

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO
IN OBNOVLJIVE VIRE

Jakob SINIGOJ

**OBREMENITEV NARAVNEGA OKOLJA S
HRUPOM PRI VOŽNJI Z MOTORJEM**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2009

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

Jakob SINIGOJ

**OBREMENITEV NARAVNEGA OKOLJA S HRUPOM PRI VOŽNJI Z
MOTORJEM**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**BURDENING THE NATURAL ENVIRONMENT WITH THE NOISE
OF DRIVING THE MOTORCYCLE**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2009

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija gozdarstva na oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. Nastalo je v okviru Katedre za gozdno tehniko Oddelka za gozdarstvo Biotehniške fakultete. Terenske meritve so bile opravljene v GGO Ljubljana GGE Litija. Računalniška obdelava podatkov in izdelava diplomskega dela je bila narejena na Oddelku za gozdarstvo Biotehniške fakultete.

Študijska komisija Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF je na seji dne 21. 9. 2009 je za mentorja imenovala prof. dr. Igorja Potočnika in za recenzenta prof. dr. Boštjana Koširja.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

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

Jakob Sinigoj

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	GDK 907.2+907(043.2)=163.6
KG	hrup/motorno kolo/naravno okolje/gozdovi/rekreacija
KK	
AV	SINIGOJ, Jakob
SA	POTOČNIK, Igor (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
LI	2009
IN	OBREMENITEV NARAVNEGA OKOLJA S HRUPOM PRI VOŽNJI Z MOTORJEM
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	IX, 46 str., 11 pregl., 20 sl., 2 pril., 12 vir
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Danes zaznavamo porast voženj v gozdovih. Te povzročajo več vrst motenj naravnega okolja; ena od njih je hrup. V nalogi raziskovalce zanima, kolikšen hrup povzroča motorno kolo z vožnjo po gozdni cesti. Ugotavljajo, da jakost hrupa pod cesto upada od vira počasneje kot tista nad cesto, in da pri hitrejši vožnji jakost hrupa upada z razdaljo počasneje kot pri počasnejši. Razlik v upadanju jakosti hrupa z oddaljenostjo v različno gostih sestojih niso dokazali. Pri prosti vožnji, s kakršno se motoristi navadno vozijo po gozdu, znaša povprečna jakost hrupa na oddaljenosti 1 m 106 dB. Ta v primerjavi s hrupom okolja, ki znaša 41,5 dB, predstavlja zelo veliko motnjo.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Gt

DC FDC 907.2+907(043.2)=163.6

CX noise/motorcycle/natural environment/forest/recreation

CC

AU SINIGOJ, Jakob

AA POTOČNIK, Igor (supervisor)

PP SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83

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

PY 2009

TI BURDENING THE NATURAL ENVIRONMENT WITH THE NOISE OF DRIVING THE MOTORCYCLE

DT Graduation thesis (university studies)

NO IX, 46 p., 11 tab., 20 fig., 2ann., 12 ref.

LA sl/en

AB Lately, one can see an increase of driving in natural environment, in forests. This kind of driving causes quite a disturbance of natural environment in many ways, noise being one of them. This thesis focuses on intensity of noise caused by a motorcycle driving along a forest road. Intensity of the noise is decreasing with motorcycle moving away from the place of taking the measures; they have proven two things – one is that intensity decreases more slowly when measuring below the road-line than when taking measures above the road-line, and the second fact is that intensity of noise decreases more rapidly when driving fast than when driving slowly. Different structure of a forest has no evident influence on the decrease of noise intensity in connection to the motorcycle driving away. The most common way of driving the motorcycle through the wood is a free ride, which has an average noise emission of 106 dB. Of course, there is also noise, that is always present in the natural environment and is actually produced by the environment itself, but it reaches merely 41.5 dB. Thus the noise caused by driving a motorcycle represents a huge disturbance in the natural environment.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
KAZALO PRILOG	IX
1 UVOD	1
2 OPREDELITEV PROBLEMA	4
2.1 STOPNJE VARSTVA PRED HRUPOM	5
2.2 MEJNE VREDNOSTI RAVNI HRUPA	6
3 DOSEDANJE RAZISKAVE	8
4 NAMEN NALOGE IN HIPOTEZE	10
5 METODE DELA	11
5.1 ANALIZA MERJENJA HRUPA GLEDE NA SESTOJ, POZICIJO IN TIP VOŽNJE	17
5.2 ANALIZA MERJENJA HRUPA OB VIRU	19
5.3 ANALIZA MERJENJA HRUPA OKOLICE IN VREMENSKIH DEJAVNIKOV	20
6 REZULTATI	21
6.1 REZULTATI MERITEV HRUPA GLEDE NA SESTOJ, POZICIJO IN TIP VOŽNJE	21
6.1.1 Primerjava med hitrejšo in počasnejšo vožnjo	22
6.1.2 Primerjava med meritvami nad in pod cesto	23
6.1.3 Primerjava med meritvami v gostem in redkem sestoju	24
6.2 REZULTATI MERITEV OB VIRU HRUPA	25
6.2.1 Rezultati meritev ob motorju v mirovanju	25
6.2.2 Rezultati meritev, ko je motor v gibanju	26
6.3 REZULTATI MERITEV HRUPA OKOLICE	27
6.5 PRILAGODITVENE FUNKCIJE	29
7 ZAKLJUČKI IN RAZPRAVA	31
8 POVZETEK	34
VIRI	36

ZAHVALA	37
PRILOGE	38

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Mejne dnevne in nočne ravni za posamezna območja	6
Preglednica 2: Kritične dnevne in nočne ravni za posamezna območja.....	6
Preglednica 3: Mejne dnevne in nočne ravni za posamezni vir hrupa v posameznem območju	7
Preglednica 4: Mejne konične ravni za posamezna območja	7
Preglednica 5: Lastnosti motorja (Delta team ..., Akrapovič, 2009):	11
Preglednica 6: Večfaktorialni test opazovanih vplivov na širjenje hrupa	21
Preglednica 7: Primerjava med dvema tipoma voženj	22
Preglednica 8: Primerjava med lokacijama meritev	23
Preglednica 9: Primerjava med različno gostima sestojema	24
Preglednica 10: Zunanji dejavniki	28
Preglednica 11: Razdalje na katerih doseže hrup motorja enake vrednosti kot je hrup okolice	32

KAZALO SLIK

Slika 1: Motor Yamaha YZ250F (www.delta-team.com).....	12
Slika 2: Levo merilnik vremenskih dejavnikov Metrel MI 6401 Poly euro set, desno merilnik hrupa Brüel & Kjaer 2250.....	13
Slika 3: Gostejši sestoj nad cesto.....	14
Slika 4: Gostejši sestoj pod cesto	14
Slika 5: Redkejši sestoj nad cesto.....	15
Slika 6: Redkejši sestoj pod cesto	15
Slika 7: Cesta po kateri je vozil motorist v času snemanja	16
Slika 8: Shema izvedenih meritev	17
Slika 9: Skica prečnega profila terena v redkejšem sestoju.....	18
Slika 10: Skica prečnega profila terena v gostejšem sestoju	18
Slika 11: Primer izbire maksimalne vrednosti hrupa.	19
Slika 12: Zmanjševanje hrupa glede na tip vožnje	22
Slika 13: Zmanjševanje hrupa glede na lokacijo meritve.....	23
Slika 14: Zmanjševanje hrupa glede na tip sestoja.....	25
Slika 15: Jakosti hrupa na mestu	26
Slika 16: Jakosti hrupa pri prosti vožnji	27
Slika 17: Jakost hrupa okolja.....	28
Slika 18: Frekvenčni spekter različnih delovanj motorja in hrupa okolice	29
Slika 19: Zmanjševanje hrupa z oddaljenostjo od vira glede na različne parametre.....	30
Slika 20: Zmanjševanje hrupa z oddaljenostjo od vira glede na različne parametre pri različnih jakostih hrupa okolja	31

KAZALO PRILOG

Priloga A: Izmerjene jakosti hrupa na različnih razdaljah in ob motorju.....	38
Priloga B: Izmere profilov	46

1 UVOD

Diplomska naloga govori o vplivih kros motorjev in štirikolesnikov (ATV) pri vožnji po gozdnih poteh in brezpotjih. Glede na močan porast tovrstnih prevoznih sredstev v zadnjem času, je tema zelo aktualna.

Vožnja v naravnem okolju je prepovedana (Uredba o prepovedi vožnje z vozili v naravnem okolju, 1995). Na območju Republike Slovenije je v naravnem okolju prepovedano voziti, ustavljati, parkirati ali organizirati vožnje z vozili na motorni pogon in s kolesi. Kot naravno okolje se razumejo vsa območja zunaj ureditvenih območij mest, vasi in drugih naselij, infrastrukturnih objektov republiškega ali lokalnega pomena in rudarskih operacij med izvajanjem rudarskih del, ki so določena v skladu s predpisi o urejanju prostora, in zunaj nekategoriziranih cest ter drugih prometnih površin, ki so namenjene za vožnjo, ustavljanje in parkiranje v skladu s predpisi o cestah in predpisi o varnosti cestnega prometa.

Na gozdnih cestah in na cestah z makadamskim voziščem v gozdnem prostoru ter na cestah v območjih, ki so zavarovana s posebnimi predpisi (naravni in gozdni rezervati, narodni, regijski in krajinski parki, vodni rezervati, varovalni gozdovi, gozdovi s posebnim namenom) je prepovedano organiziranje voženj z vozili na motorni pogon ali njihova uporaba za testne in kros vožnje, športne, tekmovalne in reklamne vožnje ter njim podobne oblike uporabe.

Vožnja po gozdnih cestah ni prepovedana za registrirana vozila; med njih sodijo tudi motorji, ki so podobni kros motorjem in so namenjeni cestni vožnji. V kolikor motor ni registriran, vožnja z njim ni dovoljena niti po cestah niti po gozdu; dovoljena je zgolj na poligonih, narejenih za tovrstna vozila.

Število registriranih vozil se iz leta v leto povečuje, vendar je trend začasno ustavila recesija. Evidence o neregistriranih vozilih za vožnjo po brezpotju (kros motorjev, ATV) ni, zato lahko na njihovo povečevanje sklepamo na podlagi rasti števila registriranih vozil.

Konec leta 2007 je bilo v Sloveniji registriranih skoraj 1.287.000 cestnih vozil, od tega okoli 1.256.000 motornih in nekaj več kot 31.000 priklopnih vozil (Statistični urad RS, 2007). Konec leta 2007 je bilo v Sloveniji registriranih več kot 1.014.000 osebnih avtomobilov (brez specialnih osebnih avtomobilov), to pomeni 501 avtomobil na 1000 prebivalcev. Če upoštevamo samo osebne avtomobile, ki so bili v uporabi fizičnih oseb (962.000), je bilo v letu 2007 v Sloveniji registriranih 475 osebnih avtomobilov na 1000 prebivalcev.

Konec leta 2007 je bilo v Sloveniji registriranih za 4 % več cestnih vozil kot konec leta 2006. V tem obdobju se je število cestnih motornih vozil povečalo za 5 %, število priklopnih vozil pa se je zmanjšalo za 7 %. Med vsemi cestnimi motornimi vozili se je najbolj povečalo število motornih koles, in to skoraj za 90 %. Tolikšna razlika ni bila odraz dejanskega povečanja števila motornih koles v letu 2007, temveč posledica podcenjenih podatkov za predhodna leta. Doslej je bilo namreč veliko število motornih koles registriranih le v poletnih mesecih zaradi manjših stroškov zavarovanja in cestnin. V letu 2007 je bilo zabeleženih manj začasnih odjav motornih koles zaradi spremenjenih pogojev zavarovanja s strani zavarovalnic. Dodaten razlog za manjše število začasnih odjav je bila tudi milejša zima in posledično daljša sezona uporabe motornega kolesa. Dejansko povečanje števila motornih koles lahko ocenimo, če primerjamo število registriranih motornih koles konec junija 2007 in junija 2006. V tej primerjavi smo zaznali 25 % povečanje. Kljub izjemnemu navideznemu povečanju pa rast števila motornih koles ni bistveno vplivala na skupno rast, saj predstavljajo motorna kolesa manj kot 3 % vseh cestnih vozil. Na skupno rast števila cestnih vozil je najbolj vplivala rast števila osebnih avtomobilov. Število teh se je v letu 2007 povečalo za 3 %. Število koles z motorjem se je povečalo za 9 %, število avtobusov za 2 %, število tovornih motornih vozil pa za 11 %.

Konec leta 2008 je bilo v Sloveniji registriranih 1.343.252 cestnih vozil, od tega skoraj 1.309.000 motornih in skoraj 35.000 priklopnih vozil (Statistični urad RS, 2008). Konec leta 2008 je bilo v Sloveniji registriranih več kot 1.045.000 osebnih avtomobilov (brez specialnih osebnih avtomobilov), to pomeni 514 avtomobilov na 1000 prebivalcev. Če upoštevamo samo osebne avtomobile, ki so bili v uporabi fizičnih oseb (989.332), je bilo v letu 2008 v Sloveniji registriranih 487 osebnih avtomobilov na 1000 prebivalcev.

Konec leta 2008 je bilo v Sloveniji registriranih za 4 % več vseh cestnih vozil kot konec leta 2007. Število cestnih motornih vozil se je povečalo za 4 %, število priklopnih vozil pa za 10 %. Med vsemi cestnimi motornimi vozili se je najbolj povečalo število motornih koles, in sicer za skoraj 22 %, število tovornih motornih vozil za dobrih 8 %, število traktorjev za 5 % in osebnih vozil za 3%.

Iz statističnih letopisov za leti 2007 in 2008 je razvidno, da se indeks motoriziranosti za osebne avtomobile veča: leta 2007 je bil 0,475 : 1, leta 2008 pa 0,487: 1, kar pomeni približno 1 avto na 2 prebivalca.

Razlogov za porast voženj v naravnem okolju je več; en je tudi ta, da policija v njem ne izvaja pogostih kontrol, kjer pa jih, se zgodi, da voznik motorja, ko naleti na policijo, s ceste zavije v gozd. Po gozdu mu policija težje sledi, saj ni primerno opremljena, pa tudi ne tako vešča vožnje po gozdu. Pa tudi če pride do zaustavitve osebe, ki vozi v naravnem okolju, jo čaka le skromna denarna kazen.

Vožnja po gozdu povzroča slabšanje talnih razmer (zbitost tal, pretrganje koreninic, razlitje olj, zmanjšanje pomladka, ...) in povzročanje hrupa (motenje naravnih ciklov živali in bivanjskega okolja ljudi). Za gozdne živali so moteči tudi letališča, avtoceste, obrtne cone, športni poligoni in drugi objekti. V primerjavi z motorji so ti viri hrupa še močnejši; razlika je le v tem, da so slednji stacionarni, in se jim živali lahko izognejo ali pa na njih navadijo oziroma se jim prilagodijo, vožnje skozi gozd pa predstavljajo premične vire, katerih živali niso vajene in se jim morajo nenehno umikati.

V tej raziskavi nas zanimajo jakosti hrupa, ki jih povzroča motor med vožnjo po gozdni cesti in v mirovanju. Te meritve so orientacijskega značaja, saj so tovrstne meritve prve na tem področju pri nas.

2 OPREDELITEV PROBLEMA

Ko govorimo o zvočnih motnjah motorjev, moramo razložiti pojem hrupa in opredeliti dovoljene jakosti hrupa v naravnem okolju.

Strokovnjaki so si edini, da je težko natančno definirati, kaj je to hrup (Čakš, 2002). Dojemanje zvoka je zapleten fizikalno–fiziološko–psihičen proces. Zato enake dražljaje lahko dojemamo zelo različno. Kdaj postane določen zvok hrup ni odvisno le od fizikalnih danosti, ampak tudi in predvsem od subjektivne ocene človeka, ki je hrupu izpostavljen. Definicije hrupa so si precej podobne in enotne v tem, da je občutek hrupnosti povezan s človeškim slušnim vtisom, z njegovim trenutnim počutjem, pa naj bo hrup po svojem fizikalnem svojstvu ton, zven, šum ali pok. Nekatere vrste zvoka so prijetne, druge neprijetne, moteče ali škodljive. Zaradi subjektivnega dojemanja zvoka je definicija hrupa nejasna in zato ne moremo opredeliti enotnega merila za velikost motnje, ki jo povzroča hrup. Bistvena lastnost hrupa je, da nas moti, moti tišino in preprečuje komuniciranje. Hrup je torej neželen zvok in se zato predvsem nanaša na subjektivno opredelitev zvoka. Pomembno je, da ima zvok lahko vrsto različnih fizikalnih značilnosti, hrup pa postane takrat, ko ima neprimeren fiziološki ali psihološki vpliv na človeka. Biološka opredelitev hrupa je: vsak zvok, ki človeka moti, vzbuja nemir, moti človeka pri delu in škoduje njegovemu zdravju ali počutju.

Hrup je vsak zvok, ki v naravnem in življenjskem okolju vzbuja nemir, moti človeka in škoduje njegovemu zdravju ali počutju ali škodljivo vpliva na okolje (Uredba o hrupu v naravnem in življenjskem okolju, 1995).

Vir hrupa je objekt ali naprava, katerega uporaba ali obratovanje povzroča v okolju stalen ali občasen hrup, in je predvsem:

- industrijski, obrtni ali drug proizvodni objekt ali naprava, objekt ali naprava v kmetijstvu in gozdarstvu,
- cestna in železniška infrastruktura, parkirna hiša ali odprto parkirišče,
- letališče ali helikoptersko vzletišče,
- strelišče ali poligon za uničevanje neeksplozivnih ubojnih sredstev,
- poligon za potrebe zaščite in reševanja,

- objekt za športne ali druge javne prireditve,
- gostinski ali zabavišni lokal, ki uporablja zvočne naprave,
- zvonovi in druge nepremične samostojne zvočne naprave,
- odprto ali prekrto gradbišče,
- avtodromi, vrtiljaki, športna strelišča in podobni zabavišni objekti in naprave.

Pri živalih visoke stopnje hrupa lahko zmotijo naravne cikle, kot so na primer prehranjevalne navade, paritev in migracijske poti. Izpostavljanje hrupu, lahko povzroči izginotje živalskih vrst iz hrupno onesnaženega okolja.

2.1 STOPNJE VARSTVA PRED HRUPOM

Stopnje varstva pred hrupom, določene glede na občutljivost posameznega območja naravnega ali življenjskega okolja za učinke hrupa, so:

- I. območje

Velja za območje, ki potrebuje povečano varstvo pred hrupom, to je naravno območje, namenjeno turizmu in rekreaciji, neposredna okolica bolnišnic, zdravilišč in okrevališč ter območje narodnega parka ali naravnega rezervata.

- II. območje

Velja za območje, kjer ni dopusten noben poseg v okolje, ki je moteč zaradi povzročanja hrupa, to je območje, ki je primarno namenjeno bivanju oziroma zgradbam z varovanimi prostori, čisto stanovanjsko območje, okolica objektov vzgojno varstvenega in izobraževalnega programa ter programa osnovnega zdravstvenega varstva, območje igrišč ter javnih parkov, javnih zelenih in rekreacijskih površin ter območje krajinskega ali regijskega parka.

- III. območje

velja za območje, kjer je dopusten poseg v okolje, ki je manj moteč zaradi povzročanja hrupa, to je trgovsko-poslovno-stanovanjsko območje, ki je hkrati namenjeno bivanju oziroma zgradbam z varovanimi prostori in obrtnim ter podobnim proizvodnim

dejavnostim (mešano območje), območje, namenjeno kmetijski dejavnosti ter javno središče, kjer se opravljajo upravne, trgovske, storitvene ali gostinske dejavnosti.

- IV. območje

Dopusten je poseg v okolje, ki je lahko bolj moteč zaradi povzročanja hrupa, to je območje brez stanovanj, namenjeno industrijski ali obrtni ali drugi podobni proizvodnji, transportni, skladiščni ali servisni dejavnosti ter hrupnejšim komunalnim dejavnostim.

2.2 MEJNE VREDNOSTI RAVNI HRUPA

Za potrebe ocene obremenjenosti okolja s hrupom so za posamezna območja, ki so opredeljena s stopnjo varstva pred hrupom določene mejne vrednosti ravni hrupa.

Določene so naslednje mejne vrednosti:

- mejne dnevne in nočne ravni za posamezna območja,
- kritične dnevne in nočne ravni za posamezna območja,
- mejne dnevne in nočne ravni za posamezni vir hrupa v posameznem območju,
- mejne konične ravni za posamezna območja.

Preglednica 1: Meje dnevne in nočne ravni za posamezna območja

Območje naravnega ali življenjskega okolja	Mejne ravni (dBA)	
	nočna raven Ln	dnevna raven Ld
IV. območje	70	70
III. območje	50	60
II. območje	45	55
I. območje	40	50

Preglednica 2: Kritične dnevne in nočne ravni za posamezna območja

Območje naravnega ali življenjskega okolja	Kritične ravni (dBA)	
	nočna raven Ln	dnevna raven Ld
IV. območje	70	80
III. območje	59	69
II. območje	53	63
I. območje	47	57

Preglednica 3: Mejne dnevne in nočne ravni za posamezni vir hrupa v posameznem območju

Območje naravnega ali življenjskega okolja	Mejne ravni za vir hrupa (dBA)	
	nočna raven Ln	dnevna raven Ld
IV. območje	68	68
III. območje	48	58
II. območje	42	52
I. območje	37	47

Preglednica 4: Mejne konične ravni za posamezna območja

Območje naravnega ali življenjskega okolja	Mojna konična raven hrupa L1 (dBA)	
	nočni čas (22.00 . 06.00)	dnevni čas (06:00 – 22:00)
IV. območje	90	90
III. območje	70	85
II. območje	65	75
I. območje	60	75

3 DOSEDANJE RAZISKAVE

V ZDA so opravili vrsto raziskav vpliva brezpotnih vozil (off-road vehicles = ORV) na okolje. Raziskave iz poročila (Taylor) se nanašajo na sušna območja, v katerem so ekosistemi še občutljivejši. Dokazano je, da vožnja po brezpotju razgalja tla in poškoduje koreninski splet, kar ob malo obilnejših padavinah povzroča erozijo, razlitja goriva in olj pa onesnažujejo vodo, ki je marsikje že tudi primanjkuje. Raziskano je tudi, da takšna vožnja negativno vpliva tudi na nekatere vrste plazilcev, dvoživk, ptičev in sesalcev. Hrup lahko zmoti naravne cikle teh živali (prehranjevalne navade, razmnoževanje, migracijske poti idr.). To lahko vodi do zmanjšanja številčnosti vrste, izginotja ali celo izumrtja, če se ta nahaja le na ogroženem območju.

Raziskava (Harrison, 1993) obravnava jakost hrupa petih motorjev, ki so se vozili skozi gozd, ki se sicer uporablja za motoristične (enduro) prireditve. Raziskovalce je zanimal vpliv hrupa na živali, lastnike in obiskovalce gozda ter določitev mejnih razdalj, od katerih dalje hrup zanje ni več moteč. Hrup motorjev v raziskavi je imel razpon od 83 do 100 dBA pri povprečno 4000 obratih na minuto. Raziskava je pokazala, da omenjeni motorji na oddaljenosti 400 ft (120 m) ne predstavljajo resne motnje, na oddaljenosti pol milje (ca 800 m) pa se jih sliši le še občasno, saj se na tej oddaljenosti jakosti hrupa motorja in okolja praktično izenačita.

Raziskava hrupa v gozdnem okolju zaradi gozdne proizvodnje, ki je bila narejena na oddelku za gozdarstvo (Poje in sod., 2008), govori o zvočnih motnjah, ki jih povzročata motorna žaga in zgibnik. Ugotovljeno je bilo, da se hrup z razdaljo relativno hitro zmanjšuje in da doseže raven hrupa okolice na relativno majhni razdalji. Hrup zgibnika se na razdalji 100 m ustali na 47 dB, kar je vrednost hrupa okolice. Statistična analiza je pokazala, da na širjenje zvoka vpliva struktura gozda, ne pa tudi naklon terena.

Raziskava vpliva cest na ptice (Rheindt, 2003) obravnava povezavo med frekvenco petja in njihovo dovzetnostjo za hrup. Ugotovljeno je bilo, da je vrstna pestrost ptic vzdolž ceste veliko manjša, kot na kontrolni ploskvi (kar zmanjša število vrst, primernih za raziskavo)

in da so ptiči, katerih frekvenca petja močno presega frekvenco hrupa, manj občutljivi na hrup.

4 NAMEN NALOGE IN HIPOTEZE

Namen naloge je ugotoviti:

- kakšna je obremenitev s hrupom v gozdu zaradi kros motorjev pri različnih režimih vožnje,
- kakšen je vpliv gozda na dušenje zvoka, glede na oddaljenost od vira hrupa v različno gostih sestojih,
- na kakšni razdalji hrup motorja ni več zaznaven.

Naše hipoteze so:

- hitrejša vožnja je hrupnejša od počasnejše,
- na pobočju nad cesto se jakost hrupa počasneje zmanjšuje kot pod cesto,
- jakost hrupa z razdaljo od vira hrupa v gostejšem sestoju hitreje slabi kot v redkejšem.

5 METODE DELA

Meritve smo opravili dne 29. 7. 2008 v gozdnogospodarskem območju Litija, v gozdno gospodarski enoti Polšnik, v oddelkih 21 in 22. Natančnejšo lokacijo nam podajo koordinate: N46° 04' 30,9" E014° 54' 01,7" (Y 492302.41, X 103426.13). Gozd je v državni lasti, zato smo dovoljenje za izvedbo meritev pridobili na ZGS OE Litija. Začeli smo ob 8. uri ter končali okoli 13. ure. Za snemanje smo izbrali cesto, ki gre skozi dva različno gosta sestoja. Po tej cesti se je vozil motorist z motorjem Yamaha YZ250F letnik 2007. Motor serijsko ni opremljen z merilnikom hitrosti, zato smo ga za potrebe raziskave opremili s kolesarskim merilnikom hitrosti. Jakost hrupa smo merili na dva načina in sicer prvič na različnih oddaljenostih od motorja in drugič ob motorju.

Preglednica 5: Lastnosti motorja (Delta team ..., Akrapovič, 2009):

Tip:	4-taktni, DOHC, 5 ventilov, 1 valj
Hlajenje motorja:	Vodno hlajen
Prostornina:	250 cc
Vrtina x Gib:	77.0 X 53.6 mm
Kompresijsko razmerje:	12.5:1
Mazanje:	Oljna črpalka
Uplinjenje/Dovod goriva:	Keihin FCR-MX37H/1
Sklopka:	mokra, večploščna
Vžig:	CDI
Sistem vžiga:	Nožni
Menjalnik:	5 prestav
Pogon:	Veriga
Prostornina rezervoarja za gorivo:	7 litrov
Prostornina rezervoarja za olje:	1.3 litra
Izpušni sistem:	1 izpušna cev, 1 izpušni lonec
Podatki o hrupu:	96dB / 5000 rpm



Slika 1: Motor Yamaha YZ250F (Delta team ..., 2009)

Pri vseh meritvah hrupa smo uporabili kalibriran (20. 2. 2008) merilnik hrupa Brüel & Kjaer 2250 (Poje in sod., 2008), s katerim smo v sekundnih (1 s) intervalih med drugim beležili ekvivalentno raven hrupa (LZ_{eq}) ter frekvenčni spekter hrupa na 1/3 oktave. Merilnik je bil nastavljen na hitro (Fast) oz. dinamično (Impulse) snemanje. Merjene hrupa je potekalo v intervalu od 20 do 140 dB. Pri meritvah na prečnih profilih je bil mikrofonski senzor (Brüel & Kjaer ZC 0032) cca. 130 cm nad tlemi. Pri vseh meritvah smo uporabljali zaščitno peno za mikrofonski senzor.

LZ_{eq} – ekvivalentna raven hrupa, definirana kot 20-kratnik desetiškega logaritma kvadratične srednje vrednosti zvočnega tlaka v času meritve glede na referenčni zvočni tlak ($20 \mu\text{Pa}$).

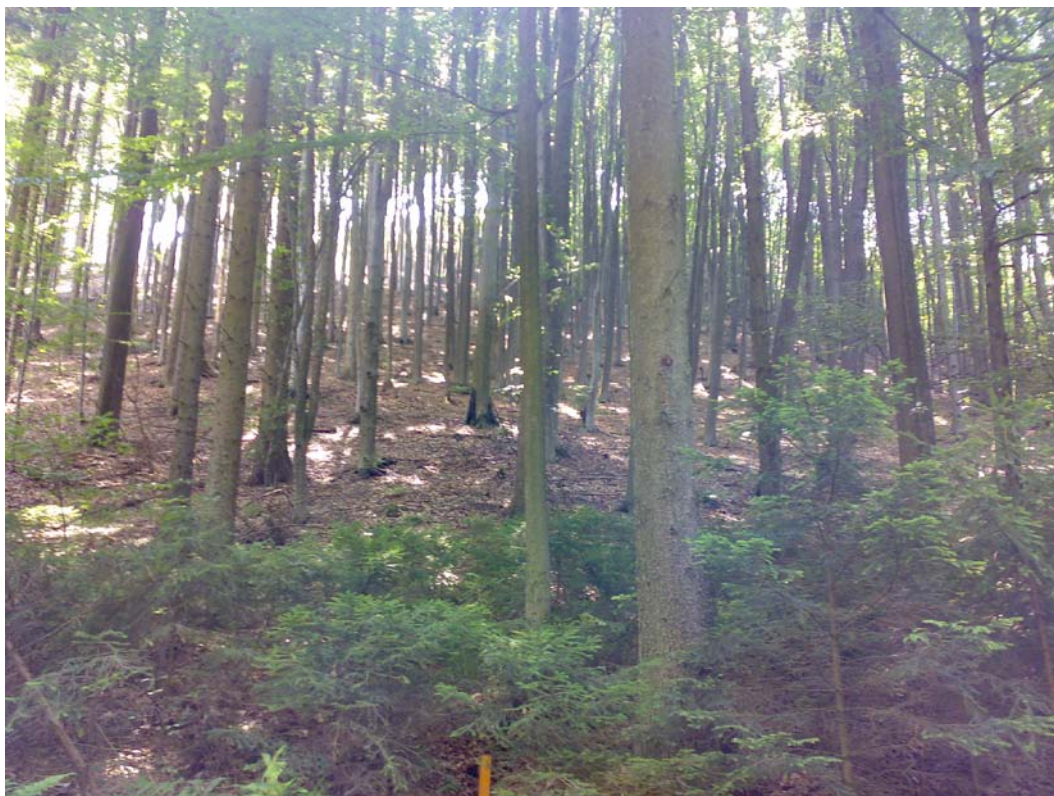
$$LZ_{eq}(T) = 20 \log \left[\frac{\sqrt{(1/\Delta t) \int_T^{T+\Delta t} \rho_x^2(\xi) d\xi}}{\rho_0} \right] [dB]$$

Zvočni tlak je bil pri meritvah LZ_{eq} in frekvenčnega spektra hrupa merjen brez frekvenčne obtežitve (Z – zero), saj vse obstoječe frekvenčne obtežitve – filtri (A-D) prilagajajo občutenje zvočnega tlaka človeškemu sluhu, kar zagotovo ne ustreza tudi drugim bitjem.



Slika 2: Levo merilnik vremenskih dejavnikov Metrel MI 6401 Poly euro set, desno merilnik hrupa Brüel & Kjaer 2250

Za meritve jakosti hrupa smo izbrali sestoj gozda z dvema različnima strukturama. Prvi del sestoja je bil gostejši, drugi pa je bil pred kratkim redčen in zato redkejši. Odsek ceste, po katerem je vozil motorist, je bil sorazmerno raven, s 3 % naklonom.



Slika 3: Gostejši sestoj nad cesto



Slika 4: Gostejši sestoj pod cesto



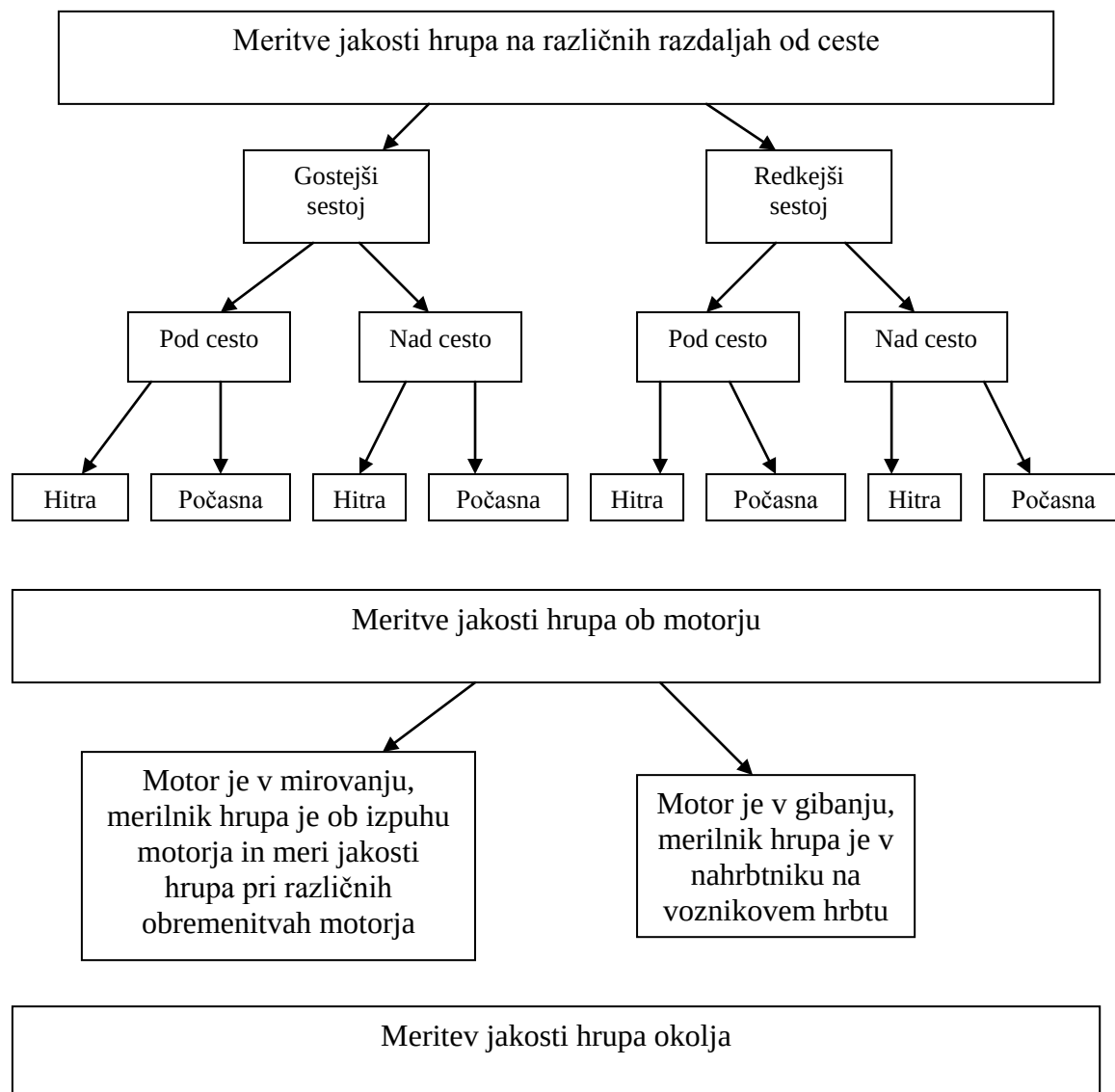
Slika 5: Redkejši sestoj nad cesto



Slika 6: Redkejši sestoj pod cesto



Slika 7: Cesta po kateri je vozil motorist v času snemanja



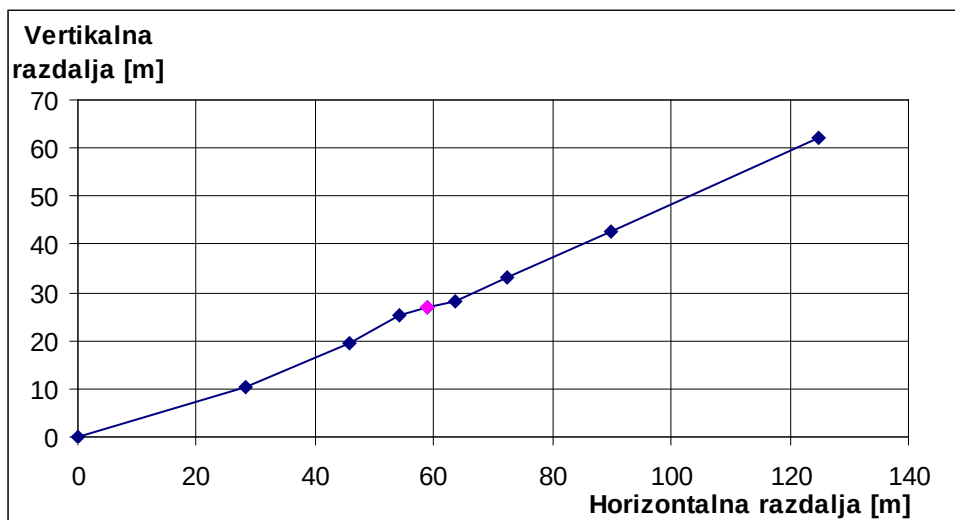
Slika 8: Shema izvedenih meritev

Slika 8 prikazuje shemo zajemanja merilnih rezultatov: 1) na različnih oddaljenostih od vira hrupa v treh okoliščinah (v različno gostih sestojih, na različnih pozicijah na pobočju in pri različnih tipih vožnje), 2) ob motorju v mirovanju in v gibanju, in 3) hrupa okolja.

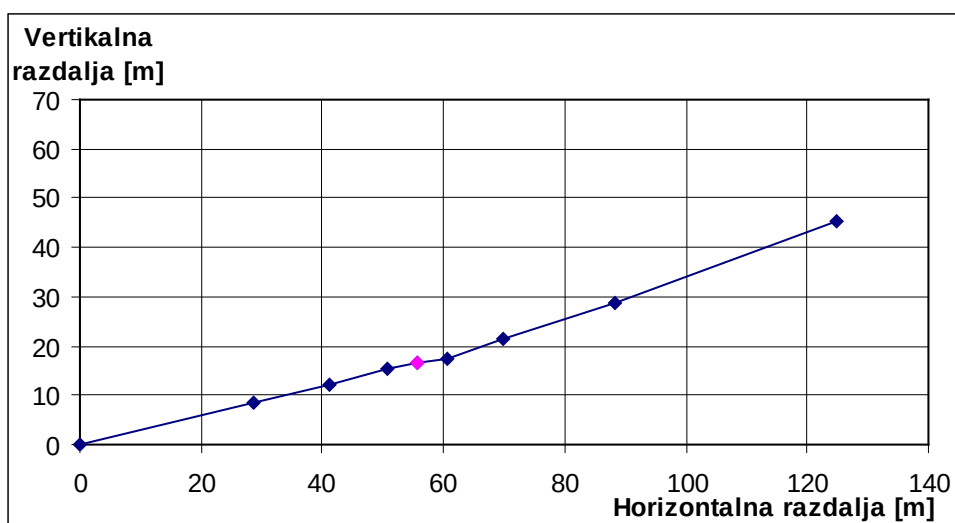
5.1 ANALIZA MERJENJA HRUPA GLEDE NA SESTOJ, POZICIJO IN TIP VOŽNJE

Jakost hrupa gibajočega motorja smo merili: v različno gostih sestojih, pod in nad cesto, in glede na tip vožnje (navzgor s 60 km/h in navzdol s 30 km/h, obakrat v peti prestavi).

Na cesti smo izbrali dva profila, ki sta bila v dveh različno gostih sestojih. Poiskali smo odsek ceste, kjer sta bila naklona pobočij (profilov) kar najbolj podobna.



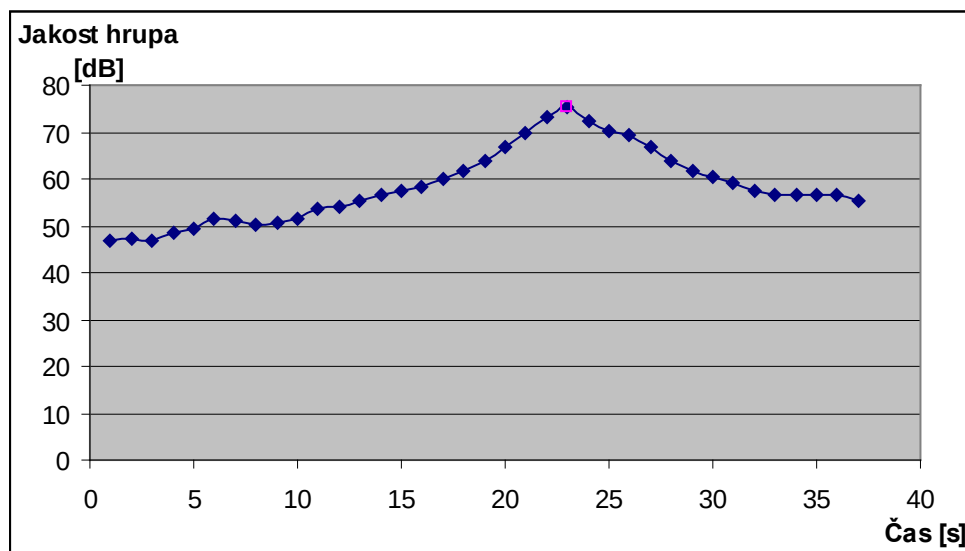
Slika 9: Skica prečnega profila terena v redkejšem sestoju



Slika 10: Skica prečnega profila terena v gostejšem sestoju

Na vsakem profilu smo določili 8 merilnih mest, in sicer 4 nad in 4 pod cesto. Merilna mesta so bila od ceste oddaljena 5, 15, 35 in 75 m. Na spodnji strani ceste nam teren ni dopuščal postavitve teh točk na zamišljeni razdalji, zato so razdalje v gostejšem in redkejšem sestoju pod cesto nekoliko spremenjene. Točke v gostejšem sestoju pod cesto so oddaljene od ceste 5, 15, 28 in 58 m, točke v redkejšem sestoju pod cesto pa 5, 15, 35 in 65 m. Na vsakem merilnem mestu smo opravili tri ponovitve. Hrup smo pričeli meriti s samim začetkom vožnje motorja. Ko je prišel mimo snemalne naprave, je hrup dosegel

maksimum in te vrednosti smo uporabili za nadaljnje izračune. Primer meritve hrupa ene vožnje je na sliki 10. Označena je največja vrednost hrupa; na ta način pridobljene vrednosti smo v nadaljevanju uporabili v statističnih izračunih.



Slika 11: Primer izbire maksimalne vrednosti hrupa.

5.2 ANALIZA MERJENJA HRUPA OB VIRU

Nadalje smo merili jakost hrupa ob motorju v teku na mestu. Snemalna naprava je bila oddaljena od izpuha približno 20 cm. Pri tej meritvi smo imeli tri režime delovanja motorja: jakost hrupa v prostem teku in jakosti hrupa pri približno tolikšnem številu obratov, kot pri vožnji s 30 km/h in s 60 km/h.

Nazadnje smo izmerili še jakost hrupa motorja pri vožnji skozi gozd. Merilno napravo smo namestili v motoristov nahrbtnik, ki je bil od izpuha motorja oddaljen približno 1 m. Tako opremljen se je motorist nekaj časa vozil po cesti z običajnim načinom vožnje.

5.3 ANALIZA MERJENJA HRUPA OKOLICE IN VREMENSKIH DEJAVNIKOV

Po meritvah hrupa motorja smo izmerili še glasnost "tišine" oziroma hrup, ki ga je povzročilo okolje samo v času ene minute. Sočasno smo z merilnikom Metrel MI 6401 Poly euro set opravili tudi meritve vremenskih dejavnikov, kot so temperatura zraka, relativna vlaga in hitrost vetra, ki bi lahko vplivali na meritve hrupa. Izmerjene podatke o hrupu smo statistično obdelali s programoma Excel in SPSS, v katerih smo naredili večfaktorski poskus ter regresijsko analizo.

6 REZULTATI

6.1 REZULTATI MERITEV HRUPA GLEDE NA SESTOJ, POZICIJO IN TIP VOŽNJE

Rezultati zajemajo primerjave upadanja jakosti hrupa nad in pod cesto med različnima tipoma vožnje v redkejšem in gostejšem sestoju. Če primerjamo jakost hrupa okolja, ki je bila povprečno 41,5 dB, in jakosti hrupa motorja pri izbranih hitrostih, od 93 do 103 dB, lahko vidimo, da povzroča motor relativno velik hrup.

Prva primerjava je večfaktorialni test opazovanih vplivov na širjenje hrupa v gozdu. V vseh testih smo uporabili 5 % tveganje. Test opazovanih spremenljivk nam pokaže, da so razlike v primeru tipov voženj in lokacije merjenja značilne, v primeru gostote sestoja pa ne. To je razvidno iz zadnjega stolpca, kjer imajo vsi značilni vplivi vrednost 0,000, neznačilni pa večjo od 0.

Preglednica 6: Večfaktorialni test opazovanih vplivov na širjenje hrupa

Testi vplivov posameznih spremenljivk

Odvisna spremenljivka: LZeq

Vir	Tip III Vsota kvadratov	Stopinje prostosti	Sredina kvadratov	F	Značilnost
Popravljen model	6629,251a	4	1657,313	128,318	,000
Konstanta	275327,401	1	275327,401	21317,319	,000
vožnja	653,335	1	653,335	50,585	,000
lokacija	398,510	1	398,510	30,855	,000
profil	46,642	1	46,642	3,611	,061
razdalja	5704,145	1	5704,145	441,645	,000
Napaka	1175,326	91	12,916		
Skupaj	563535,504	96			
Popravljeno skupaj	7804,577	95			

a. $R^2 = ,849$ (Prilagojen $R^2 = ,843$)

6.1.1 Primerjava med hitrejšo in počasnejšo vožnjo

Naslednja primerjava obravnava različna tipa voženj. Test je pokazal, da so razlike značilne in zato lahko trdimo, da je vožnja navzgor (hitrejša 60 km/h) bolj obremenjujoča za okolje, saj povzroča več hrupa kot vožnja navzdol (počasnejša 30 km/h).

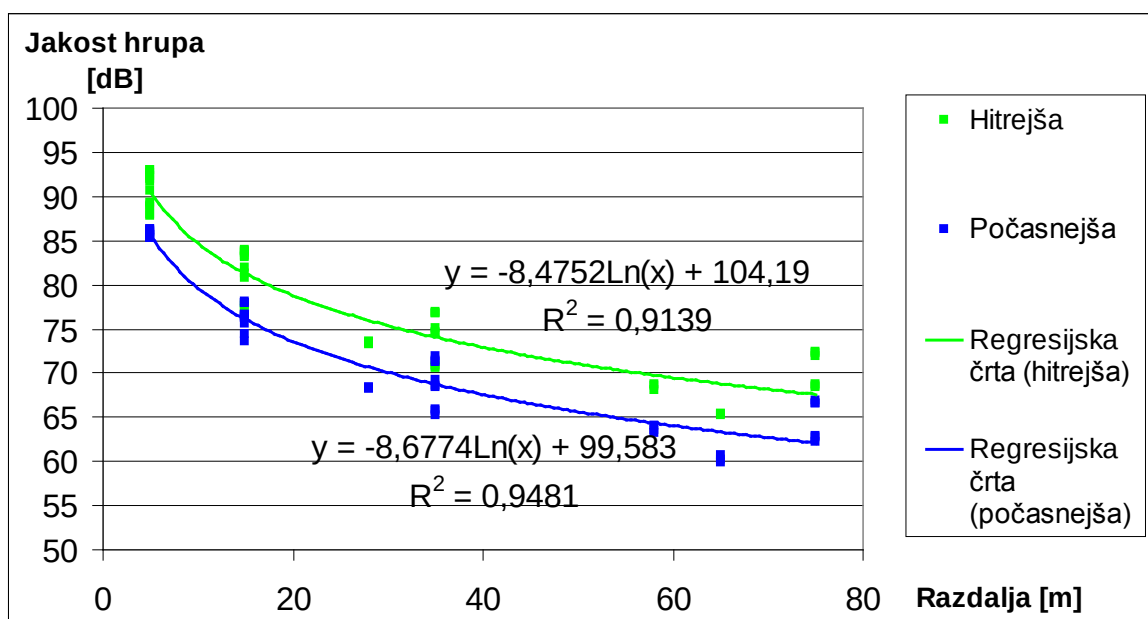
Preglednica 7: Primerjava med dvema tipoma voženj

Testi vplivov posameznih spremenljivk

Odvisna spremenljivka: LZeq

Vir	Tip III Vsota kvadratov	Stopinje prostosti	Sredina kvadratov	F	Značilnost
Popravljen model	6183,240 ^a	2	3091,620	177,335	,000
Konstanta	275594,550	1	275594,550	15808,119	,000
razdalja	5529,904	1	5529,904	317,196	,000
vožnja	653,335	1	653,335	37,475	,000
Napaka	1621,337	93	17,434		
Skupaj	563535,504	96			
Popravljeno skupaj	7804,577	95			

a. $R^2 = ,792$ (Prilagojen $R^2 = ,788$)



Slika 12: Zmanjševanje hrupa glede na tip vožnje

Na sliki 12 so prikazane izmerjene jakosti hrupa na posameznih točkah; med točke hitrejša in počasnejša vožnje sta položeni regresijski krivulji. Krivulja počasnejše vožnje očitno

pada hitreje kot krivulja hitrejša, kar pomeni, da je slednja za okolje mnogo bolj obremenjujoča.

6.1.2 Primerjava med meritvami nad in pod cesto

Primerjava med jakostjo hrupa nad in pod cesto nam pokaže, da so razlike med njimi značilne, kar je razvidno iz zadnjega stolpca v preglednici 8.

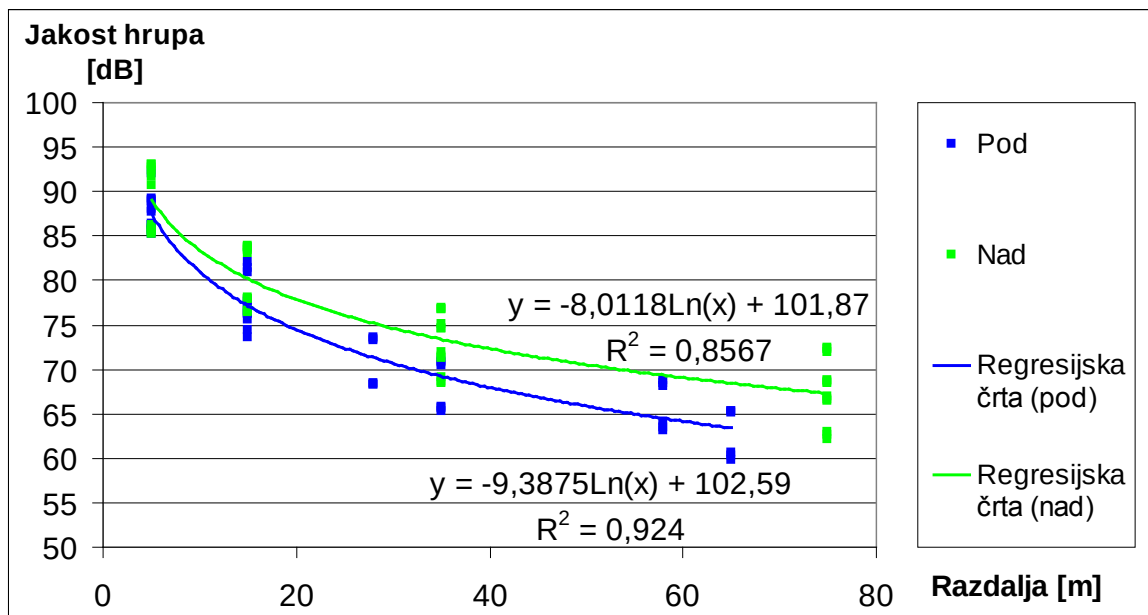
Preglednica 8: Primerjava med lokacijama meritev

Testi vplivov posameznih spremenljivk

Odvisna spremenljivka: L_{Zeq}

Vir	Tip III Vsota kvadratov	Stopinje prostosti	Sredina kvadratov	F	Značilnost
Popravljen model	5929,274 ^a	2	2964,637	147,022	,000
Konstanta	275746,395	1	275746,395	13674,808	,000
razdalja	5748,762	1	5748,762	285,092	,000
lokacija	399,369	1	399,369	19,806	,000
Napaka	1875,303	93	20,165		
Skupaj	563535,504	96			
Popravljen skupaj	7804,577	95			

a. $R^2 = ,760$ (Prilagojen $R^2 = ,755$)



Slika 13: Zmanjševanje hrupa glede na lokacijo meritve

Iz slike 13 razberemo, da krivulja jakosti hrupa pod cesto pada hitreje. To utemeljujemo z robom ceste kot »zvočno pregrado«, ki preprečuje, da bi se hrup po pobočju pod cesto širil tako neovirano kot nad njo. Rob ceste predstavlja namreč oviro, na kateri se zvok kot valovanje uklanja in z zmanjšano jakostjo doseže enako oddaljene točke izza ovire.

6.1.3 Primerjava med meritvami v gostem in redkem sestoju

Zadnja primerjava med jakostjo hrupa v gostejšem in redkejšem sestoju ni pokazala razlik, zato na podlagi naših meritev ne moremo trditi, da redkejši gozd bolj ali manj duši širjenje jakosti hrupa z razdaljo.

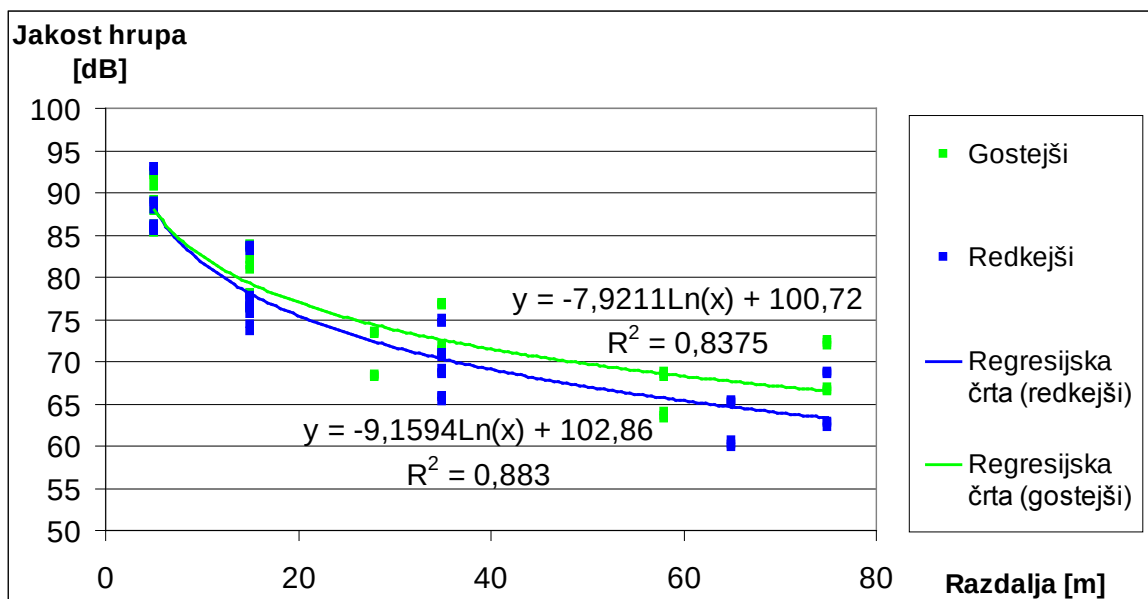
Preglednica 9: Primerjava med različno gostima sestojema

Testi vplivov posameznih spremenljivk

Odvisna spremenljivka: LZeq

Vir	Tip III Vsota kvadratov	Stopinje prostosti	Sredina kvadratov	F	Značilnost
Popravljen model	5577,406 ^a	2	2788,703	116,448	,000
Konstanta	275177,248	1	275177,248	11490,577	,000
profil	47,501	1	47,501	1,984	,162
razdalja	5486,146	1	5486,146	229,085	,000
Napaka	2227,171	93	23,948		
Skupaj	563535,504	96			
Popravljeno skupaj	7804,577	95			

a. $R^2 = ,715$ (Prilagojen $R^2 = ,708$)



Slika 14: Zmanjševanje hrupa glede na tip sestoja

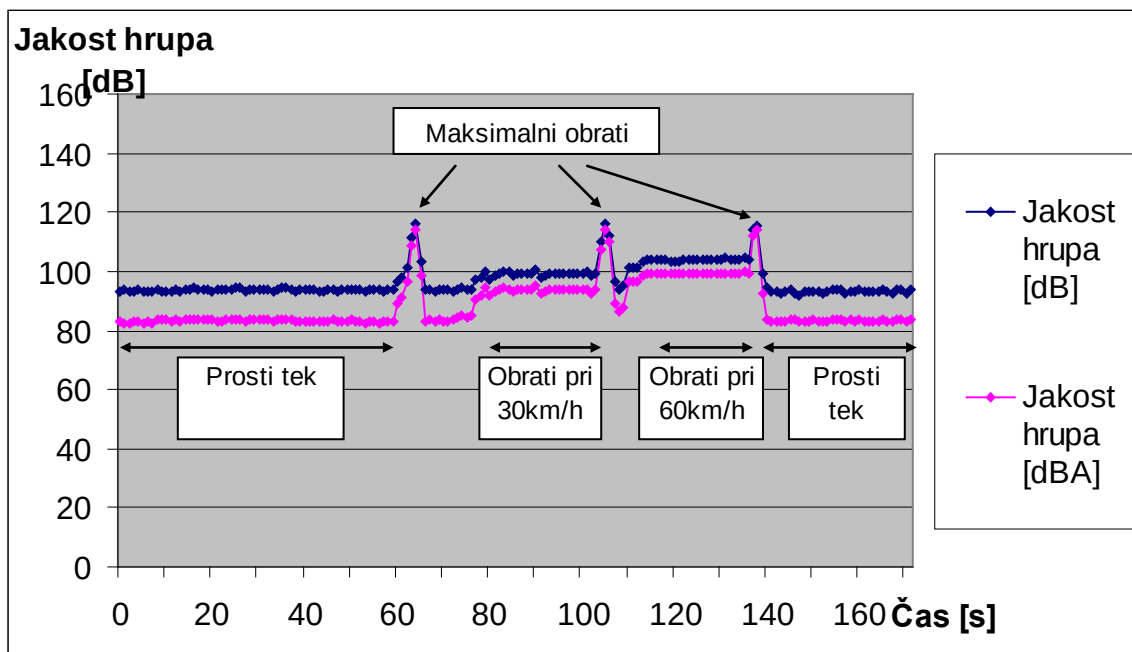
Na sliki 14 vidimo dve regresijski krivulji, ki za razliko od prejšnjih grafov ne kažeta tako očitnih razlik v padanju, kar je pokazal tudi test. Nakazujeta pa, da krivulja hrupa v redkejšem sestoju pada vseeno nekoliko hitreje. Menim, da je razlog v tem, da prihaja v gostejšem sestoju do pogostejših odbojev, ki jakost zvoka delno ojačijo, kot je to tudi pojav v zaprtih prostorih (dvorane, cerkve).

6.2 REZULTATI MERITEV OB VIRU HRUPA

6.2.1 Rezultati meritev ob motorju v mirovanju

Povprečna jakost hrupa motorja v prostem teku je 93,7 dB. Povprečna jakost hrupa, ki je podobna jakosti hrupa pri 30 km/h je 99 dB in pri 60 km/h 103,6 dB. Te jakosti niso povsem primerljive s tistimi, ko je motor v gibanju, saj je takrat motor obremenjen, tu pa je motor tekel brez obremenitve. Prav tako te jakosti hrupa ne moremo enačiti z jakostmi gibajočega motorja, saj motor ni opremljen z obratomerom, s katerim bi lahko zagotovili enako število obratov pri meritvah gibajočega in mirujočega motorja. Število obratov je bilo subjektivno ocenjeno s strani motorista. Za primerjavo imamo tu še vrednosti hrupa motorja izražene v dBA, kar pomeni, da so te jakosti prilagojene človeškemu sluhu. Te

vrednosti hrupa so nekoliko nižje in sicer: v prostem teku 83,3 dBA, pri 30 km/h 93 dBA in pri 60 km/h 99 dBA.

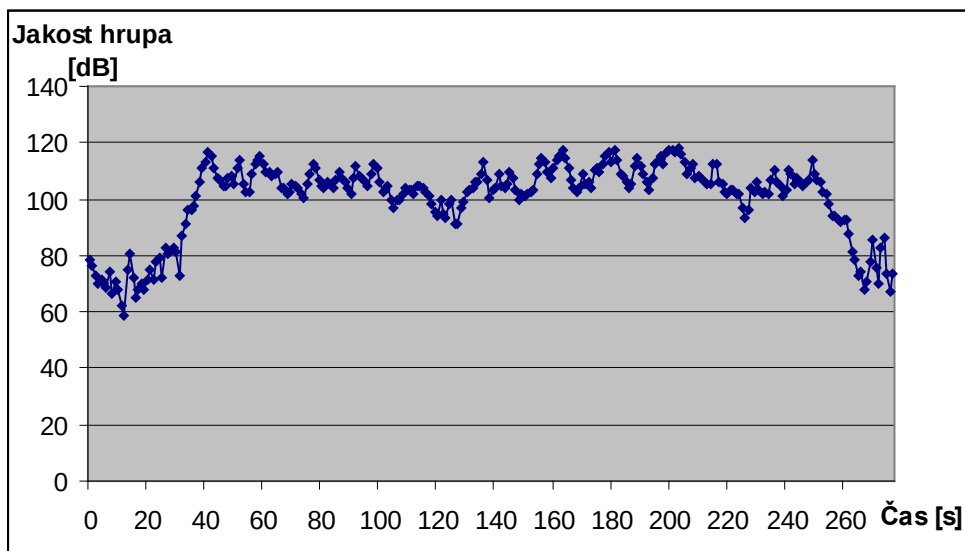


Slika 15: Jakosti hrupa na mestu

Na sliki 15 si sledijo jakosti hrupa v vrstnem redu: prosti tek od 0 do 60 s, obrati pri 30 km/h od 80 do 110 s, obrati pri 60 km/h od 120 do 140 s in spet prosti tek od 140 s do konca. Ločnice med njimi so konice, ki prikazujejo jakost hrupa, ko motor doseže največje obrate.

6.2.2 Rezultati meritev, ko je motor v gibanju

Tu smo merili jakost hrupa na motoristovem hrbtu med prosto »kros vožnjo« po cesti. Vidimo, da so te jakosti hrupa precej višje od tistih, ki smo jih izmerili ob stoječem motorju. Pri tej vožnji je motorist polno obremenil motor: hitrost vožnje in obrati motorja so bili veliko višji kot pri prejšnjih meritvah in posledično je bila veliko večja tudi jakost hrupa.

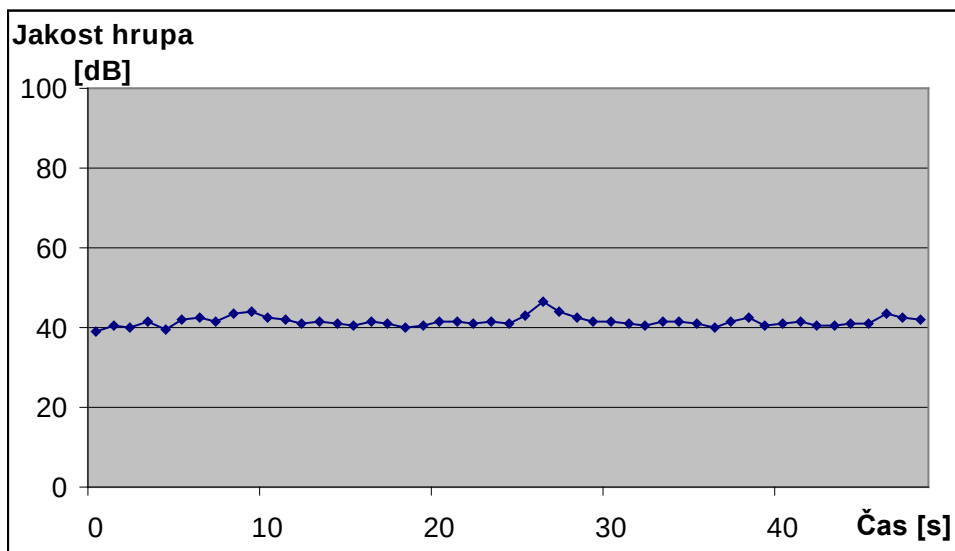


Slika 16: Jakosti hrupa pri prosti vožnji

Na sliki 16 je prikazana jakost hrupa motorja: do 35 s smo napravo nameščali v nahrbtnik, od 35 do 260 s je prikazana jakost hrupa med vožnjo, po 260 s pa smo izvlačili napravo iz nahrbtnika. Za povprečno, najmanjšo in največjo vrednost so vzeti le podatki iz časa vožnje. Povprečna jakost hrupa je bila okoli 106 dB, razpon med najmanjšo in največjo vrednostjo hrupa med vožnjo pa je bila od 91 dB in 118 dB.

6.3 REZULTATI MERITEV HRUPA OKOLICE

V gozdu ni popolne tišine in jakost tega hrupa prikazuje slika št 17. Povprečna jakost hrupa okolice v času merjenja je bila 41,5 dB. Hrup v gozdu nastaja predvsem zaradi vetra, ki premika listje, veje in drevesa. Pričakovati je, čeravno tega nismo merili, da je pri večji hitrosti vetra tudi hrup ustrezno večji. Na jakost hrupa v gozdu vplivajo verjetno tudi drugi vremenski dejavniki, ki jih prav tako nismo proučevali. Na dan, ko smo opravljali meritve je bila hitrost vetra majhna, kar je razvidno iz preglednice 10, ta pa se odraža v majhni jakosti hrupa okolice.



Slika 17: Jakost hrupa okolja

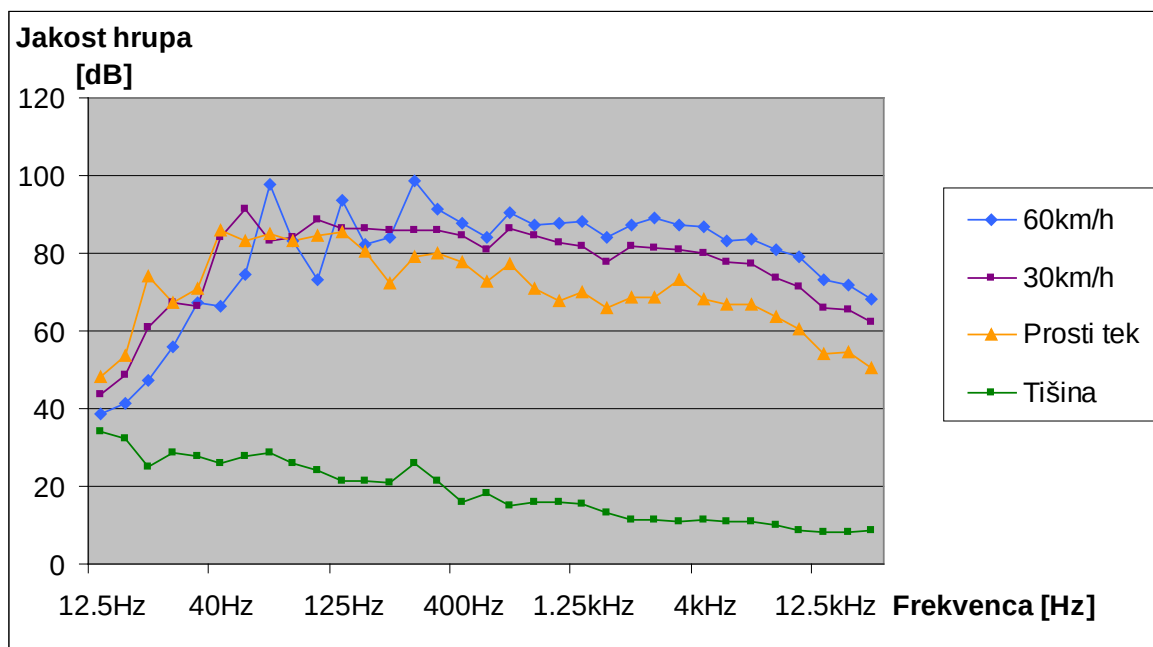
Preglednica 10: Zunanji dejavniki

Ura		Temperatura [°C]	Vlaga [%]	Hitrost zraka [m/s]
Od	Do			
9:30:00	9:45:00	20,24	82,94	0,34
9:45:00	10:00:00	20,65	82,51	0,31
10:00:00	10:15:00	22,06	77,80	0,12
10:15:00	10:30:00	21,56	80,71	0,39
10:30:00	10:45:00	21,91	78,97	0,35
10:45:00	11:00:00	22,59	77,42	0,37
11:00:00	11:15:00	23,24	74,60	0,34
11:15:00	11:30:00	23,33	73,65	0,32
11:30:00	11:45:00	23,23	73,64	0,34
11:45:00	12:00:00	23,22	74,06	0,17
12:00:00	12:15:00	24,07	69,86	0,85
12:15:00	12:30:00	24,71	65,01	0,45

6.4 FREKVENČNI SPEKTER HRUPA

Tu obravnavamo frekvenčni spekter hrupa motorja pri hitrostih 60 in 30 km/h, prostega teka in hrupa okolice (tišine). Iz slike 18 je razvidno, da pri nižjih frekvencah (do 100 Hz), niti ni največja jakost hrupa pri dejansko najhrupnejši vožnji, ampak lahko dosega večje jakosti hrupa manj hrupna vožnja oziroma prosti tek motorja. Pri srednjih (100 do 1000 Hz) in visokih frekvencah (od 1 kHz dalje) se jakosti hrupa različnih delovanj motorja razporedijo po pričakovanem vrstnem redu od glasnejših proti manj glasnim:

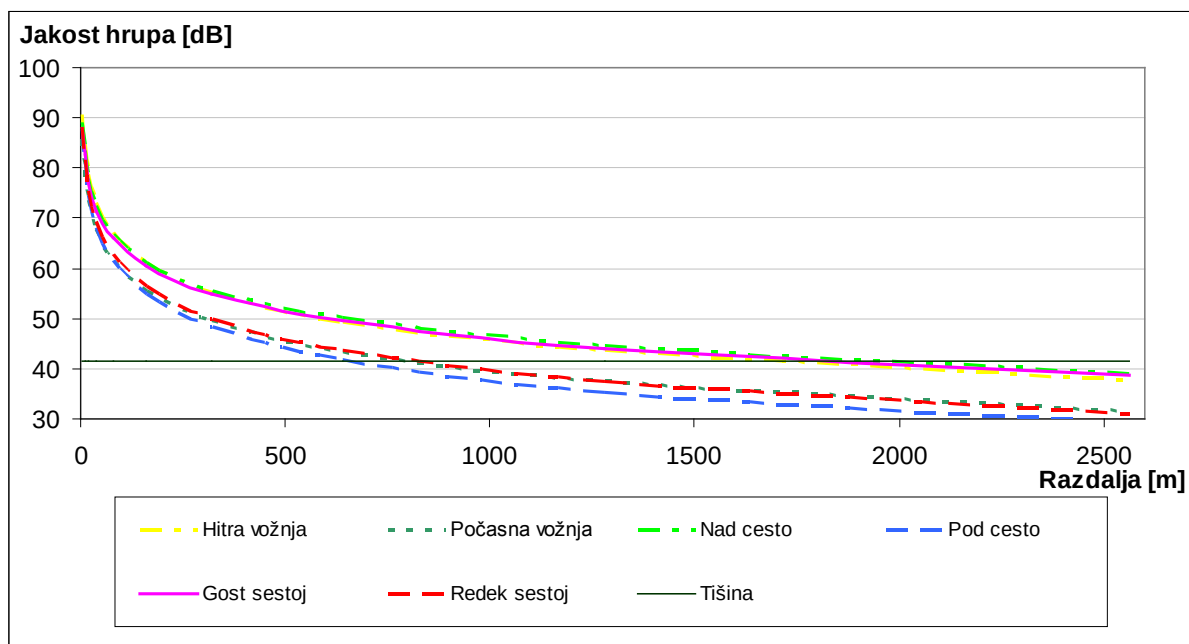
jakosti hrupa pri 60 km/h, 30 km/h nato prosti tek in nazadnje hrup okolice. Hrup motorja dosega najvišje jakosti pri srednjih frekvencah in upada proti višjim in nižjim frekvencam.



Slika 18: Frekvenčni spekter različnih delovanj motorja in hrupa okolice

6.5 PRILAGODITVENE FUNKCIJE

Iz izmerjenih podatkov smo izračunali prilagoditvene funkcije za posamezne okoliščine: pod in nad cesto, hitro in počasno vožnjo ter za redek in gost sestoj. Jakost hrupa pada z razdaljo in na sliki 19 vidimo, na kateri razdalji jakost hrupa motorja doseže hrup okolice, oziroma na kateri razdalji se motorja ne sliši več. Razdalje od vira hrupa so različne glede na tip vožnje, glede na to, kje je naše stojišče, ko zaznavamo hrup, nad oziroma pod cesto, in glede na to, v kakšnem sestoju smo.



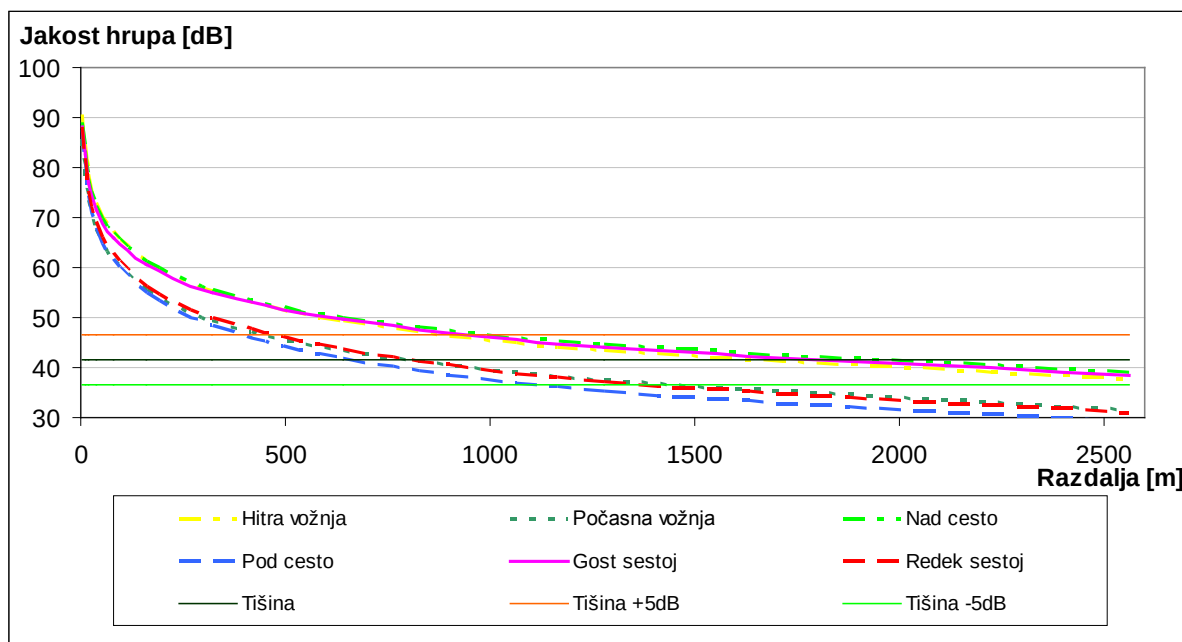
Slika 19: Zmanjševanje hrupa z oddaljenostjo od vira glede na različne parametre

Prilagoditvene krivulje so zbrane v dveh snopih. V prvem snopu so krivulje, ki hitreje padajo (počasnejša vožnja, snemano pod cesto in v redkejšem sestoju) in sekajo vrednost hrupa okolice pri razdalji okoli 750 m. Snop počasneje padajočih krivulj (hitrejša vožnja, snemano nad cesto in v gostejšem sestoju) pa seka vrednost hrupa okolice pri razdalji okoli 1800 m. To pomeni, da se pri danem hrupu okolice hrupa motorja na omenjenih razdaljah ne sliši več: pri hitreje padajočih na 750 m, pri počasneje padajočih pa na 1800 m.

7 ZAKLJUČKI IN RAZPRAVA

Naše hipoteze smo v dveh primerih potrdili, in sicer, ko smo predpostavili, da je hitrejša vožnja hrupnejša od počasnejše in da se na pobočju nad cesto hrup motorja počasneje zmanjšuje kot pod cesto. Tretje predpostavke, da se jakost hrupa z razdaljo od vira hitreje zmanjšuje v gostejšem sestoju pa nismo potrdili, saj test ni pokazal značilnih razlik. Na podlagi rezultatov lahko celo sklepamo, da v gostejšem sestoju jakost hrupa (zaradi odbojev) pada celo nekoliko počasneje kot v redkejšem.

Hrup motorja se hitro zmanjšuje z razdaljo, a razdalja, na kateri se motorja ne sliši več, je kar velika. Na oddaljenosti okoli 750 m se motorja ne sliši pod cesto, pri vožnji navzdol (počasnejša) in v redkejšem sestoju. Nad cesto, pri vožnji navzgor (hitrejša) in v gostejšem sestoju pa se motorja ne sliši več na razdalji okoli 1800 m od ceste. Razlog, da se po izračunih motorja ne sliši šele na tako velikih razdaljah, je gotovo jakost hrupa okolice. Ta doseže le 41,5 dB, kar je zelo malo in je pogojeno z brezvetrjem v gozdu. Za primerjavo, na kolikšni razdalji bi se slišal hrup motorja, nam prikazujejo slika 20 in preglednica 11, v kateri je jakost hrupa tišine zvečana in zmanjšana za 5 dB.



Slika 20: Zmanjševanje hrupa z oddaljenostjo od vira glede na različne parametre pri različnih jakostih hrupa okolja

Preglednica 11: Razdalje na katerih doseže hrup motorja enake vrednosti kot je hrup okolice

Tišina	Hitra vožnja	Počasna vožnja	Nad cesto	Pod cesto	Gost sesto	Redek sesto
36,5 dB	2943 m	1437 m	3497 m	1142 m	3321 m	1402 m
41,5 dB	1632 m	808 m	1874 m	671 m	1767 m	812 m
46,5 dB	905 m	454 m	1004 m	394 m	940 m	470 m

V preglednici 11 vidimo, da hrup okolice močno vpliva na to, kako daleč se bo slišal hrup motorja. Če smo jakost hrupa okolice povečali za 5 dB, se je razdalja, na kateri se hrupa ne sliši več, skoraj prepolovila, in obratno, če smo jakost hrupa okolice zmanjšali za 5 dB, se je razdalja, kjer hrupa motorja skoraj ni več zaznati, skoraj podvojila. Za primer vzemimo hitro vožnjo: pri izmerjeni tišini 41,5 dB je razdalja, kjer se hrupa motorja ne zazna več, 1632 m, in ko jakost hrupa okolice povečamo za 5 dB, se razdalja zmanjša na 905 m, ko pa hrup okolice zmanjšamo za 5 dB, se ta razdalja poveča na 2943 m.

Kako daleč se sliši hrup motorja, je odvisno tudi od smeri vetra, kajti, če veter piha iz smeri motorja proti nam, ga slišimo na zelo veliki razdalji, če pa piha v obratni smeri, ga zaslišimo na manjši razdalji. Prav tako je pomembna oblika terena: hrup se namreč v zaprti dolini prenaša drugače kot na odprtem terenu.

Frekvenčni spekter hrupa podaja jakost in zastopanost valov v hrupu. Sklepamo lahko, da je za živali, ki zaznavajo valove širšega spektra frekvenc kot človek, takšen hrup gotovo moteč, še posebej zato, ker je gozd za njih življenjsko okolje, človek pa je v njem le občasen gost.

Če primerjamo dobljene rezultate s tistimi iz omenjene raziskave (o hrupu petih motorjev), vidimo, da se v primerih počasne vožnje, redkejšega sestoja in pod cesto zazna hrup motorja na podobni razdalji (800 m). V drugih okoliščinah se hrupa ne zazna več šele na razdalji okoli 1800 m. Če naše rezultate primerjamo z rezultati raziskave hrupa zgibnika in motorne žage, vidimo, da se hrup slednjih ustali na 47 dB (na hrupu okolice) na razdalji 100 m, motor pa doseže enako vrednost hrupa šele pri razdalji okoli 400 m oziroma okoli 900 m v hrupnejših okoliščinah.

Vožnje po gozdu motijo vse več ljudi in ker jih policija ne more omejiti, si ljudje jemljejo pravico v svoje roke ter nastavljajo motoristom prepreke, včasih zelo nevarne. Da ne bi prišlo do nesreč, bi bilo potrebno narediti poligone, kjer bi se lahko motoristi nemoteno vozili, hkrati pa ostro kaznovati tiste, ki bi se še vedno vozili po gozdovih, ki niso temu namenjeni. Potrebno je ločiti vožnjo po naravnem okolju in vožnjo po gozdni cesti. Po gozdni cesti se lahko vozijo vsa registrirana vozila, seveda upoštevajoč hitrostne omejitve. Največja dovoljena hitrost vožnje na gozdni cesti je 40 km/h (Pravilnik o gozdnih prometnicah, 2009). V naravnem okolju se sme voziti le v primerih, ki so navedeni v uredbi o prepovedi vožnje z vozili v naravnem okolju (Uredba o prepovedi vožnje z vozili v naravnem okolju, 1995).

8 POVZETEK

Vožnja po naravnem okolju je danes vse bolj pereč problem, saj se število vozil povečuje. Hrup v gozdu predstavlja resno motnjo za gozdne živali in ljudi v gozdu. S to nalogo smo želeli proučiti zvočno motnjo, ki jo predstavlja vožnja motornega kolesa po gozdni cesti. Z njo pa se nismo dotaknili še večjega problema, ki ga predstavlja vožnja motornih vozil po brezpotju.

Meritve smo opravili 29. 7. 2008 v gozdnogospodarskem območju Litija. Kot vir hrupa smo imeli motor Yamaha YZ250F. Meritve smo izvajali ob cesti, ki gre skozi dva različno gosta sestoja. Meritve hrupa smo izvajali v dveh delih, v prvem na različnih razdaljah od vira, v drugem pa ob motorju. Prve so potekale v sledečih okoliščinah: v gostejšem in redkejšem sestoju, pri hitrejši in počasnejši vožnji ter na pobočju nad in pod cesto. Drugi del meritev smo opravili ob motorju v mirovanju, 20 cm od izpuha, in nato še v gibanju, merilna naprava pa je bila nameščena v nahrbtniku motorista. Na koncu teh meritev smo izmerili še jakost hrupa okolice.

Analiza izmerjenih podatkov je pokazala, da se pri hitrejši vožnji z razdaljo počasneje zmanjšuje jakost hrupa kot pri počasnejši, prav tako se na pobočju nad cesto jakost hrupa počasneje zmanjšuje kot pod cesto. Ni pa bilo dokazano, da se v gostejšem sestoju hrup z oddaljenostjo od vira zmanjšuje hitreje kot v redkejšem. Grafi izkazujejo ravno nasprotno od predvidevanega, in sicer, da se v redkejšem sestoju hrup motorja z razdaljo hitreje zmanjšuje, kot v gostejšem.

Meritve ob motorju so pokazale, kakšne vrednosti dosega jakost hrupa, pri različnih delovanjih motorja, in sicer, v prostem teku 93,7 dB, pri obratih kot pri vožnji s 30 km/h 99 dB, in pri obratih kot pri vožnji s 60 km/h pa 103,6 dB. Pri »kros vožnji« proizvaža motor še več hrupa, od 91 dB do 118 dB, in povprečno okoli 106 dB. Hrup, ki ga povzroča okolje, je pri naših meritvah znašal 41,5 dB.

Ko smo primerjali upadanje hrupa z razdaljo in hrup okolice, smo ugotovili, da se hrup motorja pri določenih razdaljah izenači z jakostjo hrupa okolja. Na kolikšni razdalji se

izenačita, pa je odvisno od tega, kako hitro se vozi motor, kje na pobočju merimo, nad ali pod cesto, in v kakšnem sestoju se vozi motor, v gostejšem ali redkejšem. Pri počasnejši vožnji, na pobočju pod cesto in v redkejšem sestoju doseže hrup motorja vrednost hrupa okolice na razdalji okoli 750 m, kar pomeni, da se na tej oddaljenosti motorja ne sliši več. Pri ostalih okoliščinah, hitrejši vožnji, nad cesto ter v gostejšem sestoju, pri katerih jakost hrupa z razdaljo počasneje pada, pa se hrupa motorja ne sliši več na približno 1800 m.

VIRI

Akrapovič d. d.

http://www.akrapovic.com/typo3conf/ext/user_products/mod1/uploads/products/akrapovic_slip_on_exhaust_system_for_the_yamaha_ym_250_f_2007_/ya_ym250f_so_2007-2008_doc.pdf (17. 11. 2009)

Čakš T. 2002: Navodila in priročnik za vaje iz higiene. Ljubljana, UL, MF, Inštitut za higieno: 209 str.

Delta team d. o. o. Krško

<http://www.delta-team.com> (3. 8. 2008)

Harrison R. T. 1993: Sound levels of five motorcycles travelling over forrest trails, monografska publikacija United States Department of Agriculture

<http://www.fs.fed.us/eng/pubs/pdfimage/93231802.pdf> (27. 10. 2009)

Poje T. in sod. 2008: Hrup v gozdnem prostoru zaradi gozdne proizvodnje: strokovna monografija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 34 str.

Pravilnik o gozdnih prometnicah, Ur.l. RS, št. 4/2009

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=20094&stevilka=139> (27. 10. 2009)

Registrirana cestna motorna vozila in prikolice. Ljubljana, Statistični urad RS (2007)

http://www.stat.si/novica_prikazi.aspx?ID=1651 (27. 10. 2009)

Registrirana cestna motorna vozila in prikolice. Ljubljana, Statistični urad RS (2008)

<http://www.stat.si/PrikaziPDF.aspx?ID=2367> (27. 10. 2009)

Rheindt F. E. 2003: The impact of roads on birds: Does song frequency play a role in determining susceptibility to noise pollution? Universität Würzburg

<http://www.springerlink.com/content/xk35g9t8r07315p3/fulltext.pdf?page=1>
(27.10. 2009)

Taylor R. B. : The effects of off-road vehicles on ecosystems

http://www.tpwd.state.tx.us/publications/pwdpubs/media/pwd_rp_t3200_1081.pdf
(27. 10. 2009)

Uredba o prepovedi vožnje z vozili v naravnem okolju, ZVO-1 (Ur.l. RS, št. 16/1995)

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=199516&stevilka=800> (27. 10. 2009)

Uredba o hrupu v naravnem in življenjskem okolju, ZVO-1 (Ur.l. RS, št. 45/1995)

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=199545&stevilka=2170> (27. 10. 2009)

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Igorju Potočniku za pomoč in strokovno vodstvo pri izdelavi diplomskega dela. Prav tako se zahvaljujem vsem, ki so mi pomagali pri snemanju na terenu, to so: mag. Toni Poje, Jure Pokorn ter voznik motorja Niko Nikolaj Vidic.

PRILOGE**Priloga A: Izmerjene jakosti hrupa na različnih razdaljah in ob motorju.**

profil	lokacija	razdalja med točkami	vožnja	Ime projekta	Začetek	LZeq
1	pod	5	gor	Snemanje001	29.7.2008 9:28	92,03
				Snemanje010	29.7.2008 9:45	89,23
				Snemanje012	29.7.2008 9:49	87,76
			dol	Snemanje002	29.7.2008 9:30	86,14
				Snemanje011	29.7.2008 9:47	85,69
				Snemanje014	29.7.2008 9:51	85,26
		10	gor	Snemanje004	29.7.2008 9:33	82,01
				Snemanje015	29.7.2008 9:51	80,83
				Snemanje017	29.7.2008 9:54	81,33
			dol	Snemanje005	29.7.2008 9:34	76,19
				Snemanje016	29.7.2008 9:52	76,54
				Snemanje018	29.7.2008 9:55	76,27
		13	gor	Snemanje006	29.7.2008 9:36	73,42
				Snemanje019	29.7.2008 9:56	73,53
				Snemanje021	29.7.2008 10:00	73,21
			dol	Snemanje007	29.7.2008 9:37	68,27
				Snemanje020	29.7.2008 9:58	68,2
				Snemanje022	29.7.2008 10:02	68,46
		30	gor	Snemanje008	29.7.2008 9:40	68,13
				Snemanje023	29.7.2008 10:04	68,49
				Snemanje025	29.7.2008 10:06	68,79
			dol	Snemanje009	29.7.2008 9:43	63,17
				Snemanje024	29.7.2008 10:05	63,53
				Snemanje026	29.7.2008 10:07	64,09
	nad	5	gor	Snemanje027	29.7.2008 10:22	91,72
				Snemanje029	29.7.2008 10:23	92,37
				Snemanje031	29.7.2008 10:25	90,69
			dol	Snemanje028	29.7.2008 10:23	86,28
				Snemanje030	29.7.2008 10:25	85,26
				Snemanje032	29.7.2008 10:27	85,56
		10	gor	Snemanje033	29.7.2008 10:28	83,78
				Snemanje036	29.7.2008 10:30	83,35
				Snemanje038	29.7.2008 10:32	83,89
			dol	Snemanje034	29.7.2008 10:29	77,96
				Snemanje037	29.7.2008 10:31	78,13
				Snemanje039	29.7.2008 10:33	77,92
		20	gor	Snemanje040	29.7.2008 10:35	76,89
				Snemanje042	29.7.2008 10:36	76,68
				Snemanje044	29.7.2008 10:38	76,76
			dol	Snemanje041	29.7.2008 10:36	71,2
				Snemanje043	29.7.2008 10:38	71,38
				Snemanje045	29.7.2008 10:40	71,87
		40	gor	Snemanje046	29.7.2008 10:42	72,26
				Snemanje048	29.7.2008 10:44	72,46
				Snemanje050	29.7.2008 10:46	71,89
			dol	Snemanje047	29.7.2008 10:43	66,49
				Snemanje049	29.7.2008 10:45	66,9
				Snemanje051	29.7.2008 10:48	66,6

Se nadaljuje

Nadaljevanje

profil	lokacija	razdalja med točkami	vožnja	Ime projekta	Začetek	LZeq
2	pod	5	gor	Snemanje054	29.7.2008 11:19	88,79
				Snemanje056	29.7.2008 11:21	88,96
				Snemanje058	29.7.2008 11:23	87,98
			dol	Snemanje055	29.7.2008 11:20	85,56
				Snemanje057	29.7.2008 11:22	86,3
				Snemanje059	29.7.2008 11:24	86,16
		10	gor	Snemanje060	29.7.2008 11:25	77,8
				Snemanje062	29.7.2008 11:27	77,26
				Snemanje064	29.7.2008 11:30	77,65
			dol	Snemanje061	29.7.2008 11:26	73,6
				Snemanje063	29.7.2008 11:28	74,39
				Snemanje065	29.7.2008 11:31	75,53
		20	gor	Snemanje066	29.7.2008 11:32	70,49
				Snemanje068	29.7.2008 11:34	70,77
				Snemanje070	29.7.2008 11:36	70,98
			dol	Snemanje067	29.7.2008 11:33	65,3
				Snemanje069	29.7.2008 11:35	65,68
				Snemanje071	29.7.2008 11:37	65,85
		30	gor	Snemanje072	29.7.2008 11:39	65,35
				Snemanje074	29.7.2008 11:41	65,16
				Snemanje076	29.7.2008 11:43	65,32
			dol	Snemanje073	29.7.2008 11:40	60,68
				Snemanje075	29.7.2008 11:42	59,88
				Snemanje077	29.7.2008 11:44	60,23
	nad	5	gor	Snemanje078	29.7.2008 12:01	93,03
				Snemanje080	29.7.2008 12:03	92,62
				Snemanje082	29.7.2008 12:05	93,02
			dol	Snemanje079	29.7.2008 12:02	85,74
				Snemanje081	29.7.2008 12:04	85,95
				Snemanje083	29.7.2008 12:06	85,35
		10	gor	Snemanje084	29.7.2008 12:08	83,09
				Snemanje086	29.7.2008 12:10	83,77
				Snemanje088	29.7.2008 12:12	83,61
			dol	Snemanje085	29.7.2008 12:08	76,35
				Snemanje087	29.7.2008 12:11	76,56
				Snemanje089	29.7.2008 12:13	76,52
		20	gor	Snemanje090	29.7.2008 12:15	74,66
				Snemanje092	29.7.2008 12:17	75,02
				Snemanje094	29.7.2008 12:19	74,59
			dol	Snemanje091	29.7.2008 12:16	68,56
				Snemanje093	29.7.2008 12:18	68,43
				Snemanje095	29.7.2008 12:20	69,18
		40	gor	Snemanje096	29.7.2008 12:23	68,44
				Snemanje098	29.7.2008 12:26	68,8
				Snemanje100	29.7.2008 12:28	68,62
			dol	Snemanje097	29.7.2008 12:25	62,14
				Snemanje099	29.7.2008 12:27	62,89
				Snemanje102	29.7.2008 12:32	62,65

Profil 1 je v gostejšem sestoju, profil 2 pa v redkejšem.

Prosta vožnja (103)		Motorno kolo na mestu (104)			Tišina (105)	
Začetek	LZeq	Začetek	LZeq	LAeq	Začetek	LZeq
29.7.2008 12:50	78,8	29.7.2008 12:58	93,33	82,8	29.7.2008 13:01	39,24
29.7.2008 12:50	76,59	29.7.2008 12:58	93,93	82,54	29.7.2008 13:01	40,35
29.7.2008 12:50	73,14	29.7.2008 12:58	93,42	82,41	29.7.2008 13:02	39,9
29.7.2008 12:50	69,83	29.7.2008 12:58	93,42	82,9	29.7.2008 13:02	41,55
29.7.2008 12:50	71,68	29.7.2008 12:58	93,55	82,96	29.7.2008 13:02	39,56
29.7.2008 12:50	69,83	29.7.2008 12:58	93,17	82,61	29.7.2008 13:02	41,77
29.7.2008 12:50	68,47	29.7.2008 12:58	93,49	82,82	29.7.2008 13:02	42,37
29.7.2008 12:50	74,5	29.7.2008 12:58	93,05	82,64	29.7.2008 13:02	41,43
29.7.2008 12:50	66,15	29.7.2008 12:58	93,73	83,6	29.7.2008 13:02	43,32
29.7.2008 12:50	70,66	29.7.2008 12:58	93,36	83,38	29.7.2008 13:02	43,9
29.7.2008 12:50	68,05	29.7.2008 12:58	93,16	83,57	29.7.2008 13:02	42,67
29.7.2008 12:50	62,22	29.7.2008 12:58	93,26	83,34	29.7.2008 13:02	42,06
29.7.2008 12:50	58,63	29.7.2008 12:58	94,15	84,01	29.7.2008 13:02	40,98
29.7.2008 12:50	75,28	29.7.2008 12:58	93,37	83,31	29.7.2008 13:02	41,47
29.7.2008 12:50	80,93	29.7.2008 12:58	93,75	83,49	29.7.2008 13:02	41,01
29.7.2008 12:50	72,03	29.7.2008 12:58	94	83,8	29.7.2008 13:02	40,31
29.7.2008 12:50	65,23	29.7.2008 12:58	94,37	83,91	29.7.2008 13:02	41,39
29.7.2008 12:50	67,86	29.7.2008 12:58	94,07	83,85	29.7.2008 13:02	40,84
29.7.2008 12:50	70,2	29.7.2008 12:58	94,07	83,68	29.7.2008 13:02	40,1
29.7.2008 12:50	68,03	29.7.2008 12:58	93,63	83,65	29.7.2008 13:02	40,37
29.7.2008 12:50	71,43	29.7.2008 12:58	93,39	83,38	29.7.2008 13:02	41,61
29.7.2008 12:50	74,62	29.7.2008 12:58	93,69	83,3	29.7.2008 13:02	41,27
29.7.2008 12:50	71,72	29.7.2008 12:58	94,11	83,37	29.7.2008 13:02	41
29.7.2008 12:50	77,52	29.7.2008 12:58	93,88	83,56	29.7.2008 13:02	41,4
29.7.2008 12:50	79,39	29.7.2008 12:58	93,83	83,72	29.7.2008 13:02	41,21
29.7.2008 12:50	72,44	29.7.2008 12:58	94,2	83,64	29.7.2008 13:02	42,92
29.7.2008 12:50	83	29.7.2008 12:58	94,33	83,81	29.7.2008 13:02	46,33
29.7.2008 12:50	80,51	29.7.2008 12:58	93,49	83,25	29.7.2008 13:02	43,79
29.7.2008 12:50	81,38	29.7.2008 12:58	94,02	83,63	29.7.2008 13:02	42,72
29.7.2008 12:50	82,43	29.7.2008 12:58	93,93	83,62	29.7.2008 13:02	41,7
29.7.2008 12:50	81,63	29.7.2008 12:58	93,99	83,58	29.7.2008 13:02	41,64
29.7.2008 12:50	72,5	29.7.2008 12:58	94,03	83,6	29.7.2008 13:02	40,93
29.7.2008 12:50	86,84	29.7.2008 12:58	93,72	83,39	29.7.2008 13:02	40,35
29.7.2008 12:50	90,96	29.7.2008 12:58	93,31	83,29	29.7.2008 13:02	41,34
29.7.2008 12:50	96,23	29.7.2008 12:58	93,69	83,41	29.7.2008 13:02	41,43
29.7.2008 12:50	96,2	29.7.2008 12:58	94,34	83,86	29.7.2008 13:02	41,24
29.7.2008 12:50	97,26	29.7.2008 12:58	94,22	83,45	29.7.2008 13:02	40,17
29.7.2008 12:50	100,8	29.7.2008 12:58	93,97	83,48	29.7.2008 13:02	41,56
29.7.2008 12:50	105,92	29.7.2008 12:58	93,5	83,11	29.7.2008 13:02	42,39
29.7.2008 12:50	110,76	29.7.2008 12:58	93,96	83,21	29.7.2008 13:02	40,28
29.7.2008 12:50	112,86	29.7.2008 12:58	94,11	83,37	29.7.2008 13:02	41,09
29.7.2008 12:50	116,79	29.7.2008 12:58	93,52	83,11	29.7.2008 13:02	41,49
29.7.2008 12:50	115,06	29.7.2008 12:58	93,74	83,27	29.7.2008 13:02	40,54
29.7.2008 12:50	110,97	29.7.2008 12:58	93,33	82,93	29.7.2008 13:02	40,35
29.7.2008 12:51	107,82	29.7.2008 12:58	92,87	82,87	29.7.2008 13:02	41,18
29.7.2008 12:51	106,67	29.7.2008 12:58	93,78	83,32	29.7.2008 13:02	40,89
29.7.2008 12:51	104,4	29.7.2008 12:58	93,76	83,4	29.7.2008 13:02	43,6
29.7.2008 12:51	104,36	29.7.2008 12:58	93,48	82,93	29.7.2008 13:02	42,37

Se nadaljuje

Nadaljevanje

29.7.2008 12:51	107,75	29.7.2008 12:58	93,92	83,33	29.7.2008 13:02	41,91
29.7.2008 12:51	108,11	29.7.2008 12:58	93,71	83,16	29.7.2008 13:02	46,13
29.7.2008 12:51	105,32	29.7.2008 12:58	94,01	83,45	29.7.2008 13:02	47,02
29.7.2008 12:51	111,3	29.7.2008 12:58	93,78	83,34	29.7.2008 13:02	47,48
29.7.2008 12:51	113,64	29.7.2008 12:58	93,89	83,3	29.7.2008 13:02	69,35
29.7.2008 12:51	105,68	29.7.2008 12:58	93,22	82,48		
29.7.2008 12:51	102,81	29.7.2008 12:58	94	83,27		
29.7.2008 12:51	102,7	29.7.2008 12:59	94,14	83,22		
29.7.2008 12:51	108,68	29.7.2008 12:59	93,55	82,7		
29.7.2008 12:51	112,36	29.7.2008 12:59	93,26	82,78		
29.7.2008 12:51	113,76	29.7.2008 12:59	93,56	83,09		
29.7.2008 12:51	115,51	29.7.2008 12:59	93,81	82,94		
29.7.2008 12:51	112,48	29.7.2008 12:59	96,42	88,92		
29.7.2008 12:51	109,73	29.7.2008 12:59	97,87	90,93		
29.7.2008 12:51	109,52	29.7.2008 12:59	101,46	96,45		
29.7.2008 12:51	107,94	29.7.2008 12:59	111,41	108,85		
29.7.2008 12:51	108,84	29.7.2008 12:59	116,04	114,3		
29.7.2008 12:51	109,36	29.7.2008 12:59	103,18	98,88		
29.7.2008 12:51	104,13	29.7.2008 12:59	94,09	83,32		
29.7.2008 12:51	103,62	29.7.2008 12:59	93,96	83,44		
29.7.2008 12:51	102,06	29.7.2008 12:59	93,05	82,78		
29.7.2008 12:51	102,42	29.7.2008 12:59	93,89	83,49		
29.7.2008 12:51	105,58	29.7.2008 12:59	93,71	83,31		
29.7.2008 12:51	104,54	29.7.2008 12:59	93,62	83,2		
29.7.2008 12:51	104,15	29.7.2008 12:59	93,26	83,44		
29.7.2008 12:51	101,6	29.7.2008 12:59	93,87	84,65		
29.7.2008 12:51	100,11	29.7.2008 12:59	94,34	84,76		
29.7.2008 12:51	105,47	29.7.2008 12:59	93,75	84,63		
29.7.2008 12:51	108,69	29.7.2008 12:59	93,94	84,93		
29.7.2008 12:51	112,35	29.7.2008 12:59	97,51	90,24		
29.7.2008 12:51	111,04	29.7.2008 12:59	97,66	91,78		
29.7.2008 12:51	106,48	29.7.2008 12:59	100	94,43		
29.7.2008 12:51	104,62	29.7.2008 12:59	97,49	91,6		
29.7.2008 12:51	103,73	29.7.2008 12:59	98,64	92,95		
29.7.2008 12:51	106,35	29.7.2008 12:59	99,54	93,84		
29.7.2008 12:51	105,27	29.7.2008 12:59	100,21	94,68		
29.7.2008 12:51	104,14	29.7.2008 12:59	99,67	93,95		
29.7.2008 12:51	106,87	29.7.2008 12:59	98,7	93,41		
29.7.2008 12:51	109,69	29.7.2008 12:59	99,17	93,73		
29.7.2008 12:51	107,52	29.7.2008 12:59	99,04	93,54		
29.7.2008 12:51	106,02	29.7.2008 12:59	99,02	93,56		
29.7.2008 12:51	103,75	29.7.2008 12:59	99,29	93,61		
29.7.2008 12:51	101,7	29.7.2008 12:59	100,41	94,91		
29.7.2008 12:51	107,63	29.7.2008 12:59	98,07	92,4		
29.7.2008 12:51	111,74	29.7.2008 12:59	98,51	93,12		
29.7.2008 12:51	108,45	29.7.2008 12:59	99,17	93,7		
29.7.2008 12:51	107,18	29.7.2008 12:59	99,3	93,81		
29.7.2008 12:51	105,91	29.7.2008 12:59	99,26	93,85		
29.7.2008 12:51	104,43	29.7.2008 12:59	99,07	93,7		
29.7.2008 12:51	109,17	29.7.2008 12:59	99,43	93,91		
29.7.2008 12:51	112,69	29.7.2008 12:59	99,06	93,53		

Se nadaljuje

Nadaljevanje

29.7.2008 12:51	111,08	29.7.2008 12:59	99,17	93,59
29.7.2008 12:51	105,97	29.7.2008 12:59	99,02	93,68
29.7.2008 12:51	102,61	29.7.2008 12:59	99,74	94,11
29.7.2008 12:51	103,51	29.7.2008 12:59	98,51	92,68
29.7.2008 12:51	104,57	29.7.2008 12:59	99,31	94
29.7.2008 12:52	99,89	29.7.2008 12:59	110,02	107,39
29.7.2008 12:52	96,82	29.7.2008 12:59	116,03	114,27
29.7.2008 12:52	99,6	29.7.2008 12:59	112,1	109,73
29.7.2008 12:52	99,52	29.7.2008 12:59	96,87	89,29
29.7.2008 12:52	101,94	29.7.2008 12:59	94,03	86,75
29.7.2008 12:52	103,63	29.7.2008 12:59	95,22	87,79
29.7.2008 12:52	103,32	29.7.2008 12:59	101,4	96,55
29.7.2008 12:52	103,58	29.7.2008 12:59	101,33	96,4
29.7.2008 12:52	102,12	29.7.2008 12:59	101,5	96,63
29.7.2008 12:52	104,62	29.7.2008 12:59	103,46	98,79
29.7.2008 12:52	104,94	29.7.2008 12:59	103,87	99,29
29.7.2008 12:52	104,23	29.7.2008 13:00	103,91	99,21
29.7.2008 12:52	102,49	29.7.2008 13:00	104	99,04
29.7.2008 12:52	101,42	29.7.2008 13:00	104,03	98,97
29.7.2008 12:52	98,15	29.7.2008 13:00	103,89	99,12
29.7.2008 12:52	95,26	29.7.2008 13:00	103,37	98,93
29.7.2008 12:52	94,37	29.7.2008 13:00	103,37	99,21
29.7.2008 12:52	99,74	29.7.2008 13:00	103,5	99,1
29.7.2008 12:52	94,74	29.7.2008 13:00	103,72	99,19
29.7.2008 12:52	92,99	29.7.2008 13:00	103,86	99,29
29.7.2008 12:52	97,94	29.7.2008 13:00	104	99,3
29.7.2008 12:52	99,79	29.7.2008 13:00	104,1	99,22
29.7.2008 12:52	91,27	29.7.2008 13:00	104,23	99,36
29.7.2008 12:52	91,28	29.7.2008 13:00	104,03	99,24
29.7.2008 12:52	96,79	29.7.2008 13:00	104	99,15
29.7.2008 12:52	98,94	29.7.2008 13:00	103,99	99,12
29.7.2008 12:52	102,28	29.7.2008 13:00	104,02	99,2
29.7.2008 12:52	103,38	29.7.2008 13:00	104,31	99,56
29.7.2008 12:52	104,02	29.7.2008 13:00	104,22	99,39
29.7.2008 12:52	105,72	29.7.2008 13:00	104,08	99,36
29.7.2008 12:52	105,86	29.7.2008 13:00	103,94	99,29
29.7.2008 12:52	108,56	29.7.2008 13:00	104,31	99,59
29.7.2008 12:52	112,94	29.7.2008 13:00	104,15	99,41
29.7.2008 12:52	106,99	29.7.2008 13:00	113,99	111,78
29.7.2008 12:52	100,56	29.7.2008 13:00	115,53	113,89
29.7.2008 12:52	103,29	29.7.2008 13:00	99	92,8
29.7.2008 12:52	103,99	29.7.2008 13:00	94,19	83,7
29.7.2008 12:52	108,91	29.7.2008 13:00	92,92	82,94
29.7.2008 12:52	104,46	29.7.2008 13:00	93,08	83,06
29.7.2008 12:52	103,96	29.7.2008 13:00	92,6	82,9
29.7.2008 12:52	105,49	29.7.2008 13:00	92,97	83,01
29.7.2008 12:52	109,47	29.7.2008 13:00	93,87	83,59
29.7.2008 12:52	107,21	29.7.2008 13:00	92,7	83,7
29.7.2008 12:52	103,33	29.7.2008 13:00	92,15	82,72
29.7.2008 12:52	99,77	29.7.2008 13:00	93,21	83,23
29.7.2008 12:52	101,49	29.7.2008 13:00	93,31	83,22

Se nadaljuje

Nadaljevanje

29.7.2008 12:52	101,41	29.7.2008 13:00	93,36	83,45
29.7.2008 12:52	101,64	29.7.2008 13:00	93,08	83,17
29.7.2008 12:52	102,33	29.7.2008 13:00	92,82	83,09
29.7.2008 12:52	103,11	29.7.2008 13:00	92,86	83
29.7.2008 12:52	108,63	29.7.2008 13:00	93,7	83,62
29.7.2008 12:52	112,41	29.7.2008 13:00	93,72	83,38
29.7.2008 12:52	114,7	29.7.2008 13:00	93,66	83,68
29.7.2008 12:52	113,4	29.7.2008 13:00	92,41	82,95
29.7.2008 12:52	109,79	29.7.2008 13:00	93,31	83,43
29.7.2008 12:52	107,16	29.7.2008 13:00	93,41	83,37
29.7.2008 12:52	111,21	29.7.2008 13:00	93,64	83,6
29.7.2008 12:52	113,73	29.7.2008 13:00	93,4	83,27
29.7.2008 12:52	115,22	29.7.2008 13:00	93,36	83,35
29.7.2008 12:52	117,24	29.7.2008 13:00	93,02	83,21
29.7.2008 12:53	114,87	29.7.2008 13:00	93,05	82,98
29.7.2008 12:53	111,09	29.7.2008 13:00	93,67	83,58
29.7.2008 12:53	107,03	29.7.2008 13:00	92,84	83,08
29.7.2008 12:53	104,13	29.7.2008 13:00	92,8	83,2
29.7.2008 12:53	102,53	29.7.2008 13:00	93,92	83,68
29.7.2008 12:53	103,97	29.7.2008 13:00	93,51	83,45
29.7.2008 12:53	108,74	29.7.2008 13:00	92,69	82,89
29.7.2008 12:53	105,46	29.7.2008 13:00	93,76	83,57
29.7.2008 12:53	106,15			
29.7.2008 12:53	104,17			
29.7.2008 12:53	110,13			
29.7.2008 12:53	111,36			
29.7.2008 12:53	109,76			
29.7.2008 12:53	112,35			
29.7.2008 12:53	115,42			
29.7.2008 12:53	116,9			
29.7.2008 12:53	113,46			
29.7.2008 12:53	117,28			
29.7.2008 12:53	113,5			
29.7.2008 12:53	108,76			
29.7.2008 12:53	108,02			
29.7.2008 12:53	106,24			
29.7.2008 12:53	103,85			
29.7.2008 12:53	105,43			
29.7.2008 12:53	111,61			
29.7.2008 12:53	114,21			
29.7.2008 12:53	111,58			
29.7.2008 12:53	108,85			
29.7.2008 12:53	106,23			
29.7.2008 12:53	103,25			
29.7.2008 12:53	107,69			
29.7.2008 12:53	112,68			
29.7.2008 12:53	113,61			
29.7.2008 12:53	114,94			
29.7.2008 12:53	112,45			
29.7.2008 12:53	116,42			
29.7.2008 12:53	117,19			

Se nadaljuje

Nadaljevanje

29.7.2008 12:53	117,7
29.7.2008 12:53	116,77
29.7.2008 12:53	118,2
29.7.2008 12:53	115,7
29.7.2008 12:53	113,12
29.7.2008 12:53	108,91
29.7.2008 12:53	110,89
29.7.2008 12:53	112,58
29.7.2008 12:53	107,66
29.7.2008 12:53	108,36
29.7.2008 12:53	107,54
29.7.2008 12:53	106,4
29.7.2008 12:53	105,68
29.7.2008 12:53	105,54
29.7.2008 12:53	112,62
29.7.2008 12:53	112,69
29.7.2008 12:53	105,86
29.7.2008 12:53	105,42
29.7.2008 12:53	102,79
29.7.2008 12:53	101,83
29.7.2008 12:53	103,22
29.7.2008 12:53	103,23
29.7.2008 12:53	101,71
29.7.2008 12:54	101,73
29.7.2008 12:54	96,58
29.7.2008 12:54	93,68
29.7.2008 12:54	95,85
29.7.2008 12:54	103,8
29.7.2008 12:54	102,56
29.7.2008 12:54	106,08
29.7.2008 12:54	103,17
29.7.2008 12:54	101,67
29.7.2008 12:54	102,44
29.7.2008 12:54	101,99
29.7.2008 12:54	106,44
29.7.2008 12:54	110,18
29.7.2008 12:54	105,86
29.7.2008 12:54	104,61
29.7.2008 12:54	101,31
29.7.2008 12:54	103,08
29.7.2008 12:54	110,09
29.7.2008 12:54	108,99
29.7.2008 12:54	105,66
29.7.2008 12:54	107,58
29.7.2008 12:54	105,85
29.7.2008 12:54	104,4
29.7.2008 12:54	105,99
29.7.2008 12:54	106,46
29.7.2008 12:54	113,71
29.7.2008 12:54	109,01
29.7.2008 12:54	106,9

Se nadaljuje

Nadaljevanje

29.7.2008 12:54	106,3
29.7.2008 12:54	102,8
29.7.2008 12:54	101,91
29.7.2008 12:54	98,56
29.7.2008 12:54	93,82
29.7.2008 12:54	93,71
29.7.2008 12:54	92,55
29.7.2008 12:54	91,99
29.7.2008 12:54	92,77
29.7.2008 12:54	92,28
29.7.2008 12:54	87,85
29.7.2008 12:54	81,51
29.7.2008 12:54	78,26
29.7.2008 12:54	72,5
29.7.2008 12:54	74,19
29.7.2008 12:54	68,01
29.7.2008 12:54	70,61
29.7.2008 12:54	78,04
29.7.2008 12:54	85,73
29.7.2008 12:54	75,4
29.7.2008 12:54	70,09
29.7.2008 12:54	83,08
29.7.2008 12:54	86,17
29.7.2008 12:54	73,24
29.7.2008 12:54	67,15
29.7.2008 12:54	73,81

Priloga B: Izmere profilov

	Profil	gost sestoj				kum. Dolž.
		točka	naklon	azimut	razdalja	
od spodaj navzgor	na cesti	1	10			0
			30	175	30	
			11			30
			29	174	13	
			12			43
			31	174	10	
			13			53
			30	173	5	
			14			58
			15	174	5	
			15			63
			42	173	10	
			16			73
			41	173	20	
			17			93
			45	173	40	
			18			133

	Profil	redki sestoj				kum. Dolž.
		točka	naklon	azimut	razdalja	
od spodaj navzgor	na cesti	2	1			0
			36	190	30	
			2			30
			54	190	20	
			3			50
			68	190	10	
			4			60
			30	191	5	
			5			65
			29	190	5	
			6			70
			59	190	10	
			7			80
			54	190	20	
			8			100
			56	191	40	
			9			140