoni. Letvice so bile dimenzije 1x1 cm na katere smo na razdalji 15 cm označili položaje mikrofona. Lesene letvice smo na stekla pritrdili s pomočjo vakuumskih sponk. Mrežo letvic je sestavljala ena vertikalna letvica, na kateri je bilo postavljenih 9 merilnih mest in pa štiri horizontalne letvice, od katerih je zgornja letvica, ki je potekala prečno na kabino, nameščena v višini voznikovih oči, na njej je bilo 7 merilnih mest. Merilni mesti, kjer je bila predvidena pozicija voznikove glave, smo postavili na medsebojno razdaljo 18 cm. Spodnja prečna merilna letvica je bila postavljena približno 45 cm pod zgornjo letvico, na njej pa smo označili 8 merilnih mest. Vzdolž kabine sta od sprednjega

vetrobranskega stekla do zadnjega stekla bili nameščeni dve merilni letvici, ki sta bili na enaki višini kot prečni letvici. Na zgornji vzdolžni letvici smo označili 6, na spodnji pa 8 merilnih mest. Vse skupaj je bilo v kabini predhodno izbranih 37 merilnih mest.



Slika 5: Postavljena mreža lesenih letvic (Foto: Dimnik Anton)

Meritve so potekale brez prisotnosti delavca, pri popolnoma zaprti kabini. Napravo za merjenje ropota smo nastavili na 15 sekundne intervale snemanja. Pri postavitvi mikrofona smo pazili, da je bil mikrofona na vertikalnih letvicah postavljen vodoravno, na horizontalnih letvicah pa obrnjen navzdol.

Ropot v kabini smo najprej na vseh merilnih mestih izmerili pri prostem teku motorja, ki se je vrtel z 840 obrati na minuto (rpm) in nato še pri delovni obremenitvi stroja, ko se je motor

vtel z 2144 obrati na minuto (rpm). Zgibnik je v času meritev miroval, postavljen je bil na gozdni cesti, v gozdni krajini, tako da ni bilo vplivov hrupa iz okolja, ki bi lahko ovirali meritve.



Slika 6: Obrati motorja v prostem teku (Foto: Dimnik Anton)



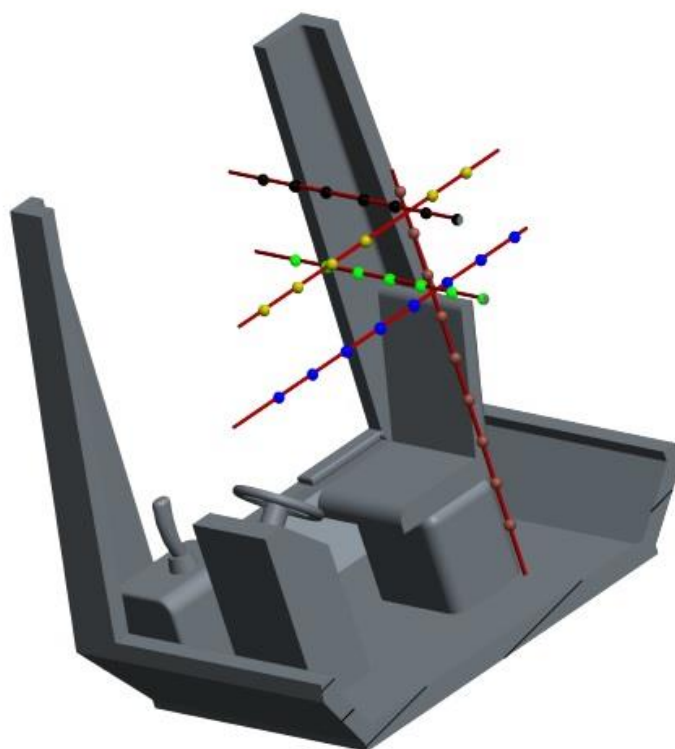
Slika 7: Obrati motorja pri delovni obremenitvi (Foto: Dimnik Anton)

4.4.3 Obdelava podatkov

Pridobljene podatke s terena smo iz merilnih naprav preko pripadajoče programske opreme prenesli na računalnik, ter jih obdelali s pomočjo programa Microsoft Excel. Za nadaljnjo obdelavo podatkov smo od vseh izmerjenih parametrov uporabili le ekvivalentno jakost ropota (LA_{eq}) in maksimalno vrednost C – vrednotenega trenutnega zvočnega tlaka (LC_{peak}).

Podatke smo statistično obdelali s pomočjo statistične analize dvostranskega t- testa, kjer smo primerjali izmerjene vrednosti na posameznih točkah ločeno za ekvivalentno jakost ropota in konično jakost ropota, ter ugotavljali statistične razlike pri 5 % tveganju.

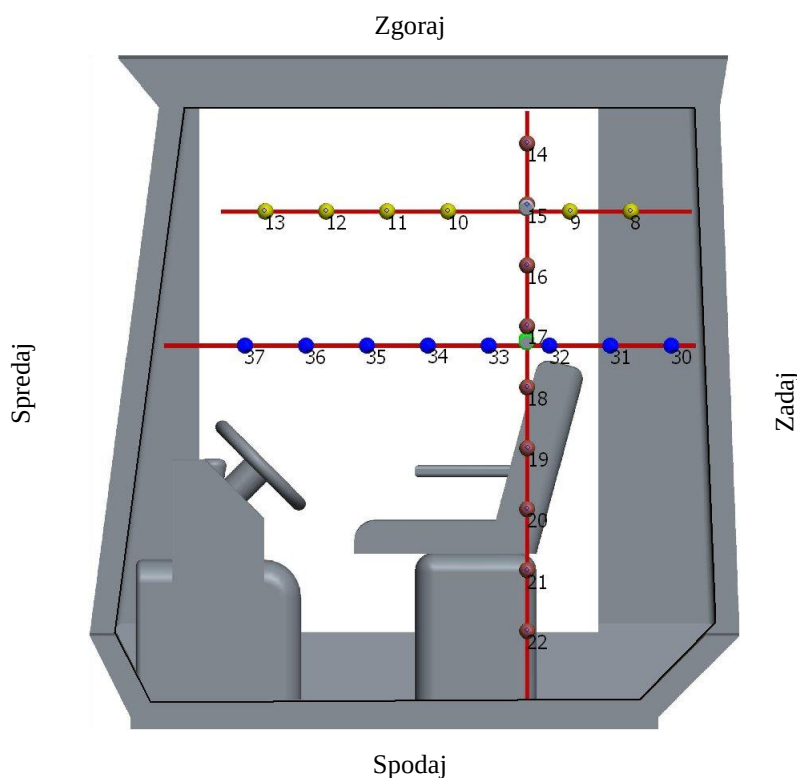
Za lažjo predstavitev same izvedbe meritev in določanja položaja mikrofona, smo s pomočjo računalniškega programa PTC Creo naredili skico kabine traktorja Woody 140, kot je prikazano na sliki 8.



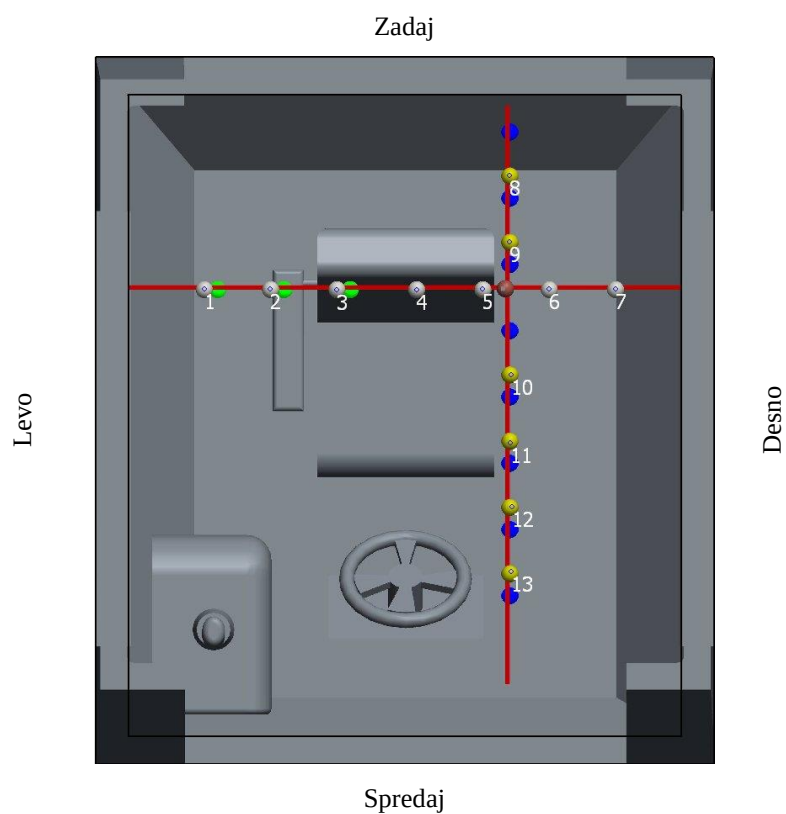
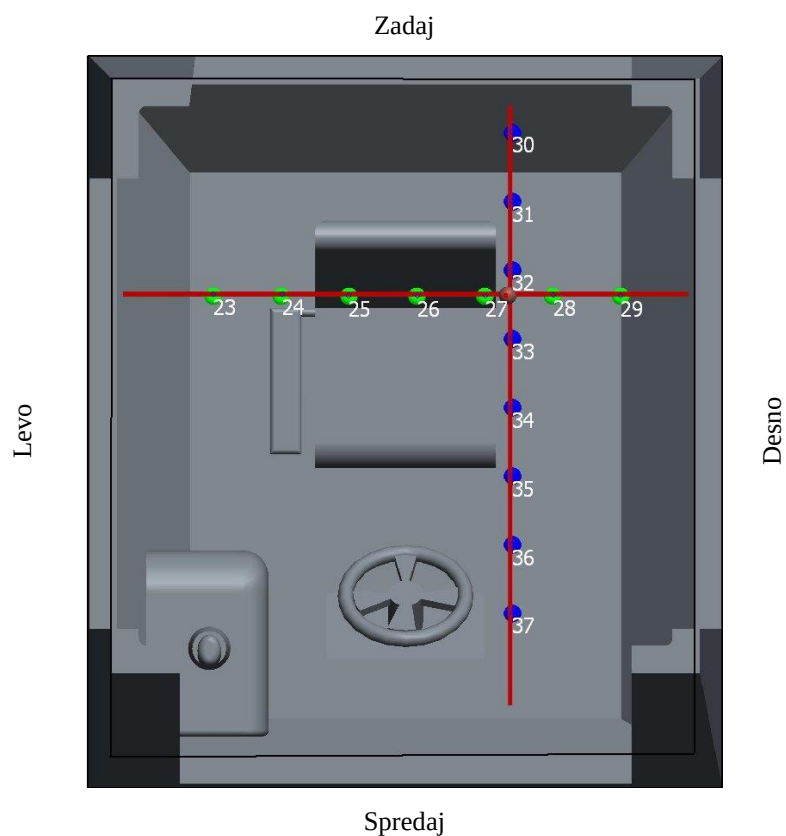
Slika 8: Skica kabine Woody 140

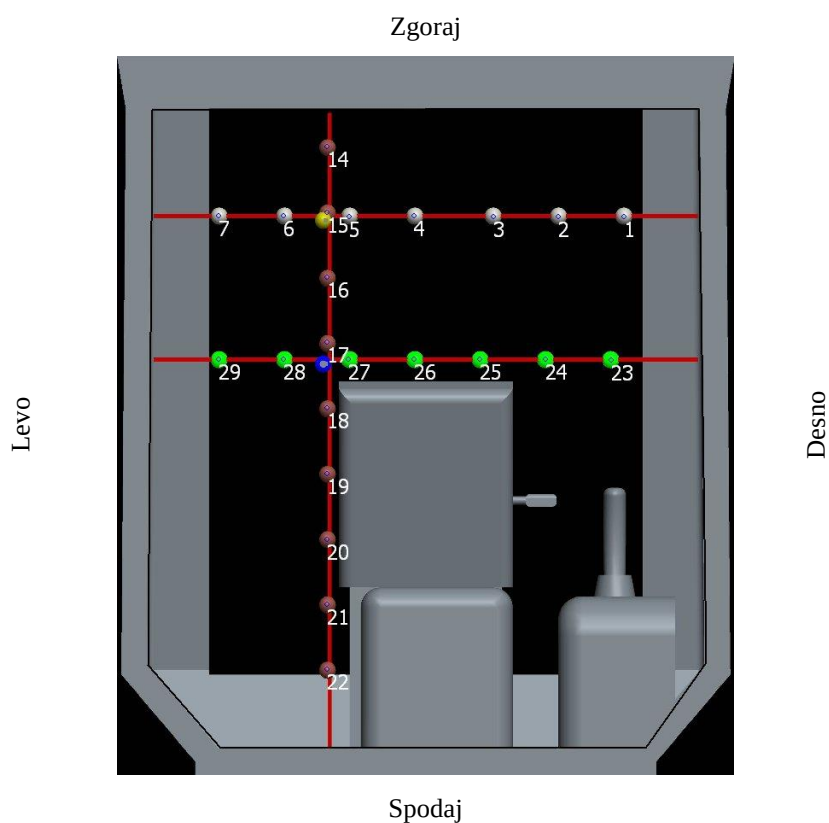
Na prikazani skici kabine so mere kabine le približne, saj za bolj natančen izris nismo uspeli pridobiti dovolj natančnih podatkov. Prav tako je prilagojena tudi velikost sedeža in volana, ki sta pomanjšana zaradi boljšega in lažjega pregleda nad rezultati. Nasprotno kot kabina, pa so merilne letvice in označbe za položaj mikrofona v našem modelu izrisane po dejanskih merah izmerjenih na terenu. Slike s kotiranimi merami kabine so priložene v prilogah. Zaradi boljše preglednosti nad množico točk, smo merilna mesta na vsaki letvici pobarvali z drugačno barvo.

Takšen model kabine smo kasneje uporabili za modeliranje porazdelitve ropota v programu NoiseAtWork, kjer smo iz zbranih podatkov tako za kazalnik LAeq kot tudi kazalnik LCpeak izdelali karte ropota. Karte smo izdelali posebej za oba kazalnika, ločeno glede na obrate motorja. Karto ropota smo prikazali v 4 pogledih in sicer, tloris zgornjih letvic, tloris spodnjih letvic, stranski ris in pogled zadaj, tako da smo zajeli vse zbrane podatke. Vse navedene poglede vključno z zaporednimi številkami merilnih mest prikazujemo na slikah 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 in 16, najprej merilna mesta od 1–37 pri 840 rpm in nato še 38–74 pri 2144 rpm.

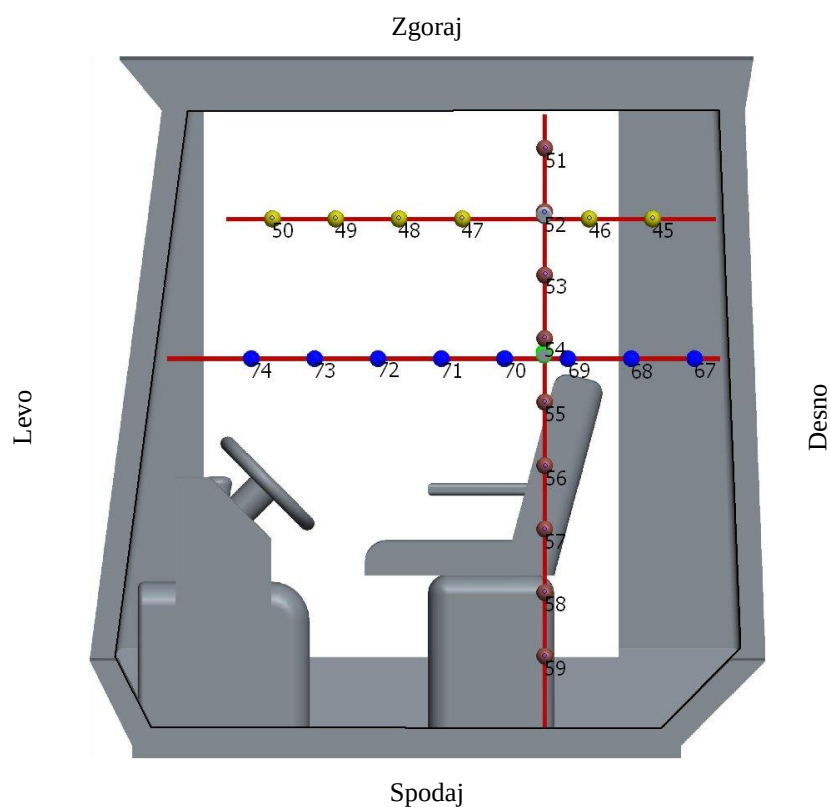


Slika 9: Stranski ris (840 rpm)

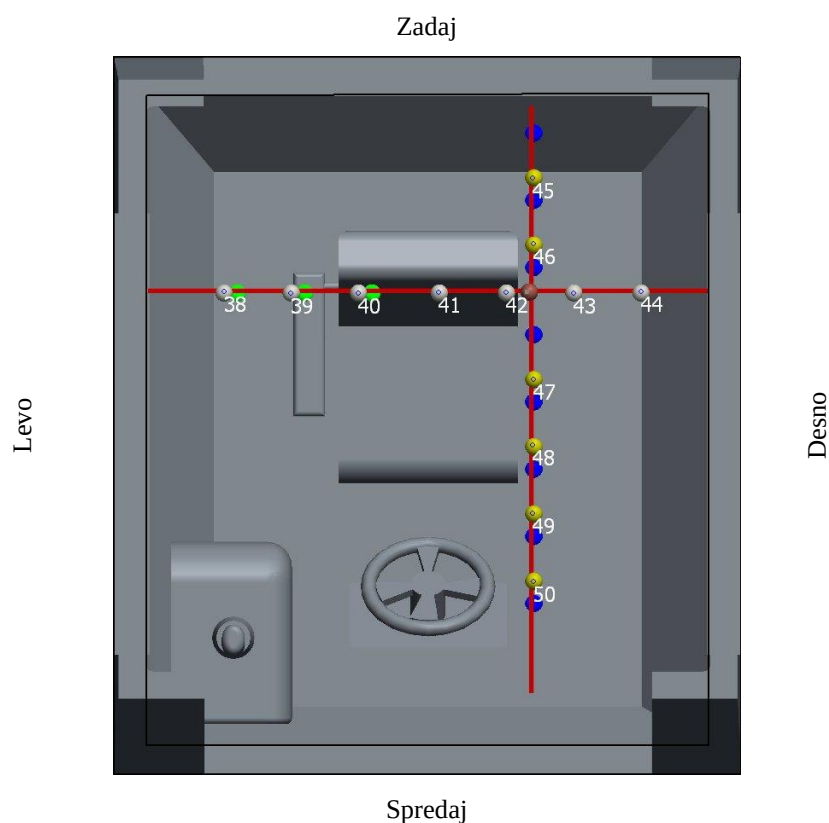
**Slika 10: Tloris zgornji (840 rpm)****Slika 11: Tloris spodnji (840 rpm)**



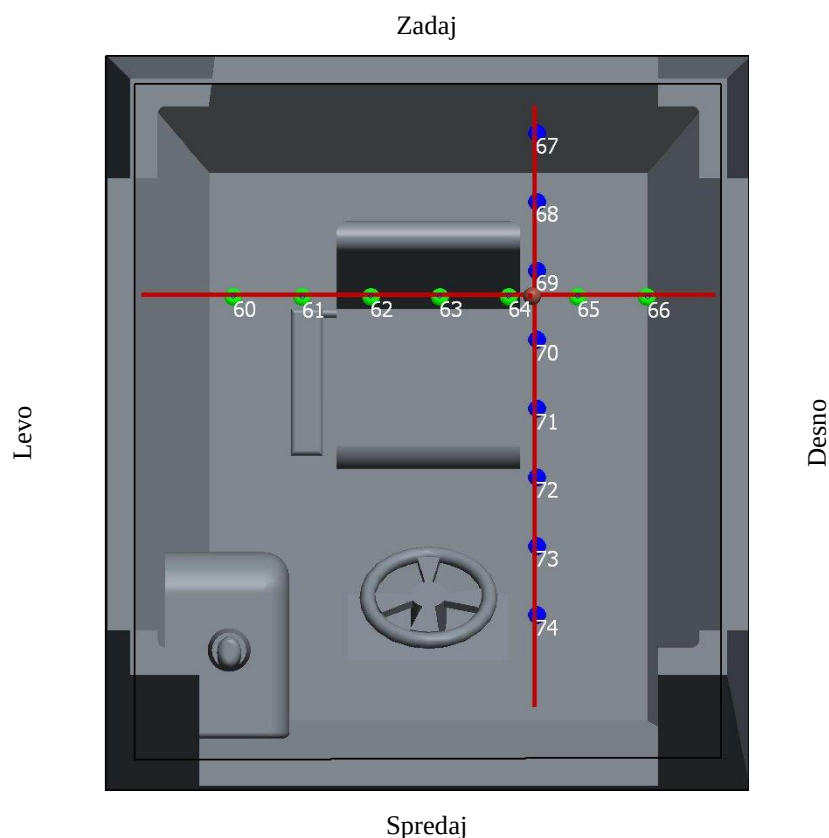
Slika 12: Pogled zadaj (840 rpm)



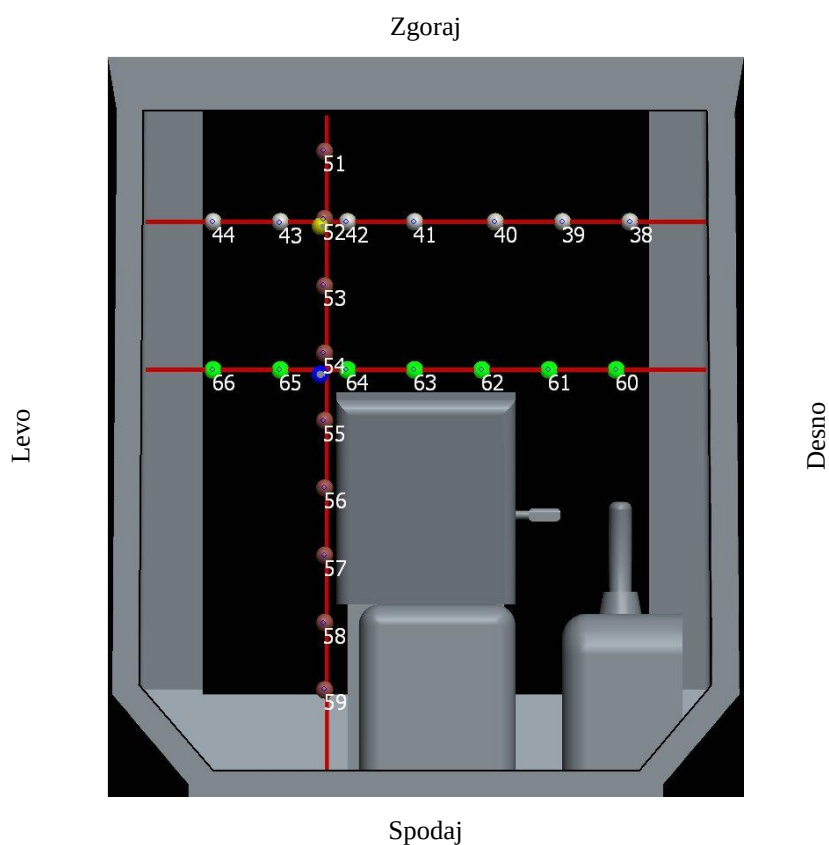
Slika 13: Stranski ris (2144 rpm)



Slika 14: Tloris zgornji (2144 rpm)



Slika 15: Tloris spodnji (2144 rpm)



5 REZULTATI

5.1 REZULTATI MERITEV

Pri določanju vpliva položaja mikrofona na napako merjenja ropota smo izvedli meritve na vnaprej določenih položajih, ki jih je bilo skupno 37, vendar sta bili na enakem položaju mikrofona izvedeni dve merjenji in sicer, najprej v stanju ko je bil motor zgibnika v prostem teku (840 rpm) in nato še, ko je motor deloval z delovnimi obrati (2144 rpm). Rezultati meritev so prikazani v preglednicah 2 in 3 posebej za oba kazalnika pri različnih obratih motorja. Grafični prikazi rezultatov meritev po posameznih položajih mikrofona so priloženi v prilogah A.

Iz meritev smo ugotovili, da je skupna obremenitev z ropotom po kazalniku LAeq pri 840 rpm znašala 68,60 dB(A), pri 2144 rpm pa je bila obremenitev višja za 7,52 dB(A). Najnižja izmerjena vrednost jakosti ropota pri prostem teku motorja je bila 65,64 dB(A), med tem ko je pri delovnih obratih najnižja vrednost znašala 73,55 dB(A). Najvišja izmerjena vrednost ekvivalentne jakosti ropota je pri 840 rpm znašala 72,52 dB(A), pri 2144 rpm pa je bila izmerjena vrednost pričakovano nekoliko višja in sicer 80,47 dB(A). Razlike med najvišjo in najnižjo izmerjeno ekvivalentno jakostjo so bile pri obeh primerih podobne, pri nižjih obratih motorja je bila razlika 6,88 dB(A), pri višjih obratih pa 6,92 dB(A).

Najvišjo konično jakost ropota smo izmerili pri delovnih obratih motorja in je znašala 100,27 dB(C), najnižja izmerjena pa je bila manjša za 5,39 dB(C). Pri prostem teku motorja je bila najvišja konična jakost ropota 97,85 dB(C), razlika med najvišjo in najnižjo izmerjeno vrednostjo konične jakosti ropota pa je znašala 7,77 dB(C).

Preglednica 2: Izmerjene vrednosti pri prostem teku motorja (840 rpm)

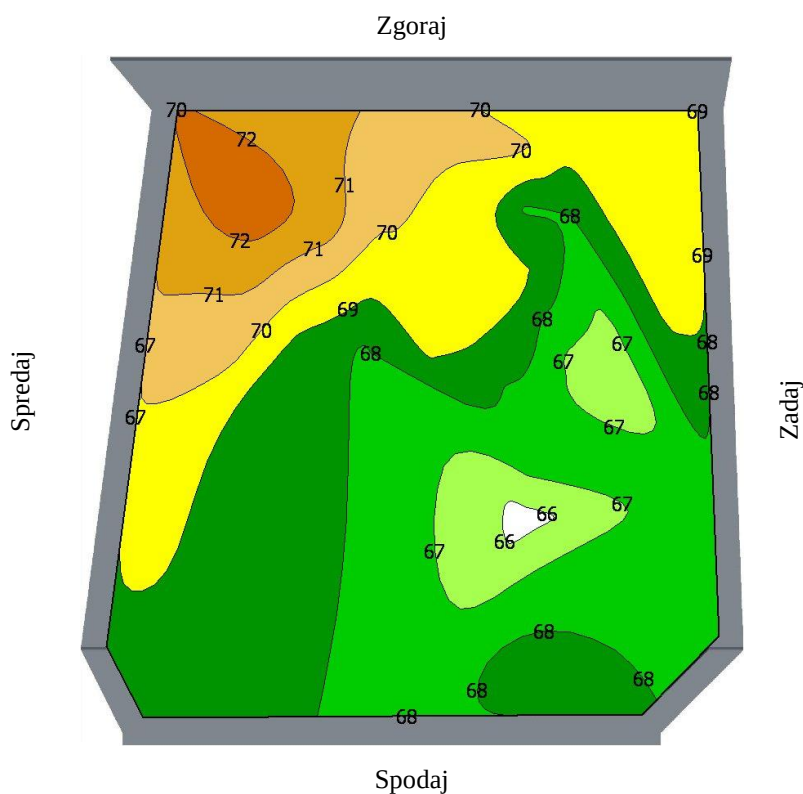
Številka položaja merjenja	LAeq (dB(A))	LCpeak (dB(C))
1	71,21	94,13
2	68,02	90,43
3	68,33	96,37
4	67,21	91,20
5	68,07	90,51
6	67,85	97,04
7	71,64	93,02
8	69,85	93,28
9	67,99	93,42
10	69,81	91,93
11	70,16	93,62
12	71,75	95,40
13	72,52	95,96
14	70,05	93,20
15	67,83	91,48
16	69,07	92,57
17	68,83	92,32
18	67,60	91,76
19	67,55	91,19
20	65,64	95,97
21	67,57	91,56
22	68,27	92,35
23	69,63	97,85
24	69,08	96,79
25	67,76	92,93
26	66,82	91,14
27	67,88	90,44
28	66,35	90,08
29	66,94	90,53
30	68,87	93,91
31	66,35	90,85
32	67,12	95,71
33	68,94	96,08
34	69,12	92,25
35	67,84	92,48
36	68,46	91,54
37	70,09	92,66

Preglednica 3: Izmerjene vrednosti pri delovnih obratih motorja (2144 rpm)

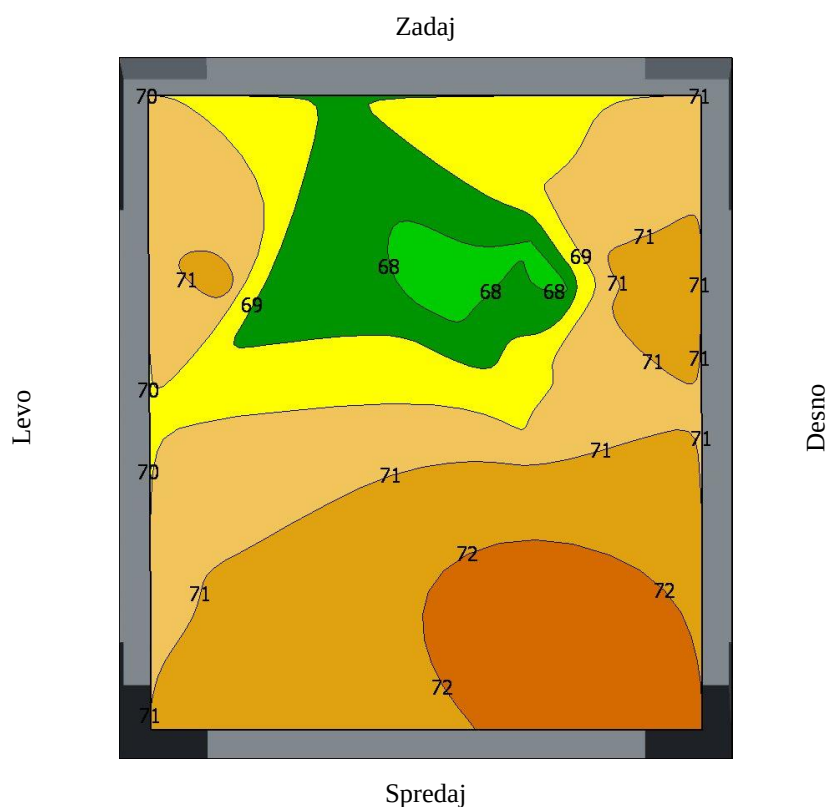
Številka položaja merjenja	LAeq (dB(A))	LCpeak (dB(C))
38	74,96	97,09
39	74,25	97,27
40	73,55	96,34
41	73,74	95,44
42	74,19	97,83
43	74,32	96,94
44	75,71	98,30
45	75,01	98,31
46	74,26	98,73
47	74,08	97,43
48	74,86	96,40
49	76,39	97,21
50	77,17	98,93
51	78,96	100,27
52	76,19	98,42
53	74,59	95,33
54	76,31	97,46
55	76,03	96,81
56	76,16	96,67
57	75,75	97,47
58	75,88	98,09
59	79,42	100,03
60	78,03	98,49
61	78,25	98,45
62	78,15	96,62
63	78,72	97,69
64	77,00	96,76
65	76,21	95,95
66	76,94	98,63
67	80,47	99,35
68	78,22	98,60
69	75,73	95,48
70	75,28	95,01
71	74,70	94,88
72	74,21	94,94
73	75,75	96,68
74	76,70	97,04

5.2 MODELNA PORAZDELITEV ROPOTA V KABINI

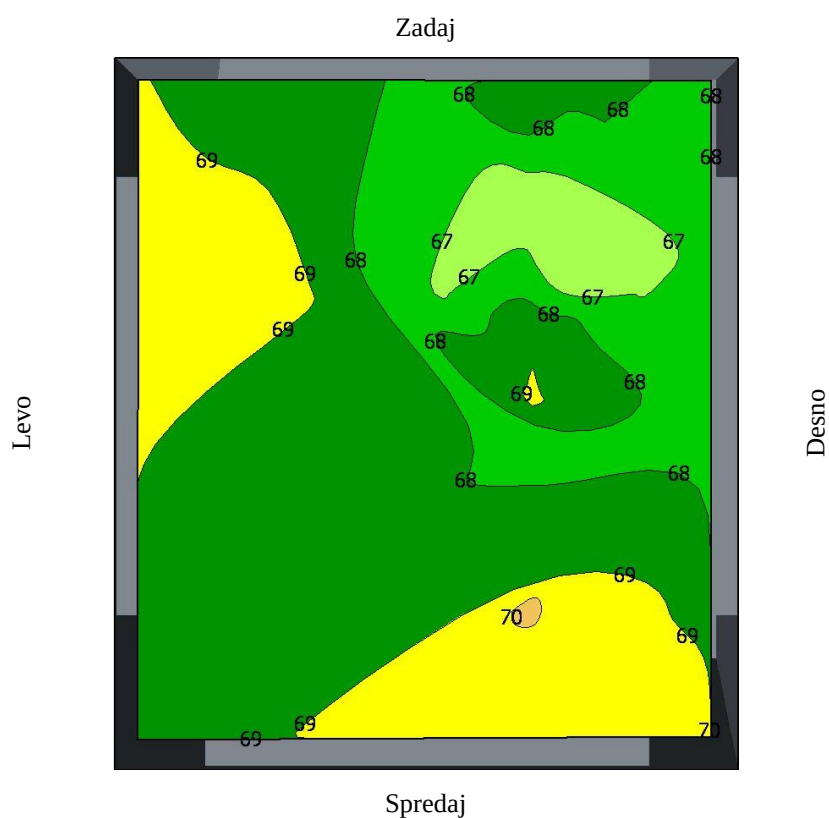
Iz slik modelne porazdelitve ropota v kabini pri 840 rpm (slika 17, 18, 19, 20) lahko vidimo, da se jakost ropota v kabini pri prostem teku motorja mestoma spreminja. Vidno je, da se jakost ropota povečuje od spodnjega dela proti vrhu kabine. Najvišje jakosti ropota (72 dB(A)) so v zgornjem delu kabine, pri vetrobranskem steklu in ob strani pri vratih kabine, kjer so vrednosti med 69 dB(A) in 71 dB(A). Najnižja vrednost ropota (66 dB(A)) je vidna v območju sedeža. Iz danih modelnih slik je moč ugotoviti, da se v okolici položaja voznikove glave gibljejo vrednosti ropota med 67 dB(A) in 69 dB(A), kar je iz ergonomskega vidika zelo ugodno za samega voznika.



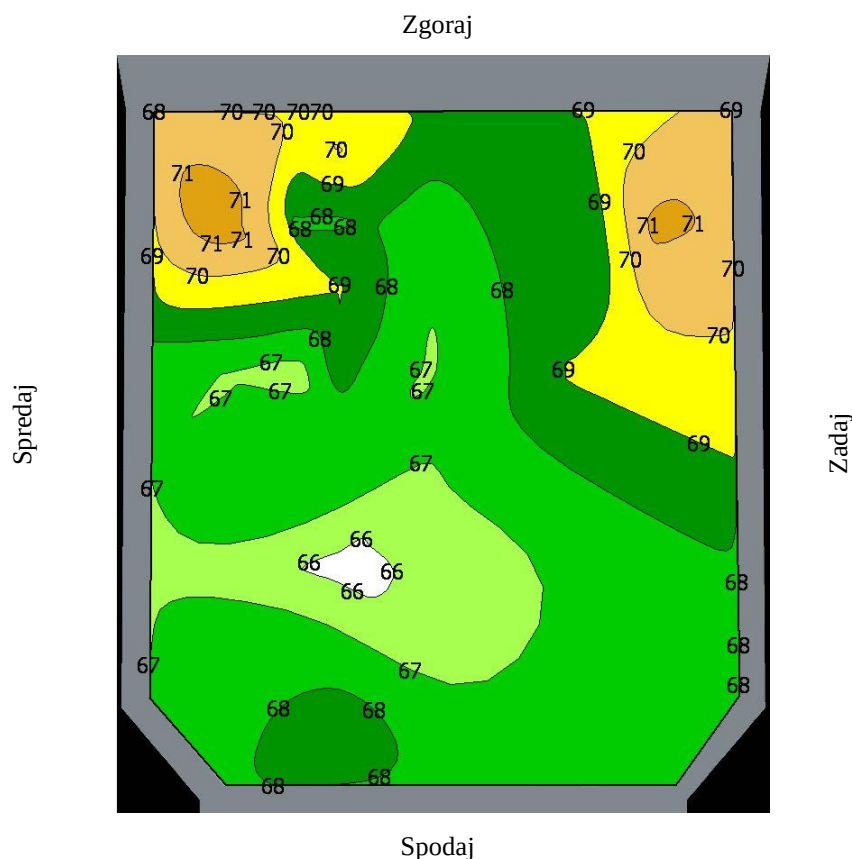
Slika 17: Model ropota po kazalniku LAeq pri 840 rpm (stranski ris)



Slika 18: Model ropota po kazalniku LAeq pri 840 rpm (tloris zgornji)

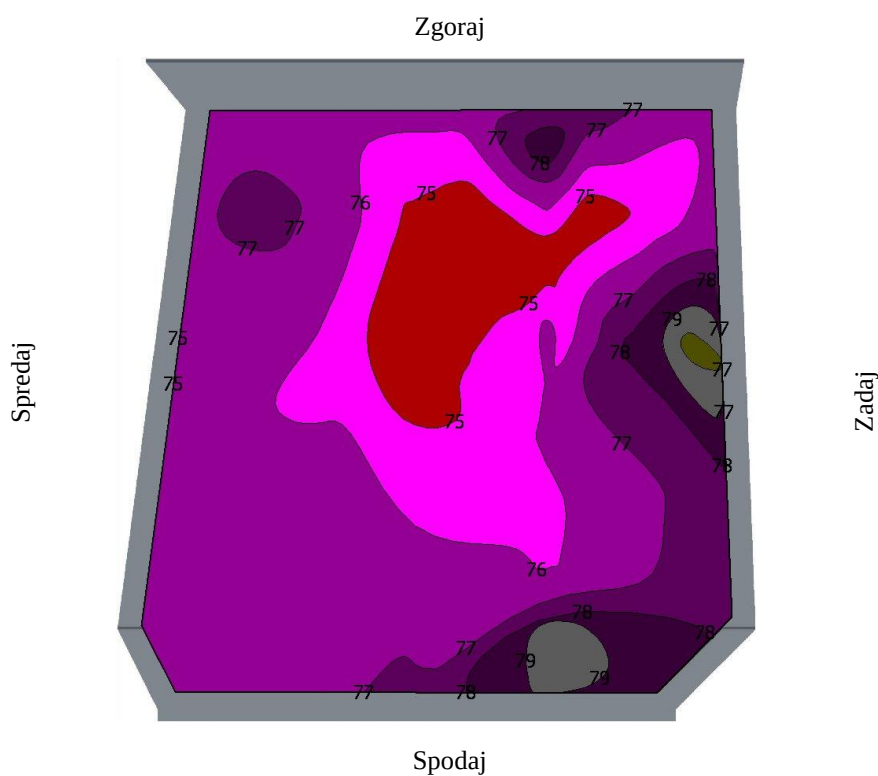


Slika 19: Model ropota po kazalniku LAeq pri 840 rpm (tloris spodnji)

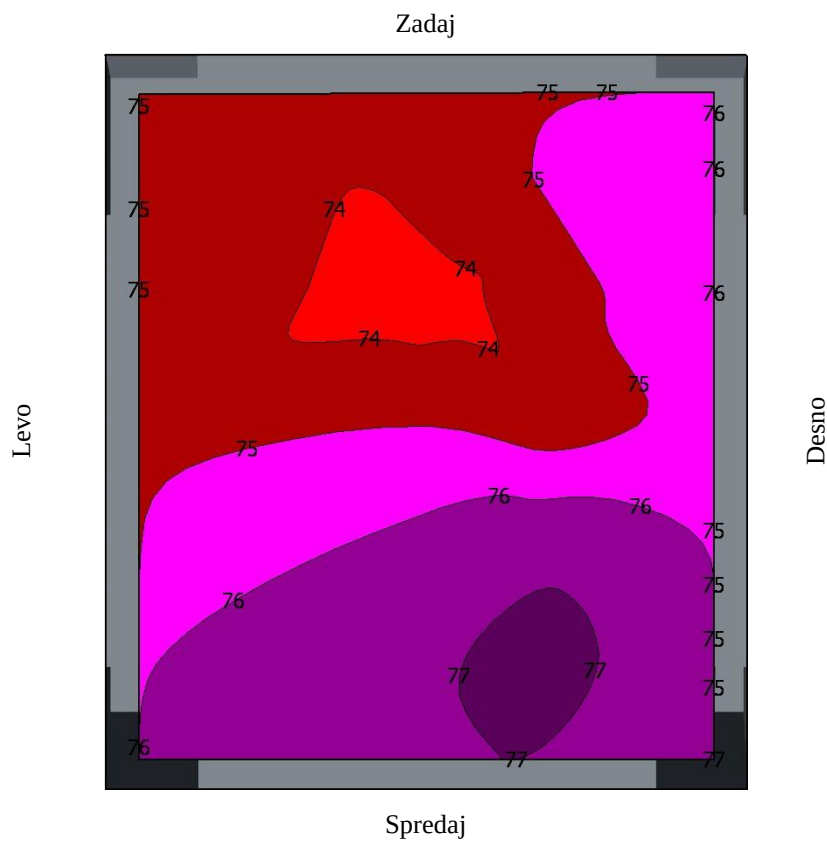


Slika 20: Model ropota po kazalniku L_{Aeq} pri 840 rpm (pogled zadaj)

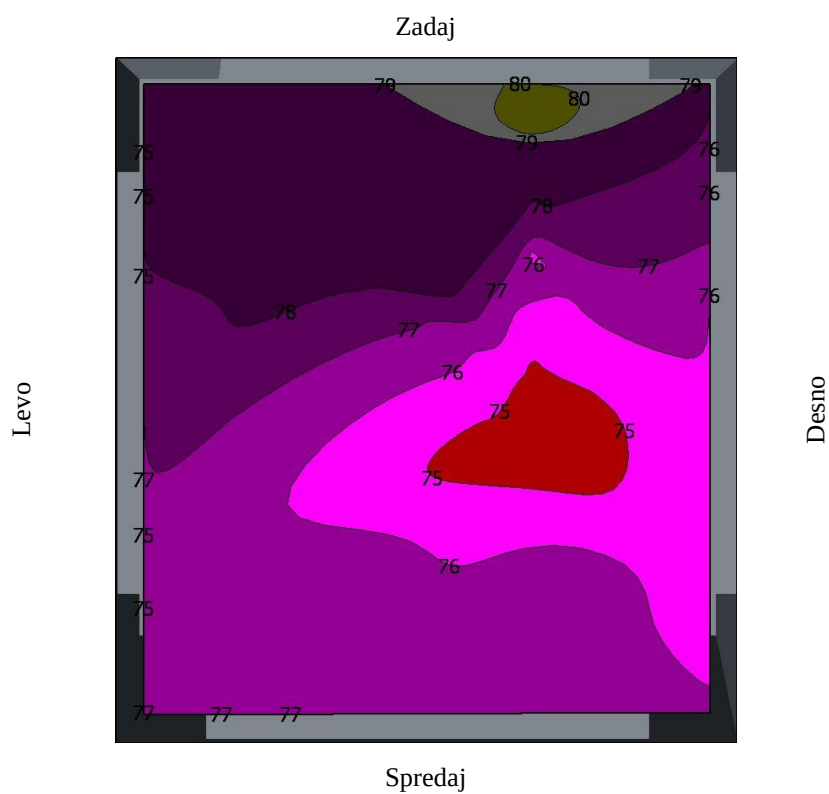
Pri obremenitvi z ropotom pod delovnimi obrati motorja opazimo, da so obremenitve z ropotom pričakovano nekoliko višje kot pri prostem teku motorja (slika 21, 22, 23, 24). Vidno je, da so najvišje vrednosti ropota na povsem drugih delih kabine v primerjavi z modelno sliko pri prostem teku motorja. Jakosti ropota se ne povečujejo od spodnjega dela kabine proti zgornjemu, tako kot takrat, ko motor deluje pod nižjimi obrati, ampak so jakosti ropota najnižje v območju vznikove glave, kjer so vrednosti jakosti ropota med 74 dB(A) in 75 dB(A). Najvišje vrednosti jakosti ropota pa je moč opaziti v spodnjem delu kabine in pri zadnjem vetrobranskem steklu, kjer so vrednosti ropota do 80 dB(A). Nekoliko višje vrednosti ropota so opazne (78 dB(A)) nad vznikovo glavo.



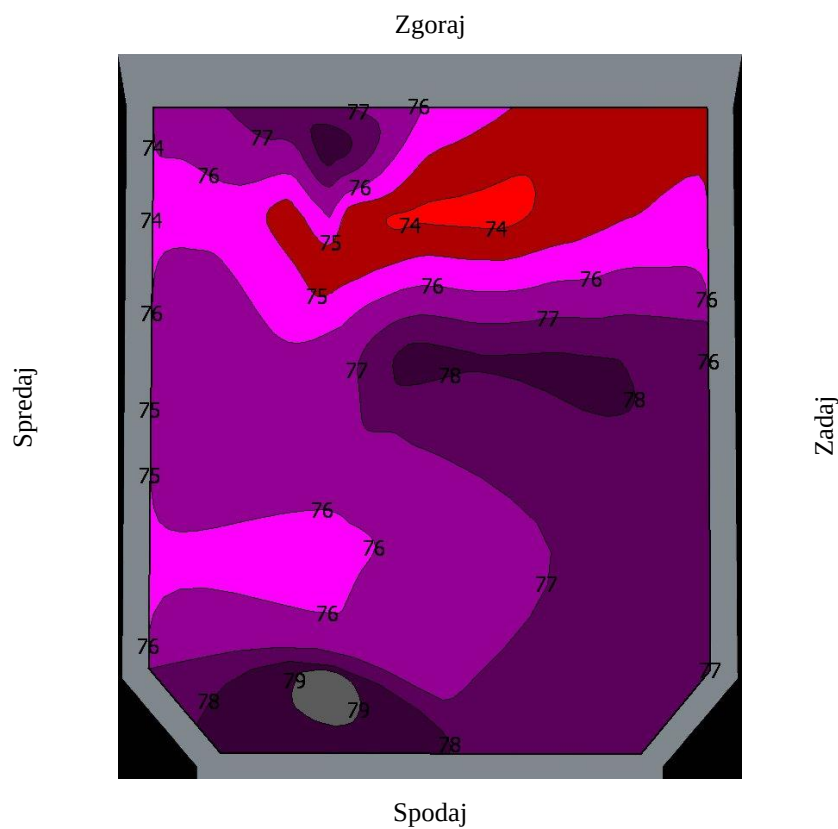
Slika 21: Model ropota po kazalniku LAeq pri 2144 rpm (stranski ris)



Slika 22: Model ropota po kazalniku LAeq pri 2144 rpm (tloris zgornji)

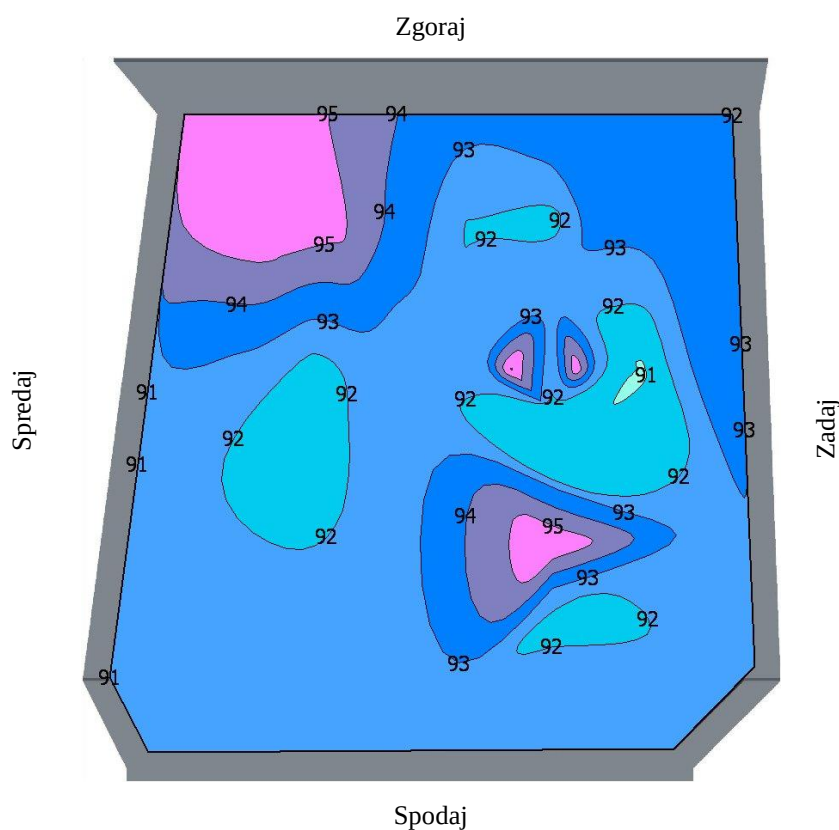


Slika 23: Model ropota po kazalniku LAeq pri 2144 rpm (tloris spodnji)

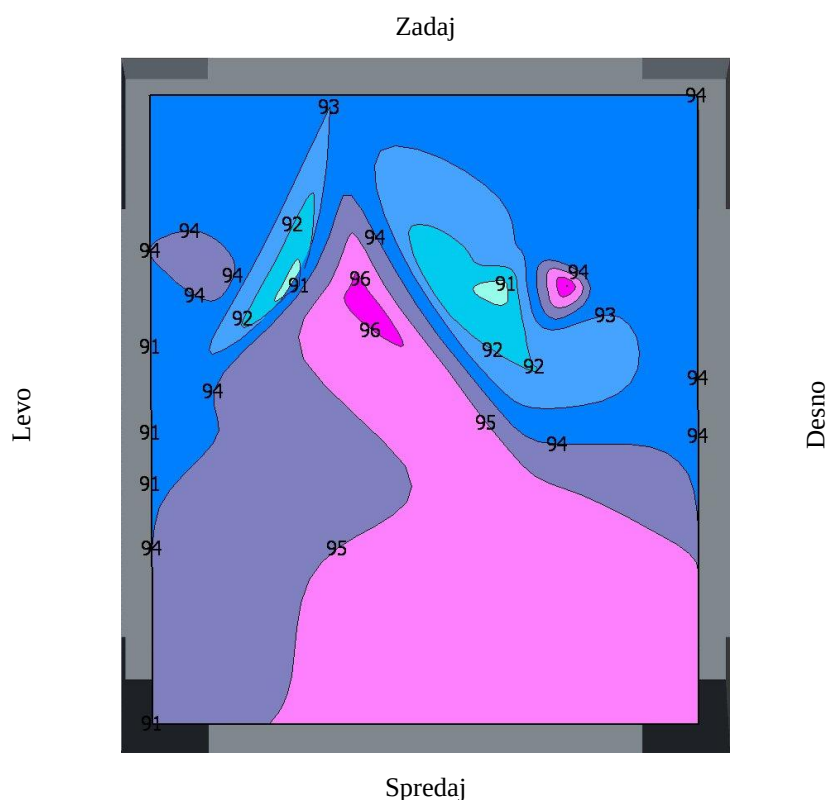


Slika 24: Model ropota po kazalniku LAeq pri 2144 rpm (pogled zadaj)

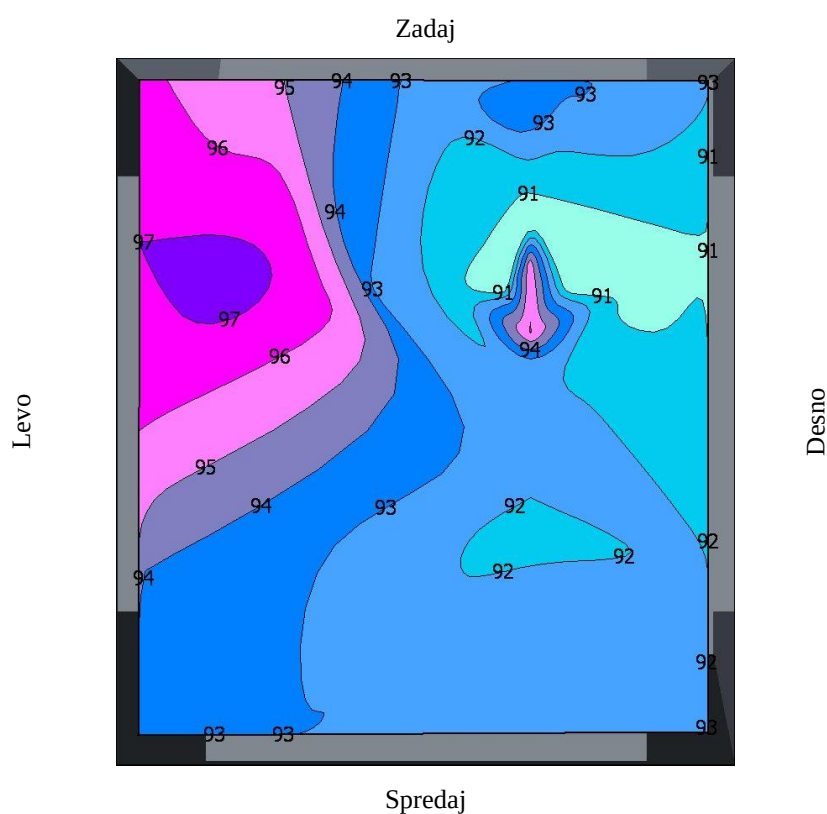
V nadaljevanju smo prikazali še modele koničnih jakosti ropota (LCpeak) pri prostem teku motorja in pri delovnih obratih motorja. V prostem teku motorja (slika 25, 26, 27, 28) so visoke konične jakosti ropota vidne v zgornjem delu kabine pri vetrobranskem steklu (95 dB(C)), v območju glave voznika (94 dB(C) – 96 dB(C)), ter v bližini sedeža (93 dB(C) – 95 dB(C)). Najvišje vrednosti konične jakosti ropota pa opazimo ob desnem oknu kabine nad krmilnimi ročicami (97 dB(C)). Nasprotno pa so najnižje konične jakosti izmerjene pri vratih na levi strani traktorske kabine (91 dB(C)). Pojavljanje visokih vrednosti koničnih jakosti ropota pri sprednjem vetrobranskem steklu sovpada z najvišjimi izmerjenimi vrednostmi ekvivalentne jakosti ropota pri 840 rpm.



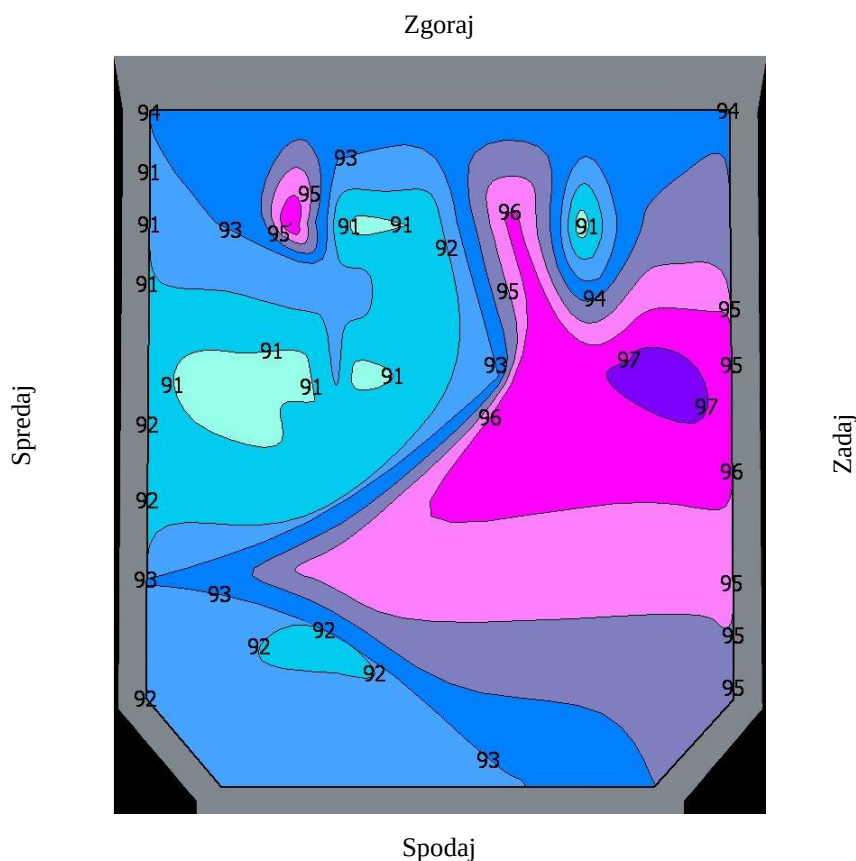
Slika 25: Model koničnih vrednosti (LCpeak) pri 840 rpm (stranski ris)



Slika 26: Model koničnih vrednosti ropota (LCpeak) pri 840 rpm (tloris zgornji)

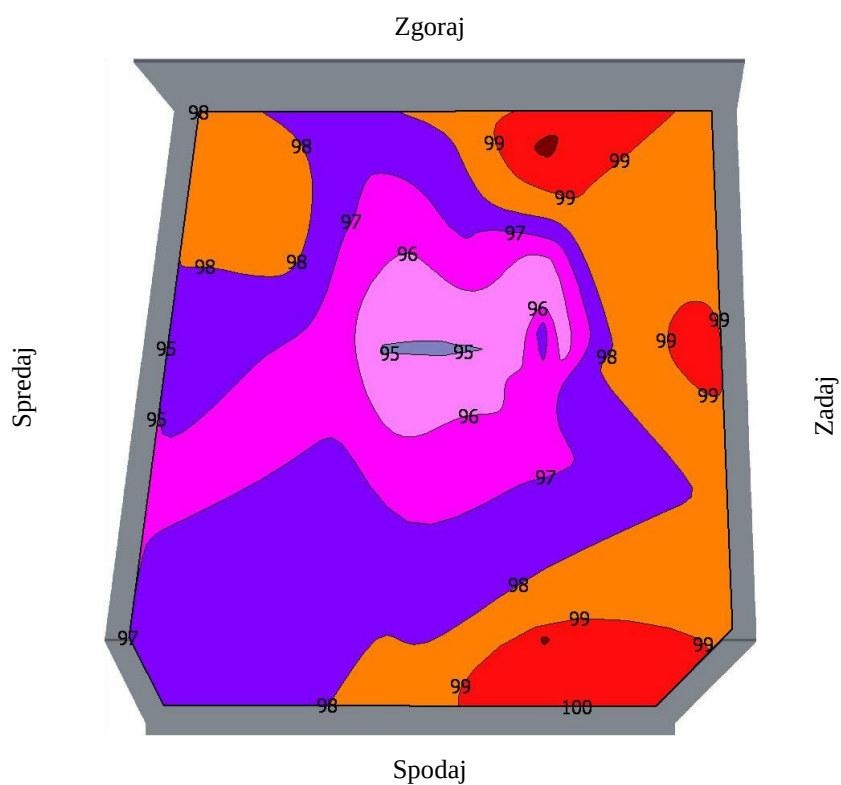


Slika 27: Model koničnih vrednosti ropota (LCpeak pri 840 rpm (tloris spodnji)

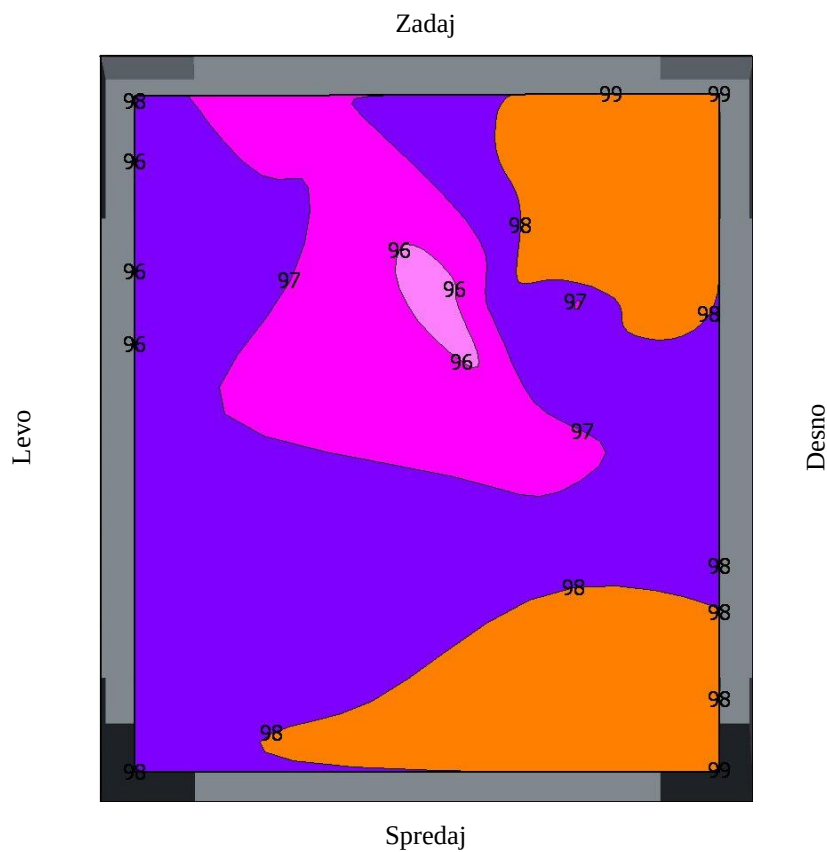


Slika 28: Model koničnih vrednosti ropota (LCpeak) pri 840 rpm (pogled zadaj)

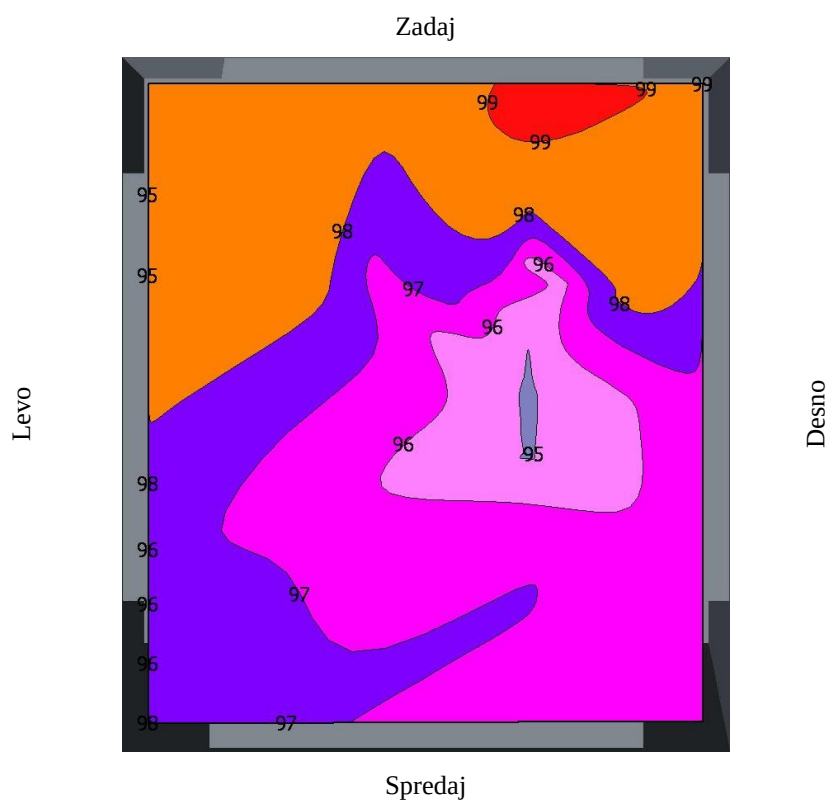
Pri delovnih obratih motorja pa opazimo visoke konične jakosti ropota na zelo podobnih mestih v kabini kot visoke vrednosti ekvivalentne jakosti ropota pri istih obratih motorja. Tako se pojavljajo nad voznikovo glavo in pri zadnjem vetrobranskem steklu, kjer dosega vrednosti do 99 dB(C). Najvišja konična jakost ropota pa je opazna na tleh kabine pri sedežu, kjer doseže 100 dB(C). Najnižje vrednosti konične jakosti ropota so vidne v sredini kabine (95 dB(C) – 97dB(C)).



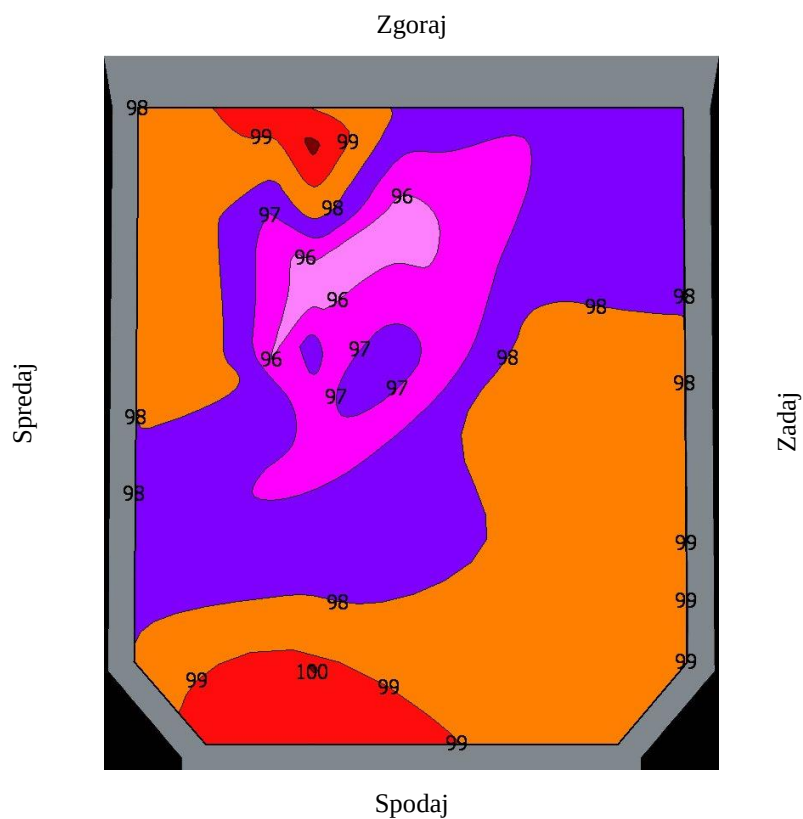
Slika 29: Model koničnih vrednosti ropota (LCpeak) pri 2144 rpm (stranski ris)



Slika 30: Model koničnih vrednosti ropota (LCpeak) pri 2144 rpm (tloris zgornji)



Slika 31: Model koničnih vrednosti ropota (LCpeak) pri 2144 rpm (tloris spodnji)



Slika 32: Model koničnih vrednosti ropota (LCpeak) pri 2144 rpm (pogled zadaj)

5.3 STATISTIČNA ANALIZA

Pridobljene rezultate meritev smo statistično obdelali s pomočjo t – testa za neodvisne vzorce, s katerim smo ugotavljali, ali obstajajo statistično značilne razlike v jakosti ropota med dvema merilnima mestoma. Rezultati statističnih obdelav so prikazani v prilogi B.

V analizi narejeni pri prostem teku motorja, smo točki 3 in 4, to sta položaja mikrofona, ki sta najbližje voznikovima ušesoma, primerjali z ostalimi bližnjimi položaji merjenj. Iz rezultatov lahko ugotovimo, da med meritvami izvedenimi pri prostem teku motorja tako za kazalnik LAeq in LCpeak, med aritmetničnimi sredinami izračunanih vrednosti obstajajo razlike, značilno različne s stopnjo tveganja $\alpha < 0,001$ za vse primerjane pare točk, razen pri kazalniku LCpeak za par 4 in 15 ne moremo potrditi statistično značilnih razlik.

Enako kot za pare položajev merjenja pri prostem teku smo naredili statistično analizo tudi za položaje merjenja pri delovnih obratih motorja. V tem primeru smo primerjali obremenitve merjene na točkah 40 in 41 z ostalimi okoliškimi točkami. Pri primerjavi jakosti ropota med obratovanjem motorja pod delovnimi obrati, s statistično analizo ugotovimo, da obstajajo razlike med aritmetničnimi sredinami značilno različne, s tveganjem $\alpha < 0,001$ pri vseh primerjanih parih za kazalnik LAeq. Pri kazalniku LCpeak pa pri parih primerjav 40 in 38, 41 in 47, 41 in 48 ter 41 in 53 nismo potrdili statistično značilnih razlik v obremenitvah z ropotom.

Razlike v obremenitvah z ropotom med posameznimi točkami po kazalniku LAeq so bile od 0,31 dB(A) do 4,43 dB(A) pri 840 rpm, ter pri 2144 rpm v intervalu od 0,34 dB(A) do 5,23 dB(A). V povprečju so se jakosti ropota med seboj razlikovale pri 840 rpm za 1,95 dB(A), pri 2144 rpm pa za 1,41 dB(A).

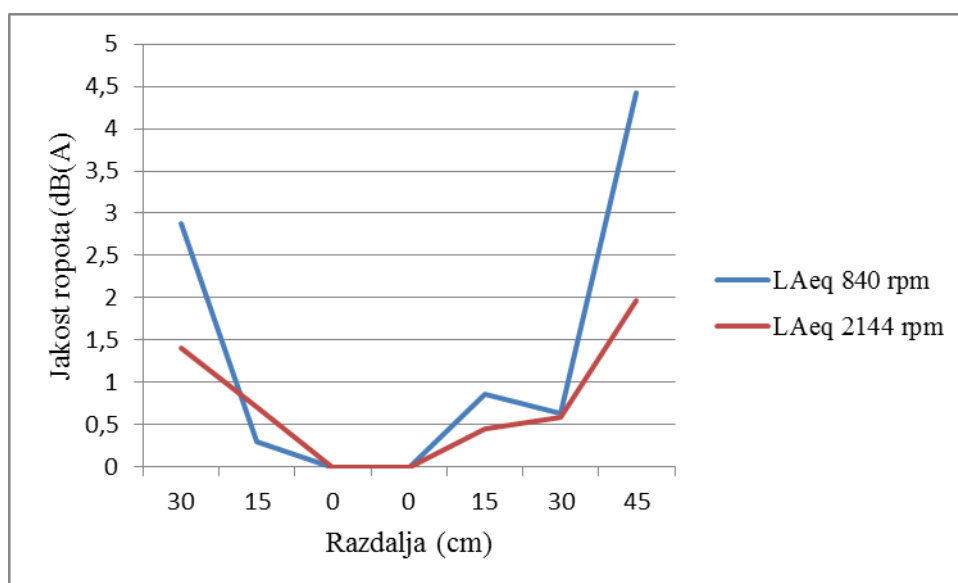
Po kazalniku LCpeak, so se vrednosti pri 840 rpm razlikovale od 0,0 dB(C) do 6,41 dB(C), pri 2144 rpm pa so bile razlike med 0,01 dB(C) do 4,33 dB(C). Povprečno so se vrednosti med točkami pri 840 rpm razlikovale za 2,10 dB(C), pri 2144 rpm pa za 1,72 dB(C). Podrobneje smo analizirali točke od 1 – 7 pri 840 rpm, ter 38 – 44 pri 2144 rpm, ki so na letvici, nameščeni v višini voznikovih oči in pokriva levo ter desno stran od voznikove glave

(slika 33, 34). Del analiziranih točk leži znotraj območja, ki ga Standard predpisuje kot dovoljenega za postavitev mikrofona pri merjenju ropota. Naša izbrana merilna mesta ležijo vsa znotraj razdalje 0,4 m od traktoristovega ušesa razen merilnega mesta 7 pri 840 rpm, ter merilnega mesta 44 pri 2144 rpm, ki sta oddaljena 0,45 m od traktoristovega ušesa.

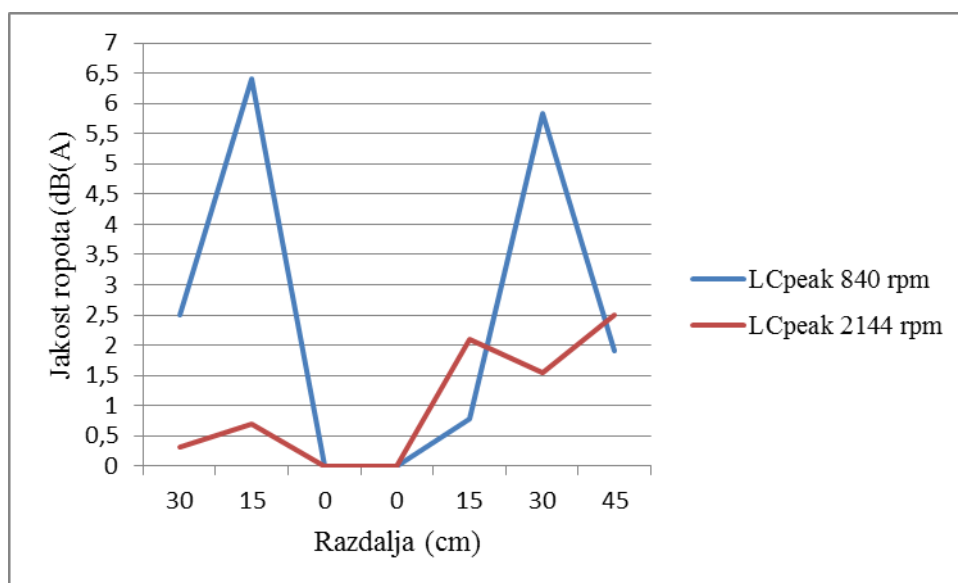
V splošnem lahko iz rezultatov ugotovimo, da jakost ropota narašča levo in desno od voznikove glave, kar še posebej drži za kazalnik LAeq.

Pri analizi točk znotraj 0,4 m smo ugotavljali povprečno razliko med izmerjenimi vrednostmi, ki so merjene na razdalji 0,15 m in 0,30 m od traktoristovega ušesa. Največje povprečno odstopanje med izmerjenimi vrednostmi smo izračunali pri kazalniku LCpeak (slika 34), pri 840 rpm obratih motorja, in je znašalo 3,88 dB(C). Pri 2144 rpm je bilo odstopanje med izmerjenimi vrednostmi bistveno manjše, in sicer 1,16 dB(C). Najmanjše povprečno odstopanje, 0,79 dB(A), je bilo izmerjeno pri kazalniku LAeq pri 2144 rpm obratih motorja (slika 33). Pri 840 rpm obratih motorja so se izmerjene vrednosti v povprečju razlikovale za 1,17 dB(A).

Razlike med izmerjenimi vrednostmi po kazalniku LAeq, na razdalji 0,45 m od traktoristovega ušesa (merilno mesto 7 oz. 44) so večje od razlik med izmerjenimi vrednostmi znotraj 0,4 m, saj pri 840 rpm znaša razlika med točkama 4 in 7 kar 4,43 dB(A). Pri 2144 rpm obratih motorja je razlika med izmerjenima vrednostima na točkah 39 in 44 znašala 1,97 dB(A). Pri kazalniku LCpeak smo pri nižjih obratih motorja izračunali, da se izmerjeni vrednosti točk 4 in 7 razlikujeta za 1,90 dB(C)) na razdalji 0,45 m, kar je nekoliko manj kot znaša razlika med točkami znotraj 0,4 m. Pri višjih obratih motorja pa smo izračunali, da je razlika med izmerjenima vrednostima na točkah 38 in 44 na razdalji 0,45 m znašala 2,51 dB(C) in je večja kot razlika med izmerjenimi vrednostmi znotraj 0,4 m.



Slika 33: Razlike v jakostih ropota na različni oddaljenosti od voznikove glave za kazalnik LAeq



Slika 34: Razlike v jakostih ropota na različni oddaljenosti od voznikove glave za kazalnik LCpeak

6 RAZPRAVA

Glavni namen naše diplomske naloge je bil, da ugotovimo porazdelitev jakosti ropota v kabini zgibnika, ter ugotovimo ali prihaja do napak merjenja ropota, če mikrofona za merjenje ropota ne postavimo na merilna mesta v traktorski kabini, kot to predpisuje standard ISO 9612:2009. Iz naše raziskave ugotovimo, da se ropot spreminja tako po kazalniku L_{Aeq} , kot tudi po kazalniku L_{Cpeak} , pri različnih obratih motorja. Ugotovili smo razlike tako v sami jakosti, kot tudi v razporeditvi ropota po traktorski kabini. Jakost ropota je bila med prostim tekom in delovnimi obrati po kazalniku L_{Aeq} v povprečju različna za 7,52 dB(A), pri kazalniku L_{Cpeak} pa je povprečna razlika znašala 4,25 dB(C). Pričakovano so bile jakosti ropota pri obeh kazalnikih višje, ko se je motor vrtel z 2144 rpm.

Pri pregledu razporejanja ropota v kabini zgibnika ugotovimo, da se ropot različno razporeja po kabini, glede na kazalnik, kot tudi glede na obrate motorja. Tako smo za L_{Aeq} ugotovili, da se najvišje vrednosti (72 dB(A)) pri 840 rpm pojavijo v zgornjem delu kabine pri vetrobranskem steklu, pri 2144 rpm, pa najvišje vrednosti (80 dB(A)) ugotavljamo v spodnjem delu kabine, pri zadnjem vetrobranskem steklu, ter nad voznikovo glavo. Različno so glede na kazalnik L_{Aeq} razporejene tudi najnižje vrednosti ropota, tako smo pri 840 rpm ugotovili najnižje vrednosti (66 dB(A)) v območju voznikovega sedeža, pri 2144 rpm pa najnižje vrednosti (74 dB(A)) ugotavljamo v območju voznikove glave.

Pri kazalniku L_{Cpeak} podobno kot za kazalnik L_{Aeq} , ugotavljamo, da je razpored koničnih jakosti po kabini zgibnika različen glede na delovne obrate motorja. Pri 840 rpm tako najvišje konične jakosti (97 dB(C)) ugotavljamo ob desnem oknu kabine pri krmilnih ročicah, pri 2144 rpm pa so najvišje konične jakosti ropota (100 dB(C)) izmerjene na spodnjem delu kabine pri sedežu. Najnižje konične jakosti ropota (91 dB(C)) pri 840 rpm so izmerjene pri vratih na levi strani kabine, pri 2144 rpm pa ugotavljamo najnižje konične jakosti ropota (95 dB(C)) na sredini traktorske kabine.

Območja visokih koničnih jakosti ropota v traktorski kabini se precej dobro pokrivajo z najvišjimi izmerjenimi ekvivalentnimi jakostmi ropota pri prostem teku motorja, saj se obe

jakosti ropota pojavljajo v zgornjem delu kabine pri vetrobranskem steklu, čeprav so najvišje konične jakosti izmerjene ob desnem oknu kabine.

Še bolj kot pri prostem teku motorja se območja najvišjih vrednosti ropota, za oba kazalnika pokrivajo pri delovnih obratih motorja, saj opazimo, da so najvišje izmerjene vrednosti za LAeq in LCpeak na tleh kabine pri sedežu, pri zadnjem vetrobranskem steklu, ter nad voznikovo glavo.

Iz naših meritev ugotavljamo, da se območja najnižjih izmerjenih vrednosti ropota, glede na različne obrate ne ujemajo med seboj, tako pri kazalniku LAeq kot tudi ne pri kazalniku LCpeak, saj so najnižje vrednosti izmerjene vedno na drugem predelu kabine zgibnika.

Pri ugotavljanju razlik med posameznimi merilnimi mesti, smo prišli do rezultatov, da prihaja do precejšnih razlik med analiziranimi položaji merjenj. Tako smo za kazalnik LAeq ugotovili razlike med vrednostmi jakosti ropota pri prostem teku motorja od 0,31 dB(A) do 4,43 dB(A), pri delovnih obratih pa so bile razlike na intervalu od 0,34 dB(A) do 5,23 dB(A).

Za kazalnik LCpeak ugotavljamo razlike med merilnimi mesti pri 840 rpm na intervalu od 0,0 dB(C) do 6,41 dB(C), pri 2144 rpm pa so razlike med 0,01 dB(C) do 4,43 dB(C).

Pri primerjavi rezultatov z napako merjenja, kot jo predpisuje Standard, smo v naši raziskavi ugotovili, da prihaja na oddaljenosti merilnih mest znotraj 0,4 m od voznikovega ušesa, kot to dovoljuje Standard do večjih napak kot 1 dB. Manjšo odstopanje od 1 dB smo izračunali le za kazalnik LAeq, pri delovnih obratih motorja, kjer je odstopanje med izmerjenimi vrednostmi znašalo 0,79 dB(A).

Naši izračuni so pokazali, da so razlike med izmerjenimi vrednostmi ropota še večje za merilna mesta, ki so od voznikovega ušesa oddaljena več kot 0,4 m. Manjšo razliko med izmerjeno vrednostjo ropota smo izračunali le za kazalnik LCpeak pri 840 rpm, kjer je bila povprečna razlika znotraj 0,4 m 3,88 dB(C), razlika med merilnima mestoma 4 in 7, na razdalji 0,45 m pa je znašala 1,90 dB(C).

Pri pregledu dosedanjih raziskav smo ugotovili, da raziskav, ki bi se ukvarjale z vplivom položaja mikrofona na napako merjenja ropota pri gozdarskih strojih praktično ni, zato tudi ne moremo neposredno primerjati svojih ugotovitev z rezultati drugih raziskav. Našli smo le eno raziskavo, ki je potekala v tujini in je zelo podobna naši raziskavi, čeprav je imela povsem drugačne cilje kot naša raziskava, zato smo iz nje vzeli le tiste meritve, ki jih lahko primerjamo z našimi ugotovitvami.

Primerjali smo samo rezultate po kazalniku LAeq pri delovnih obratih motorja, saj Team Pin Drop (2010) navaja, da je preučevani traktor deloval z 2250 obrati na minuto, kar je podobno kot naš zgibnik, ki je deloval z 2144 obrati na minuto. Pri pregledu rezultatov ugotovimo, da so dobili zelo podobne vrednosti kot mi, saj je njihova najnižja izmerjena vrednost jakosti ropota 75,42 dB(A), ter se od naše najnižje izmerjene vrednosti razlikuje za manj kot 3 dB(A). Še manjša je razlika pri najvišji izmerjeni ekvivalentni jakosti ropota, saj se naša najvišja (80,47 dB(A)) od njihove najvišje jakosti ropota razlikuje le za 0,13 dB(A). Če so izmerjene vrednosti ropota precej podobne, pa se razlikujejo merilni položaji, kjer so bile izmerjene najvišje in najnižje vrednosti ropota v kabini. Pri traktorju Versatile 280 so najvišje jakosti ropota ugotovili v spodnjem delu kabine, v naši raziskavi pa so najvišje jakosti ropota ugotovljene pri zadnjem vetrobranskem steklu kabine. Najnižjo vrednost ekvivalentne jakosti ropota so v tujini ugotovili pri sprednjem vetrobranskem steklu, v našem primeru pa ugotavljamo najnižje vrednosti ropota v območju traktoristove glave. Pri primerjavi merilnih mest v neposredni bližini voznikove glave ugotovimo, da so naše izmerjene vrednosti za približno 5 dB(A) nižje kot tiste, ki so jih raziskovalci ugotovili pri traktorju Versatile 280.

Za primerjavo razlik med jakostjo ropota pri prostem teku motorja in delovnimi obrati motorja, smo pregledali še rezultate iz magistrske naloge, kjer je Obranovič (2013) med drugim ugotavljal obremenjenost traktoristov z ropotom v zgibniku Ecotrac 120 V. Iz rezultatov smo za našo primerjavo vzeli le podatke, kjer je traktor miroval, motor pa deloval v prostem teku, zato smo pogledali izmerjene vrednosti pod operacijami zastoj zaradi delovnih sredstev, zastoj zaradi organizacije dela, ter zastoj zaradi osebnih potreb. Pri vseh naštetih operacijah se je voznik traktorja nahajal v kabini, kar je pomembno iz tega vidika, saj je imel merilni mikrofonski pritrdjen na delovni čeladi. Za obremenitev pod delovnimi obrati motorja,

smo vzeli delovno operacijo polna vožnja, ki je najboljši približek našim pogojem, kjer je motor traktorja deloval z delovnimi obrati.

Pri primerjavi izmerjenih vrednosti za kazalnik LAeq opazimo, da je pri Ecotracu 120 V jakost ropota pri prostem teku motorja, 81,3 dB(A), pri zgibniku Woody 140 pa smo izmerili vrednost 68,6 dB(A). Prav tako so velike razlike med zgibnikoma pri kazalniku LCpeak, saj dosežajo konične jakosti ropota v Ecotracu 120 V vrednosti do 119 dB(C), v našem primeru pa ja najvišja jakost ropota znašala 93,1 dB(C).

Podobno kot pri prostem teku motorja opazimo razlike tudi pri delovnih obratih motorja, saj avtor za vrednosti ropota po kazalniku LAeq v zgibniku Ecotrac 120 V navaja podatek 84,8 dB(A), v našem primeru pa je vrednost ropota 76,1 dB(A). Pri obremenitvi s konično jakostjo ropota, je razlika med zgibnikoma še večja, saj dosega vrednost ropota v zgibniku Ecotrac 120 V 133 dB(C), v zgibniku Woody 140 pa 97,3 dB(C). Do tako velikih razlik v jakosti med zgibnikoma lahko prihaja zaradi tega, ker zgibnik Ecotrac 120 V med delovno operacijo polna vožnja ni miroval.

7 SKLEPI

Na podlagi prej postavljenih hipotez lahko iz pridobljenih rezultatov oblikujemo sledeče sklepe:

- Hipotezo, da se jakost ropota v kabini ne spreminja oziroma je neodvisna od pozicije mikrofona lahko zavrremo, saj nam dani izračuni dokazujejo, da se jakost ropota značilno spreminja glede na različne položaje mikrofona za merjenje ropota.
- Prav tako lahko zavrremo hipotezo, ki pravi, da bodo napake meritev med pozicijami, ki jih predpisuje ISO 9612:2009, statistično neznačilne od vrednosti izmerjenih na drugih merilnih mestih v kabini, saj smo s statistično analizo točk dokazali, da obstajajo statistično značilne razlike med izmerjenimi vrednostmi pri voznikovi glavi, ki so znotraj dovoljenega območja na razdalji 0,4 m od voznikovega ušesa in ostalimi merilnimi mesti v kabini traktorja.

Raven ropota v traktorski kabini mora biti merjena in nadzorovana, da lahko preprečimo negativne učinke ropota na traktoristovo zdravje. S tem diplomskim delom smo dokazali pomembnost upoštevanja predpisov na področju merjenja ropota v traktorski kabini, saj ob neupoštevanju le teh, lahko prihaja do podcenjenih ali precenjenih ocen obremenitev z ropotom. Pri načinu in postopku meritev ropota je poleg drugih dejavnikov za pravilno oceno obremenjenosti traktoristov z ropotom ključnega pomena položaj merilnega mikrofona, zato je nujno, da se bodoče meritve ropota izvajajo v skladu z določili standarda SIST EN ISO 9612:2009.

8 VIRI

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

Evropska agencija za varnost in zdravje pri delu

<https://osha.europa.eu/sl/legislation/directives/the-osh-framework-directive/the-osh-framework-directive-introduction> (28.7. 2015)

Koselj V., Batič M., Bizjak G., Peče Breznik B., Butala V., Čudina M. in sod. Priročnik za varno in zdravo delo. Koselj V. (ur.). Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 188-191 str.

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

Lipoglavšek M., Kumer P. 1998. Humanizacija dela v gozdarstvu. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete: 214 str.

Nezavezujoči vodnik po dobrih praksah pri uporabi direktive 2003/10/ES „Hrup na delovnem mestu“

<http://ec.europa.eu/social/BlobServlet?docId=4388&langId=sl> (16. 7. 2015)

Poje A. 2011. Vplivi delovnega okolja na obremenitev in težavnost dela sekača pri različnih organizacijskih oblikah: doktorska disertacija. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 240 str.

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

Pravilnik o seznamu poklicnih bolezni. Ur. l. RS, št. 85/2003

<https://www.uradni-list.si/1/content?id=45130> (15.7. 2015)

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

<https://www.uradni-list.si/1/content?id=71747> (22. 7. 2015)

Resolucija o nacionalnem programu varnosti in zdravja pri delu Ur. l. RS, št. 126/2003

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?sop=2003-01-5394> (21. 7. 2015)

SIST EN ISO 9612:2009. Acustics – Determination of Occupational Noise Exposure – Engineering Method. 2009: 43 str.

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

Team Pin Drop. 2010. Tractor cab noise reduction. Final design report. University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba R3T 5V6, Canada: 46 str.
http://mspace.lib.umanitoba.ca/bitstream/handle/1993/5132/6FRa_TractorCabNoiseReduc.pdf?sequence=1&isAllowed=y (12.7.2015)

Vilpo d.o.o

<http://www.vilpo.si/index.php?p=8> (21.6. 2015)

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

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

Žunič G. 2014. Vpliv delovnih razmer na obremenitve strojnika zgibnega polprikoličarja z ropotom: Magistrsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 91 str.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Igorju Potočniku in somentorju asist. dr. Antonu Pojetu za predlagano temo diplomske naloge, strokovno pomoč ter za vse koristne nasvete pri pisanju diplomske naloge.

Za korektno in hitro recenzijo gre zahvala recenzentu doc. dr. Juriju Marenče.

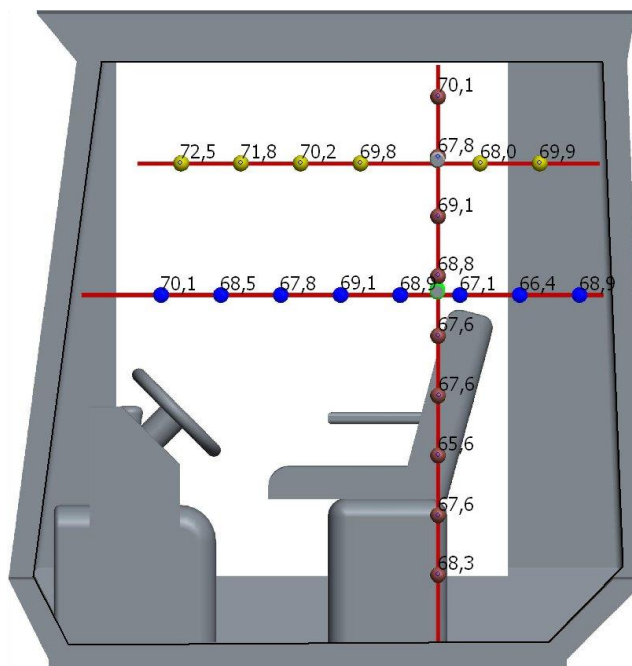
Rad bi se zahvalil tudi Gozdnemu gospodarstvu Postojna za sodelovanje pri meritvah na terenu.

Predvsem sem se dolžan zahvaliti svoji mami Janji, za omogočen študij in vso dosedanje podporo.

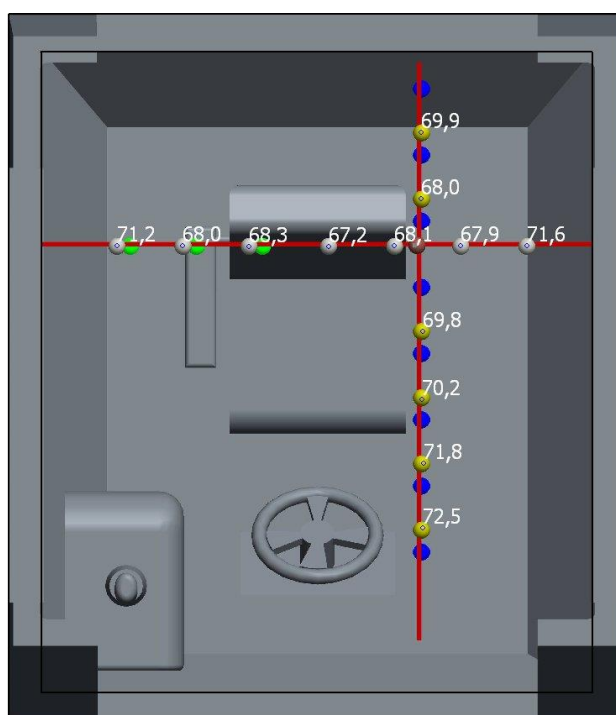
Iskreno bi se rad zahvalil tudi puncu Katji za njeno veliko mero potrpljenja, spodbujanja in pomoči skozi celoten študij, kot tudi pri pisanju te diplomske naloge.

PRILOGE

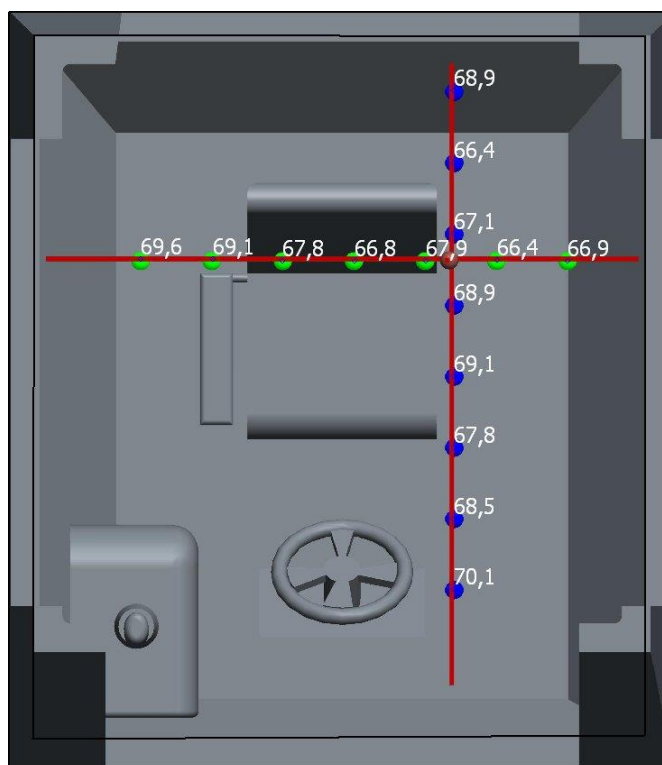
Priloga A: Izmerjene vrednosti jakost ropota v kabini zgibnika Woody 140



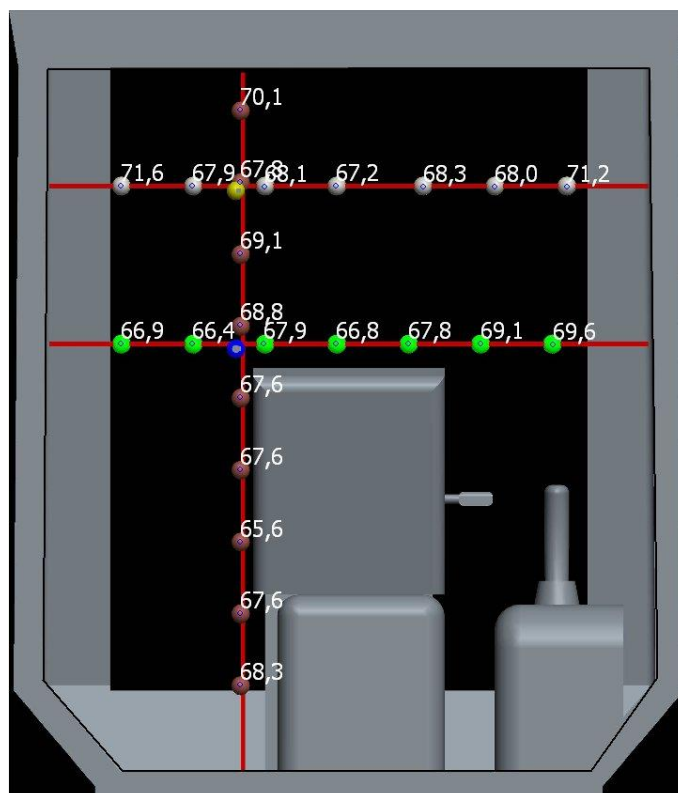
Izmerjene vrednosti LAeq (dB(A)) pri 840 rpm (stranski ris)



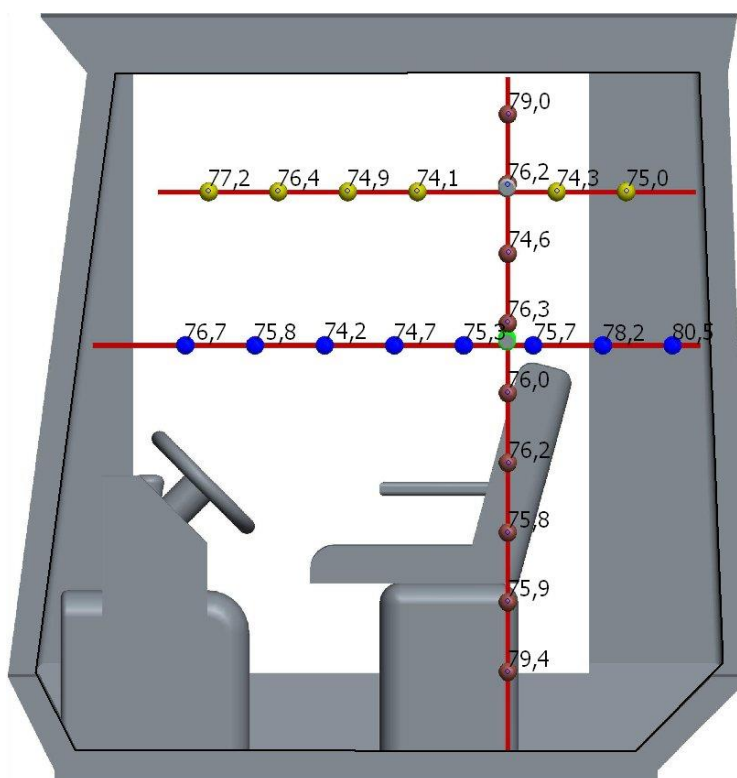
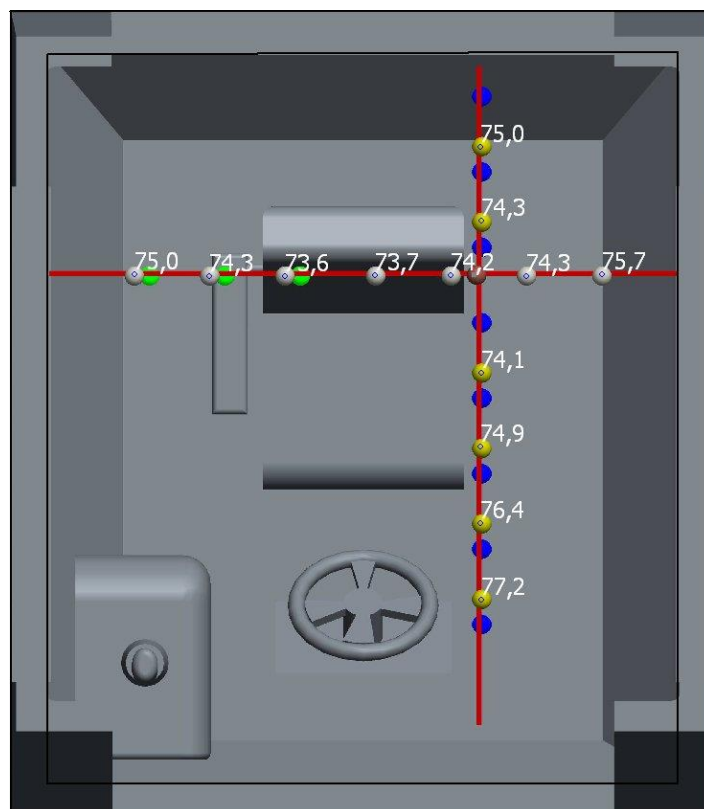
Izmerjene vrednosti LAeq (dB(A)) pri 840 rpm (tloris zgornji)

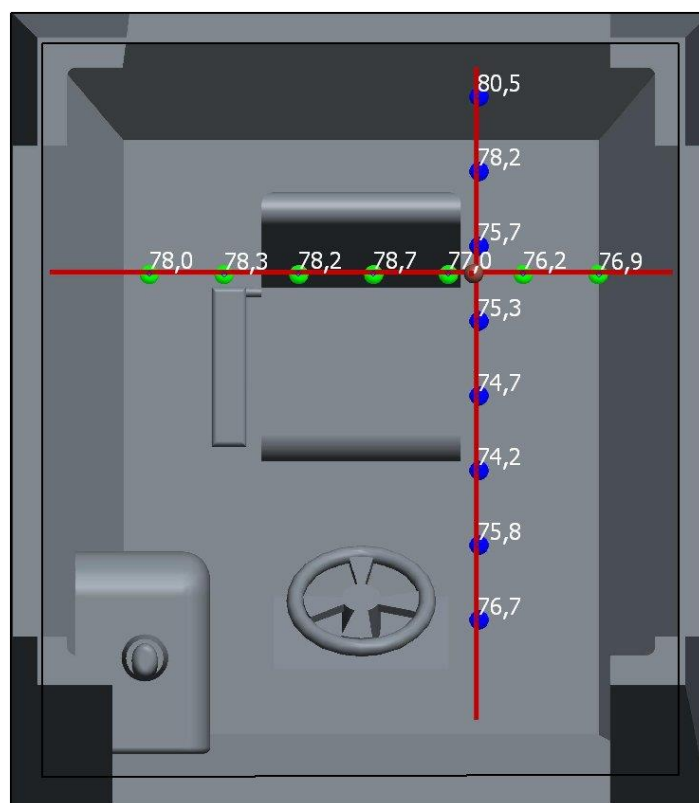


Izmerjene vrednosti LAeq (dB(A)) pri 840 rpm (tloris spodnji)

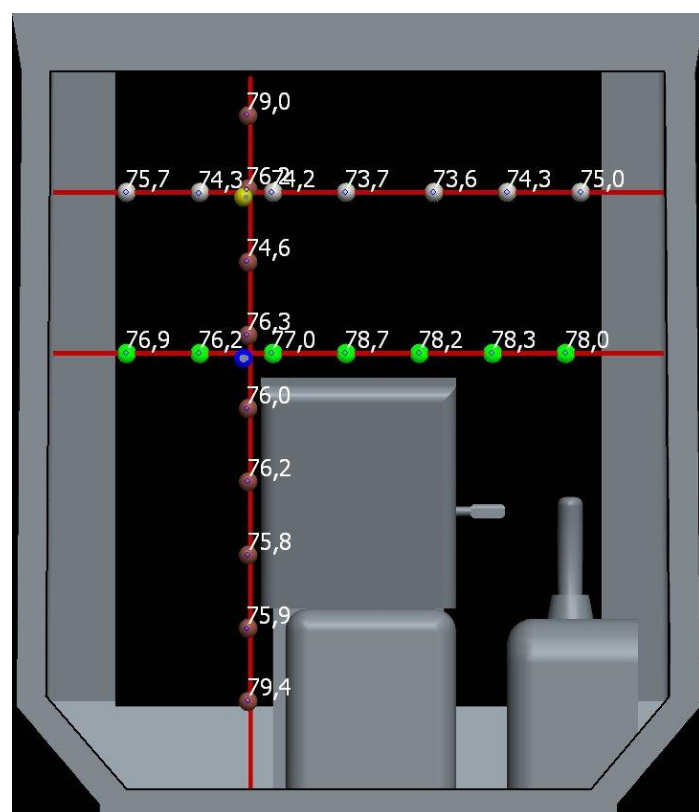


Izmerjene vrednosti LAeq (dB(A)) pri 840 rpm (pogled zadaj)

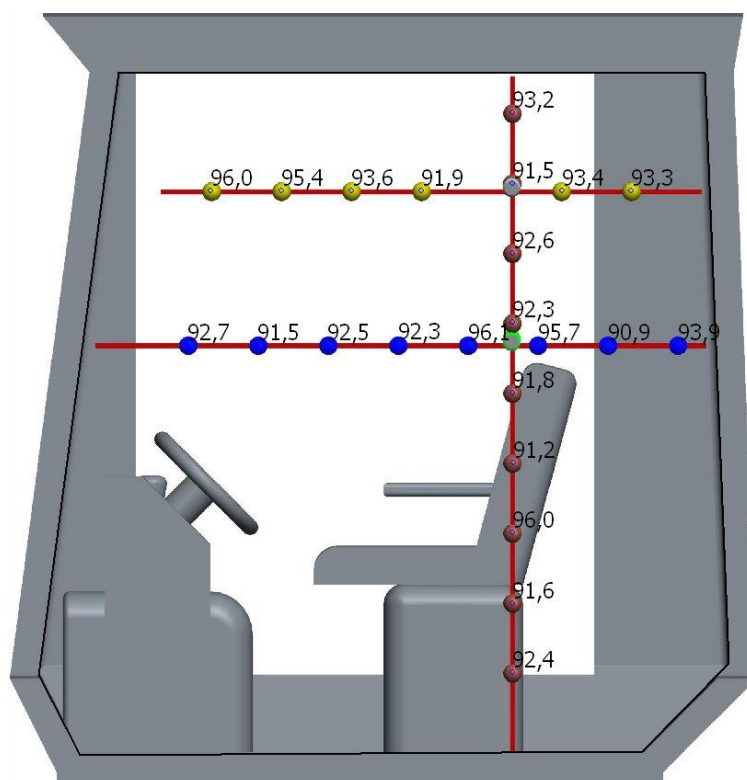
Izmerjene vrednosti L_{Aeq} (dB(A)) pri 2144 rpm (stranski ris)Izmerjene vrednosti L_{Aeq} (dB(A)) pri 2144 rpm (tloris zgornji)



Izmerjene vrednosti LAeq (dB(A)) pri 2144 rpm (tloris spodnji)



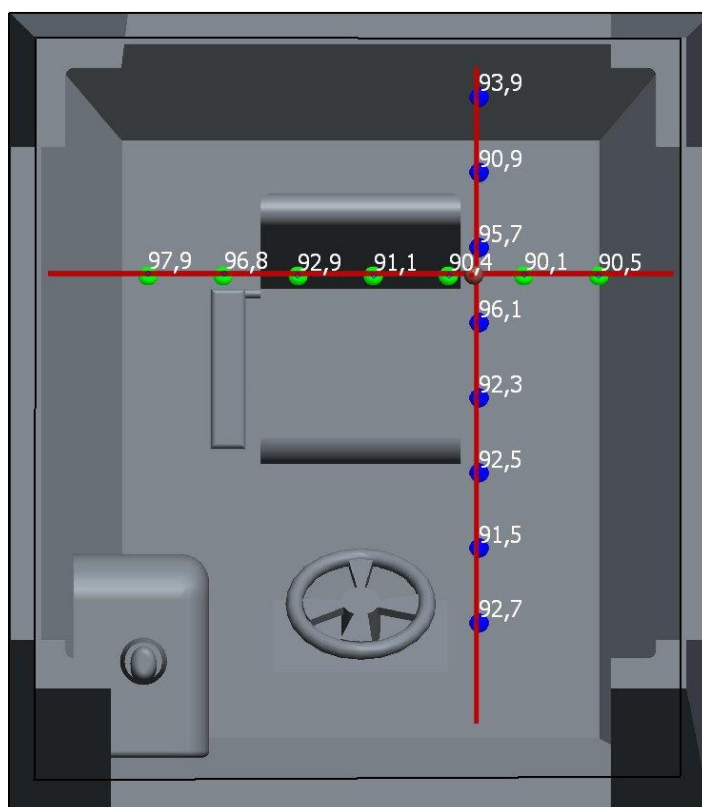
Izmerjene vrednosti LAeq (dB(A)) pri 2144 rpm (pogled zadaj)



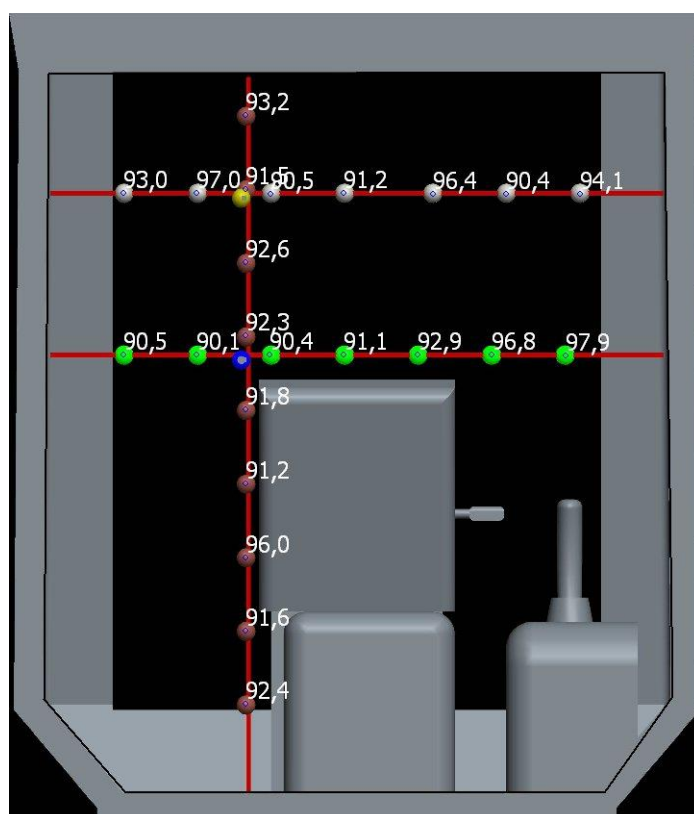
Izmerjene vrednosti LCpeak (dB(C)) pri 840 rpm (stranski ris)



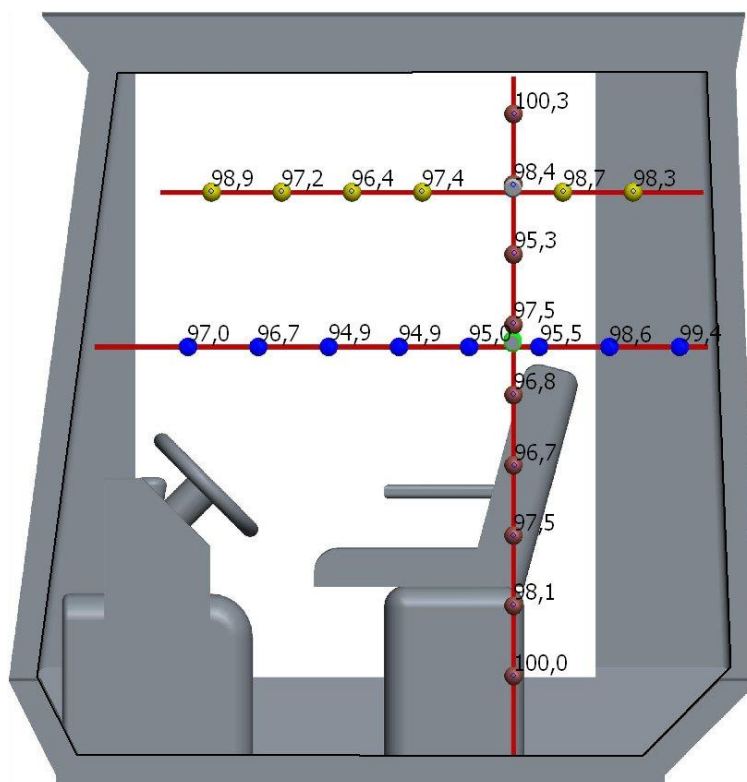
Izmerjene vrednosti LCpeak (dB(C)) pri 840 rpm (tloris zgornji)



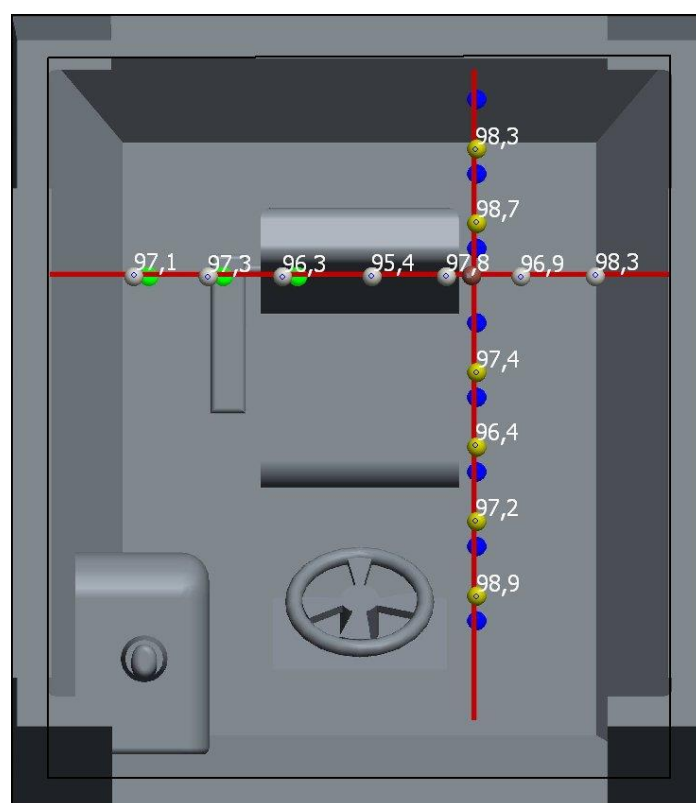
Izmerjene vrednosti LCpeak (dB(C)) pri 840 rpm (tloris spodnji)



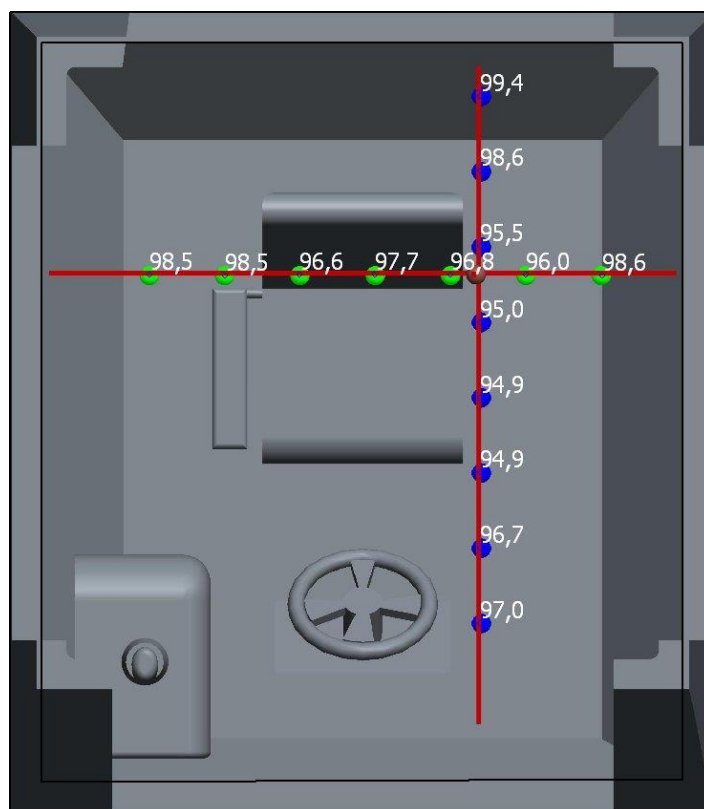
Izmerjene vrednosti LCpeak (dB(C)) pri 840 rpm (pogled zadaj)



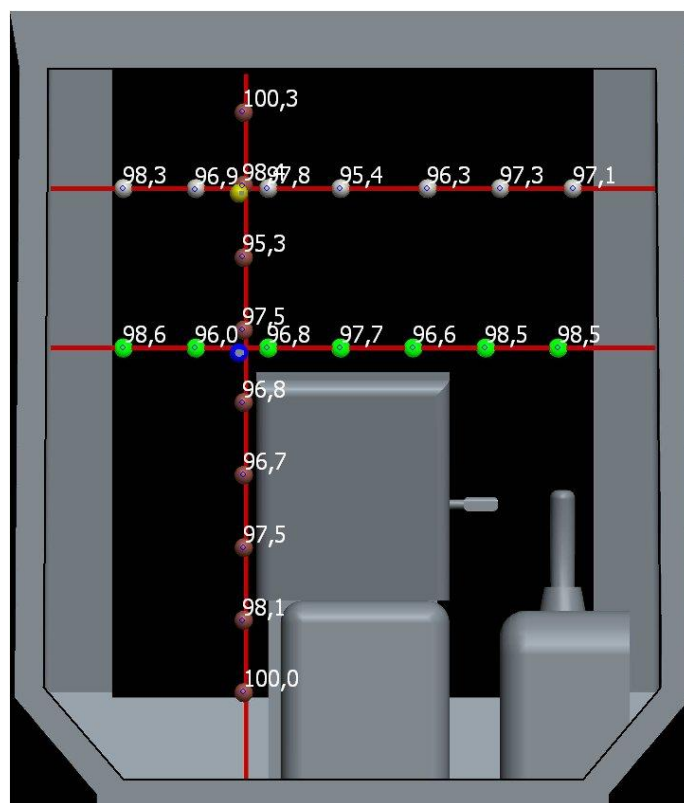
Izmerjene vrednosti LCpeak (dB(C)) pri 2144 rpm (stranski ris)



Izmerjene vrednosti LCpeak (dB(C)) pri 2144 rpm (tloris zgornji)



Izmerjene vrednosti LCpeak (dB(C)) pri 2144 rpm (tloris spodnji)



Izmerjene vrednosti LCpeak (dB(C)) pri 2144 rpm (pogled zadaj)

Priloga B: Preglednice rezultatov statističnih analiz

Primerjane točke	Mean 1 dB(A)	Mean 2 dB(A)	Razlika dB(A)	DF	t-Stat	t-critical	p<0,001
3 in 2	68,33	68,02	0,31	19	4,86	2,09	<0,001
3 in 1	68,33	71,21	-2,88	19	-45,63	2,09	<0,001
4 in 5	67,21	68,07	-0,86	20	-14,71	2,09	<0,001
4 in 6	67,21	67,84	-0,64	24	-10,02	2,06	<0,001
4 in 7	67,21	71,64	-4,43	17	-78,41	2,11	<0,001
4 in 8	67,21	69,85	-2,65	21	-44,13	2,08	<0,001
4 in 9	67,21	67,99	-0,78	20	-13,37	2,09	<0,001
4 in 10	67,21	69,81	-2,60	23	-41,42	2,07	<0,001
4 in 11	67,21	70,16	-2,96	25	-46,06	2,06	<0,001
4 in 14	67,21	70,04	-2,84	28	-38,12	2,05	<0,001
4 in 15	67,21	67,82	-0,62	24	-9,84	2,06	<0,001
4 in 16	67,21	69,07	-1,87	17	-33,45	2,11	<0,001

Preglednica 4: Rezultati statistične analize točk po kazalniku LAeq pri 840 rpm

Primerjane točke	Mean 1 dB(C)	Mean 2 dB(C)	Razlika dB(C)	DF	t-Stat	t-critical	p<0,001
3 in 2	96,01	89,60	6,41	23	51,73	2,07	<0,001
3 in 1	96,01	93,52	2,49	23	20,19	2,07	<0,001
4 in 5	90,73	89,96	0,77	26	5,99	2,06	<0,001
4 in 6	90,73	96,56	-5,83	24	-63,63	2,06	<0,001
4 in 7	90,73	92,63	-1,90	27	-16,03	2,05	<0,001
4 in 8	90,73	92,42	-1,69	22	-10,71	2,07	<0,001
4 in 9	90,73	91,60	-0,87	19	-4,59	2,09	<0,001
4 in 10	90,73	91,36	-0,63	25	-4,82	2,06	<0,001
4 in 11	90,73	92,50	-1,77	24	-12,35	2,06	<0,001
4 in 14	90,73	92,43	-1,70	27	-13,80	2,05	<0,001
4 in 15	90,73	90,73	0,00	25	0,00	2,06	0,996077
4 in 16	90,73	91,89	-1,16	27	-9,69	2,05	<0,001

Preglednica 5: Rezultati statistične analize točk po kazalniku LCpeak pri 840 rpm

Primerjane točke	Mean 1 dB(A)	Mean 2 dB(A)	Razlika dB(A)	DF	t-Stat	t-critical	p<0,001
40 in 39	73,55	74,25	-0,71	28	-25,86	2,05	<0,001
40 in 38	73,55	74,96	-1,41	28	-51,02	2,05	<0,001
41 in 42	73,74	74,19	-0,45	26	-13,00	2,06	<0,001
41 in 43	73,74	74,32	-0,59	24	-17,71	2,06	<0,001
41 in 44	73,74	75,71	-1,97	28	-50,12	2,05	<0,001
41 in 45	73,74	75,01	-1,27	27	-35,12	2,05	<0,001
41 in 46	73,74	74,25	-0,52	24	-10,32	2,06	<0,001
41 in 47	73,74	74,08	-0,34	28	-9,07	2,05	<0,001
41 in 48	73,74	74,86	-1,13	24	-34,31	2,06	<0,001
41 in 51	73,74	78,96	-5,23	28	-141,56	2,05	<0,001
41 in 52	73,74	76,19	-2,45	27	-68,69	2,05	<0,001
41 in 53	73,74	74,59	-0,85	26	-24,23	2,06	<0,001

Preglednica 6: Rezultati statistične analize točk po kazalniku LAeq pri 2144 rpm

Primerjane točke	Mean 1 dB(C)	Mean 2 dB(C)	Razlika dB(C)	DF	t-Stat	t-critical	p<0,001
40 in 39	95,72	96,40	-0,69	28	-4,16	2,05	<0,001
40 in 38	95,72	96,04	-0,32	26	-1,63	2,06	0,114296
41 in 42	94,59	96,69	-2,10	26	-10,23	2,06	<0,001
41 in 43	94,59	96,14	-1,54	26	-9,49	2,06	<0,001
41 in 44	94,59	97,10	-2,51	26	-11,46	2,06	<0,001
41 in 45	94,59	97,52	-2,93	27	-14,01	2,05	<0,001
41 in 46	94,59	97,04	-2,45	26	-11,19	2,06	<0,001
41 in 47	94,59	94,96	-0,37	23	-1,46	2,07	0,158247
41 in 48	94,59	95,19	-0,60	28	-3,13	2,05	0,004017
41 in 51	94,59	98,93	-4,33	26	-20,32	2,06	<0,001
41 in 52	94,59	97,37	-2,77	27	-16,31	2,05	<0,001
41 in 53	94,59	94,58	0,01	28	0,06	2,05	0,955588

Preglednica 7: Rezultati statistične analize točk po kazalniku LCpeak pri 2144 rpm

Priloga C: Mere v kabini zglobnika Woody 140