

Izveštaj o realizaciji G2G projekta za Srbiju
G2G09/SB/5/5, “Smanjenje saobraćajne buke u Srbiji”

Date

30 November 2011

Document

VKa.08hi10.11r100

VANKEULEN advies bv

Multatulistraat 5
5251 WV Vlijmen
T 073-5114942
F 073-5118254
I www.vankeulenadvies.nl



1	UVOD	4
1.1	Bilateralni odnosi	4
1.2	Pozadina projekta	4
1.3	Definisanje problema	4
1.3.1	<i>Uvod</i>	4
1.3.2	<i>Situacija u Srbij</i>	5
1.4	Rezultati	6
1.5	Planiranje	7
2	ISTORIJAT PROJEKTA	8
3	SIMPOZIJUM I MISIJA	10
3.1	Simpozijum “Smanjenje saobraćajne buke u Srbiji” u Beogradu	10
3.2	Poseta delegacije iz Srbije	12
	DEO I: TIHI KOLOVOZI	15
4	USLOVI	16
4.1	Opšti preduslovi	16
4.2	Posebni preduslovi	16
5	SMANJENJA BUKE	18
5.1	Početno stanje	18
5.2	Testiranje	18
5.3	Interventna vrednost	18
6	METODE MERENJA	19
6.1	Merenja teksture	19
6.2	Merenja poroznosti i apsorpcije zvuka	19
6.3	Metod merenja učinka buke u neposrednoj blizini (Close Proximity method-CPX)	20
6.4	Statistički metod merenja buke pri prolasku vozila (Statistical Pass-by method-SPB)	21
6.5	Psihoakustika	21
6.6	Otpornost na klizanje	22
7	STANDARDNA MEŠAVINA	23
7.1	Opšti podaci	23
7.2	Mešavina za male brzine	24

7.3	Mešavina za velike brzine	24
	DEO II: BARIJERE ZA ZAŠTITU OD BUKE	25
8	PROJEKAT	26
8.1	Opšti podaci	26
8.2	Tehnički zahtevi	26
8.2.1	<i>Aluminijum</i>	26
8.2.2	<i>Beton</i>	28
8.3	Akustički zahtevi	28
8.3.1	<i>Transmisioni gubitak</i>	28
8.3.2	<i>Apsorpcija</i>	28
9	POSTAVLJANJE I IZGRADNJA	30
9.1	Temelji	30
9.1.1	<i>Temelj u zemljištu</i>	30
9.1.2	<i>Temelj u kamenu</i>	30
9.2	Pristup	30
	DEO 3: SMERNICE ZA IMPLEMENTACIJU	31
10	PILOT PROJEKTI	32
10.1	Mape buke	32
10.2	Kombinacija kolovoza sa niskim učinkom buke i barijere za zaštitu od buke	34
10.3	Slučaj I	35
10.3.1	<i>Lokacija</i>	35
10.3.2	<i>Barijera</i>	35
10.3.3	<i>Građevinski aspekti</i>	35
10.3.4	<i>Akustički aspekti</i>	35
10.3.5	<i>Troškovi</i>	36
10.4	Slučaj II	37
10.4.1	<i>Lokacija</i>	37
10.4.2	<i>Barijera</i>	37
10.4.3	<i>Akustički aspekti</i>	37
10.4.4	<i>Troškovi</i>	38
11	REFERENCE	39
12	SPISAK RELEVANTNIH STANDARDA	40

1.1 Bilateralni odnosi

Projekat predstavlja izraz saradnje holandske i srpske vlade u razmeni iskustava i znanja. Na osnovu ove razmene bi trebalo da efektivna implementacija predloženih mera za zaštitu od buke bude sprovedena od strane srpskih kompanija i korišćenjem srpskih materijala.

1.2 Pozadina projekta

U opštem smislu, ovaj projekat je deo EVD programa pod nazivom 2g@there, koji je nastao kao rezultat aktivnosti iniciranih od strane Holandsko-srpskog poslovnog saveta (Dutch Serbian Business Council - DSBC), posebno za infrastrukturu i zaštitu životne sredine. Cilj je promovisanje holandskog poslovanja u inostranstvu, koje bi trebalo da u konačnoj fazi dovede to prikupljanja pismenih porudžbina. U ovom slučaju je klaster potpomognut od strane holandske vlade. U nastavku slede pojedine informacije o projektu:

Broj projekta	G2G08/SB/5/5	 Agentschap NL Ministerie van Economische Zaken
Nosilac interesa	Javno preduzeće "Putevi Srbije"	 JAVNO PREDUZEĆE PUTEVI SRBIJE
	Institut za puteve	 Институт за путеве
Korisnici	Ministarstvo životne sredine, rudarstva i prostornog planiranja	

1.3 Definisane probleme

1.3.1 Uvod

“Zagađenje” životne sredine bukom odnosi se na nivo zvuka u čovekovom okruženju koji su viši od prihvatljivih nivoa izazvanih saobraćajnim, građevinskim, industrijskim, kao i pojedinim rekreativnim aktivnostima. Ono može da ima ozbiljne direktne ili indirektne posledice na zdravlje ljudi, poput oštećenja sluha ili poremećaja sna. Vremenom može dovesti do povećanja krvnog pritiska i do mentalnih poremećaja. Posledice buke mogu da aktiviraju prevremeni razvoj bolesti, a u ekstremnim slučajevima čak i smrt. Posledice izloženosti buci tokom noći mogu se značajno razlikovati od uticaja u toku dana.

Aktivnosti koje se sprovode širom Evrope u cilju smanjenja buke u životnoj sredini imaju drugačiji prioritet u poređenju sa ekološkim problemima poput zagađenja vazduha i vode, često i zbog toga što se smatralo da se takva pitanja najbolje rešavaju na nacionalnom ili lokalnom nivou (tj. oduvek se smatralo važnim razmatranje manjih pitanja). U početnim fazama je EU regulativa o upravljanju bukom bila zasnovana na ciljevima internog tržišta. Oni su većinom bili usmereni ka usaglašavanju dozvoljenih vrednosti buke koju svojim radom stvaraju određeni uređaji (motorna vozila, kućni

aparati itd.). Kako su vremenom informacije o uticaju buke na zdravlje ljudi sve više postajale dostupne, sve je upečatljivija postajala i potreba za višim nivoom zaštite EU državljana kroz širi okvir mera u celoj Evropi.

Nakon što je 2000. godine usvojen predlog Komisije, Evropski parlament i Savet su 25. juna 2002. godine usvojili Direktivu 2002/49/EC¹ o proceni i upravljanju bukom u životnoj sredini, koja je poznata i pod nazivom "END". Direktiva END ima za cilj da "definiše opšti pristup kojim bi se, na prioritetnoj osnovi, izbegli, sprečili ili smanjili štetni uticaji i smetnje izazvani izloženosti buci u okruženju". U tu svrhu će se postepeno sprovoditi određene aktivnosti. Pored navedenog, ova Direktiva ima za cilj i uspostavljanje osnove za razvoj EU mera za smanjenje buke koju emituju glavni izvori, naročito drumska i železnička vozila i infrastruktura, vazduhoplovi, eksterna i industrijska oprema i pokretna mehanizacija.

Aktivnosti regulisane Direktivom 2002/49/EC:

- **Monitoring ekološkog problema;** nadležni organi u državama članicama u obavezi su da izrade "strateške karte buke" za glavne saobraćajnice, železničke pruge, aerodrome i gusto naseljene aglomeracije, korišćenjem usaglašenih pokazatelja buke L_{den} (ekvivalentni nivo za period dan-veče-noć) i L_{night} (ekvivalentni nivo za period noći). Ove karte će se koristiti širom Evrope za procenu broja ljudi kod kojih se javljaju smetnje i poremećaj sna.
- **Obaveštavanje i savetovanje javnosti** o izloženosti buci, njenim posledicama i razmotrenim merama protiv buke, a u skladu sa načelima Arhuske konvencije.
- **Rešavanje lokalnih pitanja u vezi sa bukom** uz zahtevanje od nadležnih organa da se sastave akcioni planovi za smanjenje buke u problematičnim područjima, kao i za održanje nivoa buke u životnoj sredini gde je on na zadovoljavajućem nivou. Ovom Direktivom se ne uspostavlja nikakva granična vrednost, niti se propisuju mere koje bi se koristile u akcionim planovima, već se one rešavaju po nahođenju nadležnih organa.
- **Razvoj dugoročne strategije EU**, koji obuhvata ciljeve za smanjenje broja ljudi ugroženih bukom na dugoročnijem nivou i stvara se okvir za razvoj postojeće politike Zajednice o smanjenju buke na izvoru. U vezi sa ovim je Komisija donela deklaraciju o izradi zakonske regulative vezane za izvore buke.

Međutim, važno je imati u vidu da se sadašnjom Direktivom ne uspostavlja obavezujuće granične vrednosti, niti se propisuju mere koje bi bile obuhvaćene akcionim planovima, čime se rešavanje ovih pitanja ostavlja u nadležnosti relevantnih organa.

Saglasno njenim načelnim ciljevima, Direktiva o proceni i upravljanju bukom u životnoj sredini se odnosi na buku kojoj su izloženi ljudi, naročito u izgrađenim područjima, u javnim parkovima ili drugim tihim područjima u gradskim aglomeracijama, u tihim oblastima u ruralnim sredinama, u blizini škola, bolnica i drugih objekata i područja osetljivih na buku.

1.1.1 Situacija u Srbiji

Usled razvoja privrede u Srbiji (5,6% u 2008. godini, 7,1% u 2007. i 5,6% u 2006.), intenzitet saobraćaja će se značajno uvećati. Ovo vodi do neprihvatljivih nivoa buke, naročito u blizini autoputeva. Saobraćajna buka je, otuda, najupadljiviji izvor buke u životnoj sredini. Više od 60% gradskog stanovništva u Srbiji izloženo je nivoima saobraćajne buke za koje se smatra da ozbiljno ugrožavaju kvalitet života. Približno 25% stanovništva je izloženo tolikim nivoima buke da je došlo do pojave posledica po zdravlje, što je i potvrđeno od strane Instituta za higijenu i medicinsku ekologiju iz Beograda.

Merenja nivoa buke obavljaju se u Beogradu od 70-ih godina prošlog veka. Nedavna merenja (Direkcija za građevinsko zemljište i izgradnju Beograda, 2003.) pokazala su da je više od 1.500.000 stanovnika u Beogradu, 100.000 u Kragujevcu i 25.000 u Paraćinu izloženo previsokim nivoima buke. Usled povećanja saobraćaja uzrokovanog razvojem privrede, ove brojke će u bliskoj

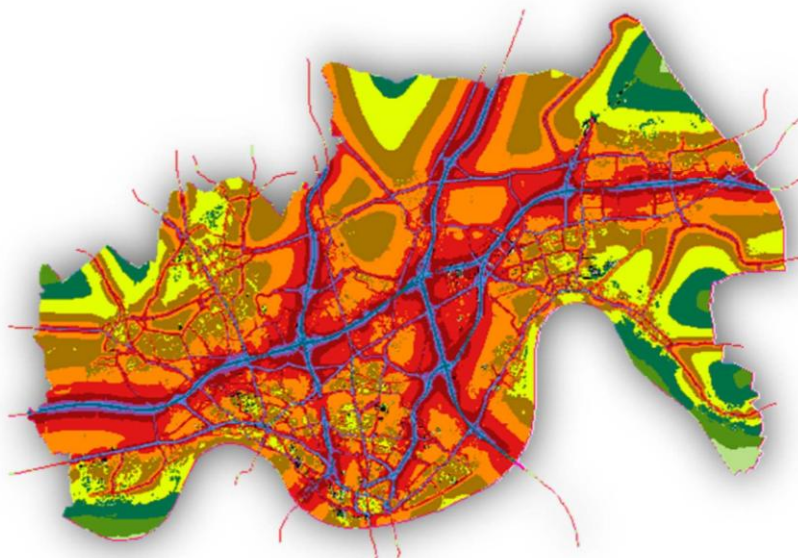
budućnosti biti još više. U pomenutom istraživanju se, između ostalog, preporučuje i primena tzv. tihih kolovoza.

Prema Evropskom komitetu za životnu sredinu i zdravlje, u Srbiji postoje teškoće u vezi sa neadekvatnim zakonodavstvom i graničnim vrednostima za buku, neodgovarajući monitoring buke u gradskim područjima, nedostatak aktivnosti zoniranja buke u procesu prostornog planiranja, nepogodan položaj industrijskih područja, nedostatak projekata za zaštitu od buke, nedovoljna kontrola buke koju emituju motorna vozila, kao i neodgovarajuće upravljanje saobraćajem.

Visok nivo saobraćajne buke zahteva uvođenje i to u velikom obimu, tehnologija kojima se emituju niži nivoi buke. Jedna od nekoliko tehnologija koje su na raspolaganju organima nadležnim za puteve jeste primena kolovoznih konstrukcija koje povećanom poroznošću kolovoznog zastora umanjuju nivo saobraćajne buke na izvoru (tzv. tihi kolovoz) Ovakve kolovozne konstrukcije ne samo što su ekonomične, već se takođe mogu implementirati u relativno kratkom roku. Sve ove prednosti dovele su do razvoja i primene ovih površina u Holandiji. Tihi kolovozi se mogu smatrati jednim od najdelotvornijih sredstava za smanjenje saobraćajne buke. U Srbiji bi se broj ljudi ozbiljno ugroženih bukom smanjio između 40% i 75%.

Međutim, u Srbiji je uočen nedostatak adekvatnog znanja o razvoju i primeni tihih kolovoza. Zbog toga bi trebalo razviti tehnologije i znanja u vezi sa izgradnjom ovakve vrste puteva. Postojeće iskustvo iz Holandije bi trebalo uobličiti tako da odgovara lokalnim okolnostima.

Ovim će se u Srbiji omogućiti široka primena tihih kolovoza i to sa prihvatljivim troškovima i lokalnom radnom snagom i opremom. Na taj način će negativni aspekti uticaja razvoja infrastrukture na životnu sredinu biti značajno smanjeni, a nivoi buke ostaće ispod nivoa koji su prihvatljivi prema EU standardima i srpskim standardima za zaštitu životne sredine (Sl.G.RS br. 66/91, 83/92, 53/93, 67/93, 48/94 i 53/95), Pravilnik o dozvoljenom nivou buke u životnoj sredini (Sl.G.RS br.54/92) i ISO 2264, ISO 1996, ISO 140.



1.4 Rezultati

Rezultati projekta kojima se ostvaruje cilj projekta su sledeći:

1. Dokument sa pregledom postojećih EU direktiva i srpske regulative o kontroli nivoa buke sa svim dodatnim smernicama.
2. Simpozijum i radne posete.
3. Konačni dokument sa smernicama za tehnike, metode, standarde, optimizaciju troškova i planovima za smanjenje saobraćajne buke.
4. Pilot projekti predloženih mera za smanjenje saobraćajne buke (procenjuju se na osnovu analize troškova i koristi).

1.5 Planiranje

Postoje tri faze sa sledećim komponentama:

1. Početna faza

- Usaglašavanje postojećih EU direktiva i analiza srpskih zakona i propisa u vezi sa saobraćajnom bukom
- Obrada sastanaka Holandsko - srpskog poslovnog saveta
- Obrada konsultacija sa nosiocima interesa u okviru EVD
- Obrada informacija tokom domaćih i stranih misija

2. Faza glavne implementacije

- Razvijanje smernica
- Simpozijum
- Radna poseta holandskih stručnjaka
- Radna poseta srpskih stručnjaka
- Konsultovanje stručnjaka u okviru tima i projektnog tima
- Studija slučaja

3. Završna faza

- Izrada konačnog dokumenta
- Zaključni deo diskusija sa EVD

U ovom izveštaju razmatraju se faze 2 i 3 i razvijaju Smernice za detaljni projekat tihih kolovoya i barijera za zaštitu od buke.

2 ISTORIJAT PROJEKTA

Ovaj projekat iniciran je Početnom fazom dana 10. decembra 2009. godine. Tokom te početne faze je kontakt sa srpskim nosiocima interesa i korisnikom bio intenzivan. Održane su sledeće konsultacije:

2010

- 22. i 23. februar, Beograd: Inicijalni sastanak. Prisutni: Đorđe Mitrović, Biljana Vuksanović, Ivan Andrić i Kristina Perić, kao i njihove kolege sa srpske strane, i Vjim van Kojlen, Ron Vesterveld, Ton Knepkens i Aleksandar Stanković sa holandske strane.
- 12. i 25. maj: konsultacija sa Holandsko-srpskim poslovnim savetom o trenutnom stanju i molba za pomoć.
- 21. i 22. jul, Beograd: konsultovanje sa Biljanom Vuksanović, Ivanom Andrićem. Konsultacije sa Nenadom Mitoševićem u vezi sa pomoći holandske ambasade.
- 4. i 5. oktobar: Konsultacija sa Ivanom Andrićem u vezi sa relevantnim dogovorima od 21. i 22. jula.
- 13. oktobar, Beograd: sastanak između Rona Vestervelda, Ivana Andrića, Nenada Mitoševića, Gorana Korića i kompanije Zodax vezano za praktične detalje simpozijuma.
- 16. i 19. novembar: konsultacije sa menadžerima drugih G2G projekata.
- 24. novembar: sastanak Holandsko-srpskog poslovnog saveta.

2011

- 14. februar: sastanak V. van Kojlena i R. Vestervelda o napretku projekta.
- 22. februar: sastanak Vjima van Kojlena sa kompanijom EVD: Just Groen i Hans van der Dol, o stagnaciji projekta.
- 23. mart, Beograd: Sastanak V. van Kojlena i G. Korića o stagnaciji projekta.
- 27. april: sastanak Holandsko-srpskog poslovnog saveta.
- 5. maj, Beograd: Sastanak V. van Kojlena i G. Korića o promenjenim postavkama projekta.
- 14. jun: Sastanak V. van Kojlena, R. Vestervelda i M. Duškova o trenutnom statusu projekta i postojećim uskim grlima.
- 16. jun, EVD: Sastanak Milana Duškova sa Justom Groenom o neophodnom prolongiranju zadatih rokova i povezanim poboljšanjima/akcionim planovima za uspešno napredovanje projekata.
- 28. jun: Sastanak V. van Kojlena, R. Vestervelda i M. Duškova o planiranju novih projekata
- 11. jul: usvajanje projekta od strane EVD.
- 3. avgust, Beograd: sastanci sa korisnicima projekata i nosiocima interesa: Biljana Vuksanović, Ivan Andrić, i drugi, u cilju razgovora o usvojenom planu projekta/akcionom planu i pripremi simpozijuma
- 3. avgust, Beograd: sastanak sa predstavnicima Hotela IN o mogućnostima za održavanje simpozijuma.
- 4. avgust, Beograd: sastanak u ambasadi sa savetnikom Cjeardom Hekstrom o učešću holandskog ambasadora u okviru simpozijuma.

- 18. avgust, Beograd: sastanak sa predstavnicima Hotela IN o simpozijumu.
- 25. avgust i 4. oktobar: sastanak V. van Kojlena i M. Gordena u vezi sa tehničkim detaljima barijera za zaštitu od buke.
- 19. septembar, Beograd: sastanak u ambasadi sa savetnikom Dominikom Kilingom i Nenadom Mitoševićem.
- 20. septembar, Beograd: Simpozijum
- 18. oktobar: sastanak V. van Kojlena, R. Vestervelda, T. Knepkensa i M. Duškova u vezi sa programom posete srpske delegacije
- 31. oktobar, 1. i 2. novembar: misija iz Srbije sa posetom Ambasadi Srbije i Vladi Limburga.
- 10. novembar: zaključna diskusija sa kompanijom EVD.
- 21. novembar: sastanak sa DCMR o razmeni tehničkih iskustava iz njihovog G2G projekta o mogućnostima mapiranja buke u Srbiji.

Napredak projekta je do oktobra 2010. godine bio veoma dobar. Zatim je došlo do stagnacije. Glavni razlog za to je bila nesigurnost u vezi sa organizacijom simpozijuma, u kombinaciji sa nedovoljnom komunikacijom putem elektronske pošte. Nakon intervencije u maju 2011. godine, projekat je ponovo tekao po planu. Sam simpozijum (pogledati poglavlje 3), kao i poseta, predstavljali su veliki uspeh.

Pozitivni aspekti ovog projekta su sledeći:

- Podrška od strane Holandsko-srpskog poslovnog saveta.
- Udruživanje sa nosiocima drugih G2G projekata.
- Udruživanje i podrška od strane srpskih korisnika i nosilaca interesa.
- Saradnja sa Ambasadam Holandije u Beogradu i Ambasadam Srbije u Hagu.
- Podrška u drugoj polovini projekta od strane EVD.
- Broj prisutnih i nivoi njihovog učešća su bili veoma visoki.
- Izlaganja učesnika na simpozijumu bila su na visokom nivou.
- Opsežna razmena raznovrsnih tehničkih informacija.
- Velika pažnja od strane medija.
- Zainteresovanost lokalnih holandskih vlada za ovaj projekat.

Negativni aspekti ovog projekta su sledeći:

- Uopšteno govoreći, tokom prve polovine ovog projekta je komunikacija sa Srbijom putem elektronske pošte bila prilično problematična i oduzimala je dosta vremena (kasnije je bila značajno poboljšana).
- Uloga kompanije EVD je ograničena (takođe se kasnije značajno poboljšala).
- Pojedini dodatni obavezni zadaci (stručnjak iz VROM i računovođa) sa pratećim troškovima nisu bili pomenuti od strane EVD.
- Prisustvo maternjih govornika u projektnom timu je od suštinskog značaja. Bez njih je organizacija događaja izuzetno otežana.
- Dugačak vremenski raspored od dve godine.

3 SIMPOZIJUM I MISIJA

3.1 Simpozijum “Smanjenje saobraćajne buke u Srbiji” u Beogradu

Simpozijum je održan dana 20. septembra 2011. godine. Program simpozijuma je obuhvatio sledeće:

Symposium Programme		
09:15	Registration and coffee	
10:00	Welcoming note from the Embassy	H.E. Laurent L. Stokvis, Ambassador of the Kingdom of the Netherlands
10:10	Opening remarks (expectations, agenda)	Ms. Biljana Vuksanović, P.E. Roads of Serbia
Traffic noise related problems - Chairman Dr. Milan Duškov, InfraDelft bv		
10:20	General introduction regarding Dutch situation and solutions	Mr. Ron Westerveld, Westerveld Advies bv
10:35	Current situation in Serbia	Ms. Biljana Vuksanović, P.E. Roads of Serbia
10:55	Relevant legal regulation in Serbia	Ms. Kristina Perić, Ministry of Environmental and Spatial Planning
11:15	Discussion	
11:35-11:50	Coffee break	
Low-noise pavements - Chairwoman Ms. Biljana Vuksanović, P.E. Roads of Serbia		
11:50	Current experiences in Serbia	Mr. Ivan Andrić, Highway Institute
12:05	Acoustic aspects	Dr. Wim van Keulen, VANKEULEN advies bv
12:25	Technical aspects	Mr. Ton Kneepkens, Infra Quality Support bv
12:45	Discussion	
13:10-14:15	Lunch	
Noise barriers - Chairman Mr. Ivan Andrić, Highway Institute		
14:15	Current experience in Serbia	Mr. Djordje Mitrović, Highway Institute
14:30	Technical aspects	Mr. Marco Goorden, G+H AKOESTIEK bv
14:50	Acoustic aspects	Dr. Wim van Keulen, VANKEULEN advies bv
15:10	Discussion	
15:30-17:00	Reception	

U pratećoj pozivnici je naglašeno da će se, usled privrede u Srbiji koja je u razvoju, intenzitet saobraćaja znatno povećati. Ovo vodi do neprihvatljivih nivoa buke, naročito u blizini autoputeva. Više od 60% gradskog stanovništva u Srbiji je izloženo nivoima saobraćajne buke koji ozbiljno ugrožavaju dobrobit ljudi.

Pored toga, naglašeno je da visok nivo saobraćajne buke zahteva uvođenje tehnologija kojima se emituje niži nivo buke. Najčešće primenjivane tehnologije su tihe kolovozne konstrukcije i barijere za zaštitu od buke (približno duž 500 km holandskih puteva).

Ove tehnologije su se pokazale kao dobro rešenje i, zahvaljujući svojim prednostima u Holandiji se razvija i primenjuje nekoliko tipova tihih kolovoza i barijera za zaštitu od buke. Primena efikasnih tihih kolovoza i barijera za zaštitu od buke u velikim razmerama može dovesti do smanjenja broja ozbiljno ugroženih ljudi u Srbiji, i to između 40% i 75%.



U okviru simpozijuma predstavljena su postojeća iskustva i dokazane tehnologije iz Holandije, ali sa osvrtom na lokalne okolnosti. Prisutnima (uključujući i dvojicu zvaničnih državnih sekretara za infrastrukturu: Miodraga Jocića i prof. Aleksandra Cvetanovića) je istaknuto da holandska vlada finansijski podržava ovu inicijativu, koja ima za cilj da stimuliše široku primenu dokazano uspešnih tihih kolovoza i barijera za zaštitu od buke, a koji bi se, uz prihvatljive troškove, proizvodili u Srbiji od strane domaćih izvođača. Na ovaj način bi se negativni aspekti po životnu sredinu izazvani razvojem infrastrukture značajno ograničili, a nivoi buke bi se uskladili sa srpskim i evropskim standardima.



Slika 1: Pozdravni govor ambasadora Holandije.

U svom pozdravnom govoru, ambasador Holandije, Loran Stokvis, istakao je da je holandsko nacionalno zakonodavstvo još 1979. godine otvorilo vrata za rešavanje ovog problema na nivou mnogo oštrijem od EU regulative tadašnjeg vremena. Rezultat je bila činjenica da je u 2001. godini postojalo približno 450 km barijera za zaštitu od buke postavljenih pored nacionalnih puteva u Holandiji. Razvojni planovi uključuju izgradnju dodatnih 20 km svake godine. Takozvani „tihan kolovozi“ se trenutno postavljaju na više od 3.000 km putne mreže u Holandiji. Ovakva holandska iskustva u ovoj oblasti mogu pomoći Srbiji da se ukrcu u brzi voz razvoja saobraćajne infrastrukture sa smanjenom bukom.

Srpski mediji su pokazali veliko zanimanje za simpozijum, snimljena je reportaža, a u pojedinim novinama, kao i na brojnim web stranicama su objavljeni novinski članci.



Slika 2: Članci o simpozijumu objavljeni u srpskim novinama.



Slika 3: Holandski i srpski projektni tim (deo)

3.2 Poseta misije iz Srbije

Misija iz Srbije je u poseti bila od 31. oktobra do 2. novembra 2011. godine. U skladu sa dogovorima postignutim prvog dana posete, organizovan je sastanak u Ambasadi Srbije u Hagu, koji je bio otvorenog tipa za sve zainteresovane holandske kompanije.

Usled nedavno realizovanih interesantnih projekata i poziva od Vlade Limburga na razmenu njihovog iskustva sa srpskim partnerima, kao glavna destinacija misije je odabran Limburg. Takođe, fabrika asfalta jedne od kompanija učesnica je locirana u Rermondu. Dodatna prednost su raznovrsne barijere za zaštitu od buke postavljene duž autoputa A2 ka Mاستrihtu. Naše kolege iz Srbije su mogle da vide različite barijere za zaštitu od buke izrađene od stakla, drveta, betona, talpi i aluminijuma (cevi).

Program posete Vladi Limburga bio je sledeći:



Program Road-Traffic-Noise-in-Limburg

Datum	1-11-2011
Tijdstip	10.00 -- 12.30
Locatie	Provinciehuis Maastricht -- Maaszaal

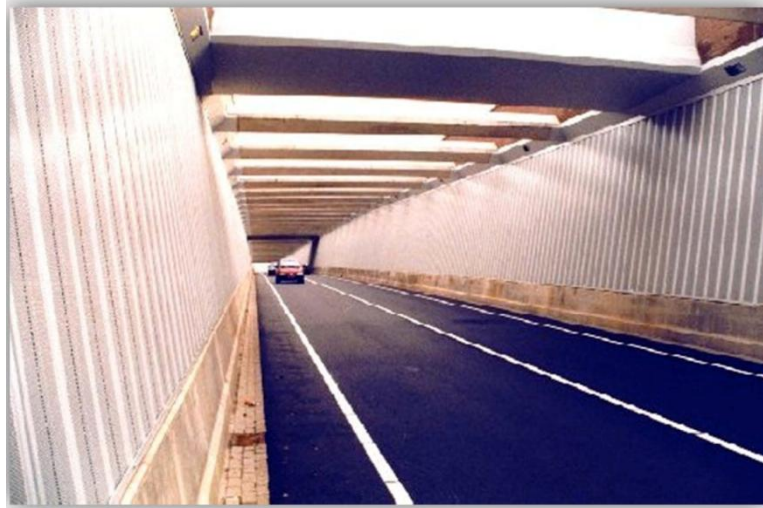
10.00 -- 10.15	→ → Introduction
10.15 -- 10.45	→ → Road-traffic noise (Anne de Vreeze):
	→ → → → -investigation 2006
	→ → → → -plan of action
	→ → → → -cooperation in Limburg
	→ → → → -2012 and further
10.45 -- 11.00	→ → Discussion -- short break
11.00 -- 11.30	→ → Road surface and noise improvement (Herman Dijk en Allard Geerlings):
	→ → → → -properties noise reducing thin layers
	→ → → → -quality assurance
	→ → → → -maintenance and measurements
	→ → → → -the future of noise reducing thin layers
11.30 -- 11.45	→ → Discussion
11.45 -- 12.15	→ → Tour through the Province House
12.15 -- 12.30	→ → Lunch

Stručnjaci iz Vlade Limburga izložili su pregled svog višegodišnjeg iskustva sa raznovrsnim završnim slojevima asfalta čijim korišćenjem se smanjuje nivo buke. Pored tehničkih, predstavljeni su i finansijski podaci o troškovima izgradnje i održavanja. Prisutni donosioci odluka iz Srbije dobili su relevantne izveštaje koji će im pomoći da započnu i upravljaju implementacijom efikasnih rešenja za probleme saobraćajne buke u Srbiji.



Slika 4: Sastanak u Vladi Limburga u Mاستrihtu.

Posećena je barijera sa aluminijumskim apsorpcionim panelima u Brunsumu, koja se pokazala kao odlično rešenje. Na nivou ulice, udaljenom 5 m od ivice tunela, bilo je nemoguće čuti/brojati vozila koja prolaze. Saobraćajna buka je, zbog implementiranih aluminijumskih apsorpcionih panela, nečujna u obližnjim ulicama.



Slika 5: Posećena barijera sa aluminijumskim apsorpcionim panelima u Brunsumu

I DEO: TIHI KOLOVOZI

4.1 Opšti preduslovi

U nastavku slede neki od opštih preduslova koji su važni za odabir odgovarajućeg tihog kolovoza:

- količina nepravilnosti u sloju zemlje ispod kolovoza
- željeni izgled puta
- dostupnost podzemne infrastrukture
- zahtevano smanjenje buke
- intenzitet saobraćaja i brzina kretanja vozila
- ravnoteža između saobraćaja lakih i teških teretnih vozila
- prisutnost mesta sa smanjenim tokom saobraćaja (prelazi, izlazi, mesta za parking, autobuska stajališta, mesta za utovar, itd.)
- raspoloživa širina trake
- prisustvo diskontinuiteta (mostovi, raskrsnice, mesta usporavanja, itd.)
- prisustvo semafora
- dodatni troškovi kolovoznog zastora, početni i troškovi održavanja
- tehničke mogućnosti (bez skretanja saobraćaja)
- brzina > 30 km/h
- da li je primena opravdana (broj stanovnika ugroženih bukom)?

4.2 Posebni preduslovi

Tokom održanih sastanaka, simpozijuma i poseta uspostavljena su još detaljnija ograničenja:

- Bez pukotina ili kolotraga u asfaltnim slojevima ispod gornjeg sloja.
- Gornji sloj se ne može postaviti direktno na površinu obrađenu glodanjem. Obavezno je između njih primeniti vezni sloj.
- Bez manuelnih radova na segmentima sa saobraćajnim opterećenjem.
- Bez dodatnog tretiranja kolovoznog zastora finim agregatom ili peskom.
- Minimalna temperatura prilikom postavljanja jeste 5°C.
- Česti prelazi sa tihih kolovoza na susedne kolovoze.
- Popravka tehnikom koja zadržava smanjeni nivo buke iznad interventne vrednosti (pogledati i poglavlje 5.3).

Gore navedeni preduslovi služe kao osnova za funkcionalne zahteve u ugovoru sa izvođačem. Odabir određenog izvođača određuje se brojem faktora:

1. Obavezno je da izvođač ima iskustva sa postavljanjem posebnih mešavina.

2. Obavezno je da izvođač unapred pokaže da je njegov proizvod trajan time što će sprovesti testove trajnosti u laboratoriji ili izvršiti primer kalkulacije.

Primenom ovih dvaju zahteva u ugovorima će se podstaći inovacija od strane izvođača, a u vezi sa trajnošću i održivošću.

5.1 Početno stanje

Smanjenje buke se može utvrditi u odnosu na vrstu puta za koju postoji fiksni standard. U Srbiji to može biti gusti asfalt-beton (DAC) 0/8. Ovo je veoma slično referentnoj veličini u Holandiji. Međutim, nivoi apsolutne emisije gasova iz holandskih automobila prema holandskoj referentnoj veličini se ne mogu porediti sa onima iz srpskih automobila po srpskoj referentnoj veličini usled razlika u vozilima i gumama. Otuda se referentna veličina u Srbiji mora numerički odrediti merenjem nivoa buke.

Ukoliko mapiranje buke, akcioni planovi ili zakonski zahtevi igraju neku ulogu, trebalo bi uzeti u obzir sve tipove vozila, kako bi se odabrao pravi tip tihog kolovoza. Međutim, prilikom provere da li površina puta zadovoljava svoje standarde obavezno je meriti samo laka teretna vozila. Iz raznih istraživanja je poznato da su smanjenja nivoa buke koju proizvode laka i teška teretna vozila prilično slična, barem u slučaju tankog sloja. Međutim, emisija različitih kategorija se znatno razlikuje.

Ovakva situacija dovodi do toga da se u ugovorima zahtevaju samo smanjenja buke lakih teretnih vozila, dok se u kalkulacijama emisija buke obuhvataju sva vozila.

U ugovorima se smanjenja buke izražavaju bez decimala (na primer: 4 dB(A) na 100 km/h za laka teretna vozila). Rezultati merenja moraju zadovoljiti zahtevano smanjenje buke. Važan aspekt je da merna nesigurnost ne sme biti uključena u analize jer je obuhvaćena u broju decimala u zahtevanom smanjenju buke.

Početno smanjenje buke se mora izmeriti SPB metodom (pogledati Poglavlje 6.4).

5.2 Testiranje

CPX merenje (pogledati Poglavlje 6.3) se mora sprovesti svake 2 godine kako bi se testiralo da li neka površina zadovoljava standarde trajnosti u vezi sa bukom.

Tražena smanjenja buke se tokom perioda monitoringa moraju izraziti apsolutnim vrednostima. Tvrdnja o smanjenju gubitka na osnovu početnih rezultata bi mogla da odvede do nejasnih i nejedinstvenih kriterijuma:

1. Početno merenje pokazuje mernu nesigurnost. Ukoliko su naredna merenja vezana za početno, ta merna nesigurnost se udvostručuje.
2. Interventna vrednost (pogledati naredno poglavlje) ne bi bila jedinstvena. Ukoliko su početni rezultati izraženo pozitivni, interventna vrednost je previše striktna i obrnuto.

5.3 Interventna vrednost

Interventna vrednost se definiše kao vrednost iznad koje određena površina kolovoza stvara buku veću od prihvatljive. Ova vrednost je jednaka inicijalnoj vrednosti minus 2,0 dB(A). U ovom slučaju se mora koristiti jedna decimala (na primer: 2,0 dB(A) na 100 km/h za laka teretna vozila).

Ugovorima mora da bude obuhvaćen uslov da, ako interventna vrednost nije zadovoljena, izvođač mora da primeni odgovarajuće mere (pogledati i poglavlje 4.2), kako bi smanjenje nivoa buke ponovo bilo iznad interventne vrednosti.

6 METODE MERENJA

Merenja buke se moraju obavljati na dosledan način, kako bi se uticaji eksternih faktora poput efekata rasprostiranja i pozadinske buke sveli na najmanju moguću meru. Istovremeno, uslovi merenja moraju da budu reprezentativni u 'normalnim' situacijama, i za površinu puta i za položaj mikrofona koji simuliraju nivo buke u okruženju.

Prilikom svakog merenja je od suštinske važnosti da se zabeleže svi podaci o okruženju, poput temperature vazduha i temperature na površini. U relevantnoj literaturi postoji tekuća diskusija o uticaju temperature. Razni testovi velikih razmera nisu u korelaciji u ovom aspektu.

Najčešće korišćene tehnike merenja kojima se utvrđuju karakteristike površina puteva su sledeće:

- Merenja teksture (samo parcijalna karakterizacija)
- Merenja poroznosti i/ili apsorpcije zvuka
- Metod merenja nivoa buke u neposrednoj blizini (CPX)
- Statistički metod merenja buke pri prolasku vozila (SPB)
- Psihoakustička procena snimljene (ili *in-situ*) buke

6.1 Merenja teksture

Tekstura površine puta ima veliki uticaj na buku od vozila na putu koja potiče od kontakta pneumatik/kolovoz. Posebno je tekstura izražena dužinama talasa između 5 mm i 200 mm (odnosi se na lasersko merenje) važna za emisiju zvuka usled kontakta pneumatik/kolovoz. Tekstura kod koje se laserskim merenjem dobijaju ove talasne dužine označava se kao mikro/makro do makro/mega tekstura.

Tekstura površine puta meri se njenim skeniranjem laserskim senzorom za merenje razdaljine. Ovaj laser se može montirati na vozilo ili na stacionarni uređaj za merenje.

Analiza izmerenih profila teksture sastoji se iz računanja parametara teksture MPD, ETD i RMS, kao i iz računanja spektra korišćenjem FFT algoritma (Brza Furijeova transformacija).

Kod poroznih putnih površina, izmereni profil teksture ne obezbeđuje direktno korisne informacije o emisiji zvuka usled kontakta guma/put. Ovo je posledica činjenice da gume na vozilu ne dolaze u kontakt sa dubokim rupama u poroznoj površini puta. Ovaj se efekat može objasniti odgovarajućom pred- ili post-obradom.

Teksturu probnih putnih traka bi trebalo meriti laserom montiranim na vozilo, i to na dužini od približno 20 m u okruženju mesta položaja mikrofona, i to u oba razmaka između točkova iste osovine.

6.2 Merenja poroznosti i apsorpcije zvuka

Apsorpcija zvuka predstavlja značajno akustično svojstvo (polu) poroznih površina kolovoza. U cilju procene, ocene i optimizacije svojstava apsorpcije zvuka površine kolovoza, potrebno je sprovesti merenja apsorpcije zvuka. Ova merenja mogu se obaviti *in situ* prema standardu ISO 13472-1¹ ili na betonskim kernovima u laboratoriji, a prema standardu ISO 10534-1². Nešto bolji metod jeste primena PU sonde koja se može primeniti kako u laboratoriji, tako i na terenu.



Slika 6: Merenje akustične impedanse na terenu i na betonskim kernovima

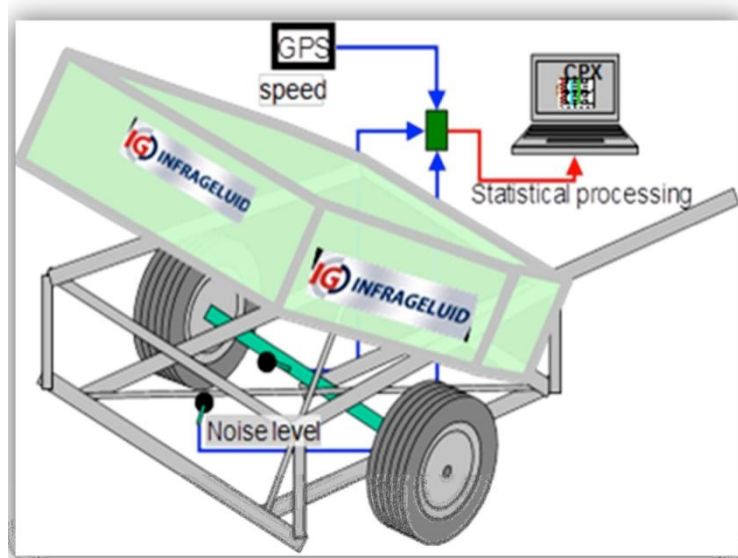
Rezultat ovih merenja jeste apsorpcija zvuka kao funkcija frekvence. Frekvencija na kojoj se dešava prva maksimalna vrednost apsorpcije zvuka jeste pokazatelj efektivne debljine površine kolovoza. Visina ovog maksimuma pokazuje količinu pristupačnih vazdušnih šupljina.

Začepljenje (zagađenje) poroznih površina na kolovozu ima ozbiljne posledice na svojstva apsorpcije zvuka kolovoza, a moguće i na postignuto smanjenje nivoa saobraćajne buke. Merenja apsorpcije zvuka omogućavaju procenu začepljenja poroznih površina kolovoza.

Specifična otpornost prema protoku koja se meri samo na otvorenim površinama će omogućiti dodatni uvid u svojstva materijala.

6.3 Metod merenja nivoa buke u neposrednoj blizini (*Close Proximity method - CPX*)

Prilikom CPX merenja u skladu sa standardom ISO/CD 11819-2³ koriste se posebna vozila i mikrofoni za merenje u bliskom polju delovanja. Ova merenja se sprovode uz mikrofone postavljene u blizini pneumatika koji se testiraju na posebnom vozilu za ispitivanje.



Slika 7: Uređaj za merenje CPX metodom

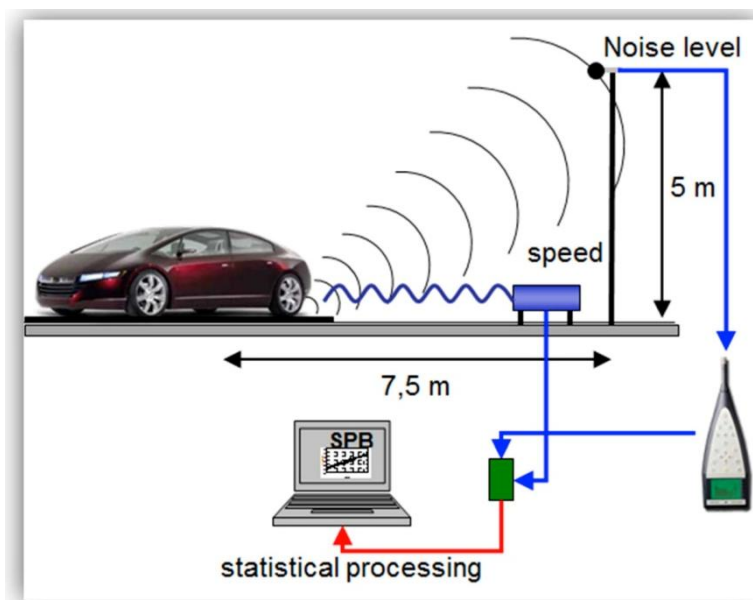
Ovo vozilo će se kretati duž posebno označenog ili proizvoljno izabranog dela puta. Rezultati dobijeni ovakvim merenjem normalizuju se sa nominalnom brzinom koja pripada kategoriji tog puta. Uopšteno govoreći, CPX metod predstavlja proceduru merenja, koja je posebno osmišljena za procenu uticaja svojstava površine kolovoza na vozilo i saobraćajnu buku. Ona se može obaviti na

tačno određenim delovima kolovoznih površina. Uslovi merenja su takvi da buka od kontakta pneumatik/kolovoz dominira nad bukom pogonskog sistema vozila. CPX metod daje dobru ocenu akustičkih karakteristika površine kolovoza. Ovaj metod se može koristiti i za proučavanje homogenosti površine kolovoza na velikim odstojanjima i pod različitim uslovima.

6.4 Statistička metoda merenja buke pri prolasku vozila (*Statistical Pass-by method - SPB*)

Prema standardu ISO 11819-1⁴, SPB metod se sastoji iz merenja buke koju emituju vozila u koloni vozila. Ona se koristi isključivo za određivanje uticaja površine kolovoza na emisiju buke drumskog saobraćaja. Ovo je standardizovan metod merenja u kojem se mikروفon postavlja na 7,5 m udaljenosti od osovine vozne trake. Standardizovana visina mikrofona jeste 1,2 m. Prednost visine mikrofona od 5,0 m uočena u praksi jeste efikasno isključenje neželjenih efekata širenja buke.

Merenja su pokazala da se na visini mikrofona od 5,0 m emisija buke svih tipova vozila prikazuje na isti način kao i na standardnoj visini mikrofona od 1,2 m. Stoga se, prema holandskom standardu, visina mikrofona fiksno postavlja na 5,0 m. U projektu „Harmonoise“ odabrana je visina mikrofona od 3,5 m.



Slika 8: Uređaj za merenje SPB metodom

Maksimalni A-ponderisani nivo zvuka i brzina vozila se istovremeno registruju za svako vozilo koje prolazi. Rezultati se obrađuju u rasutom dijagramu, u kojem se maksimalni nivo zvuka prikazuje kao funkcija logaritma brzine. Iz ovog rasutog dijagrama proizilazi najpogodnija linearna funkcija. Nivo se posmatra iz linearne funkcije na referentnoj brzini od 70 km/h za kamionske gume i 80 km/h za gume putničkih vozila. SPB merenja u obzir uzimaju sveukupnu emisiju buke, uključujući i pogonsku buku.

6.5 Psihoakustika

Značajna teškoća u uvođenju mera za kontrolu saobraćajne buke jeste subjektivni doživljaj buke od strane javnosti. Vrednovanje doživljaja buke je ključno za sprovođenje smisaone analize troškova i koristi. Nekoliko studija je pokazalo da dugoročni odnos između prosečne izloženosti buci i smetnji izazvanih njom ne opisuje na pravi način reakcije na upravljanje saobraćajem ili na druge mere za smanjenje buke. Jednostavni odnos doziranje - odgovor između saobraćajne buke i smetnji izazvanih bukom se ne može primeniti na shvatanje mera za smanjenje buke. Važno pitanje pravilne interpretacije različitih podataka dobijenih merenjem predstavlja upravo uključivanje

psihoakustike. Zahvaljujući psihoakustici se može izvesti prikladniji opis saobraćajne buke koji je u boljem uzajamnom odnosu sa subjektivnim utiskom ljudi koji su na dnevnom nivou izloženi saobraćajnoj buci. Izvedene su nove i bolje mere zasnovane na naprednim proučavanjima prostorne akustike. Mogućnosti koje nude ta proučavanja bi trebalo detaljnije izučiti.

6.6 Otpornost na klizanje

S obzirom na to da bi tipovi kolovoza trebalo da se primenjuju pod normalnim okolnostima, i drugi zahtevi imaju značajnu ulogu. Jedan od najvažnijih zahteva za kolovoz jeste njegova otpornost na klizanje. Ovaj otpor se može lokalno meriti bilo SRT metodom, bilo sistemom klatna.

Na većoj razdaljini se otpornost na klizanje može meriti prikolicom za posebne namene. Na ovu prikolicu je montiran merni točak. Brzina okretanja ovog mernog točka je 86% od dvaju pratećih točkova. Opterećenje mernog točka u jedinici sile je standardizovano na 1.962 N.

7 STANDARDNA MEŠAVINA

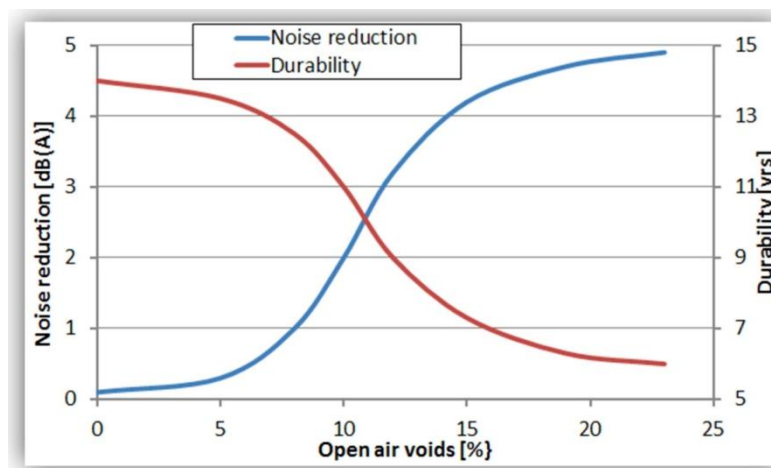
7.1 Opšti podaci

Projekti kolovoza sa niskim učinkom buke za male i velike brzine se znatno razlikuju. Ova razlika je uzrokovana brojem mehanizama koji imaju određenu ulogu (male slike objašnjavaju ovaj mehanizam):

- Vibracije izazvane pneumaticima.
- Apsorpcija: ovaj efekat je minimalan jer je poroznost standardnog asfalta mnogo niža nego kod poroznog asfalta.
- Pumpanje vazduha: ovaj efekat je u velikoj meri uzrokovan poroznošću.
- Efekat trube: ovaj efekat je u velikoj meri uzrokovan poroznošću.



Ravnoteža pomenutih faktora uveliko zavisi od brzine. Pri manjim brzinama je efekat povezan sa poroznošću relativno manji nego pri većim brzinama, što posebno važi za pumpanje vazduha. Pored toga, poroznost ima negativan uticaj na trajnost, što se može videti na slici 9.



Slika 9: Smanjenje buke i trajnost kao funkcije poroznosti

Otuda poroznost mora da bude što je niža moguća. Odgovarajući negativni efekti na smanjenje buke moraju se nadoknaditi odabirom optimalne teksture. Odnos optimalne teksture i veličine agregata je obrnuto proporcionalan, tj. krupniji agregat stvara veću buku.



Slika 10: Stvaranje pukotina verovatno uzrokovano previše visokom poroznošću

7.2 Mešavina za male brzine

Na osnovu najnovije teorije i praktičnog iskustva, projektovani su sledeći građevinski standardi za male brzine:

- Granulacija: 0/4 nekontinualno granulirano
- Debljina sloja: 25 mm
- Bitumen: visoko modifikovan SBS, 7%
- Poroznost: 9%
- Visoki PSV
- Ljuspanje: < 10%

7.3 Mešavina za velike brzine

- Granulacija: 0/8, nekontinualno granulirano
- Debljina sloja: 40 mm
- Bitumen: visoko modifikovan SBS, 7%
- Poroznost: 14%
- Visoki PSV
- Ljuspanje: < 15%

II DEO: BARIJERE ZA ZAŠTITU OD BUKE

8.1 Opšti podaci

U nastavku sledi nekoliko pojedinosti koje bi trebalo uzeti u obzir prilikom provere projekta:

1. Intenzitet opterećenja vetrom i kalkulacije zvučnih performansi.
2. Kvalitet materijala predloženih za barijeru, a posebno, ukoliko postoje, onih koji nisu uključeni u specifikacije materijala.
3. Konstruktivne klase korišćenih materijala moraju biti u skladu sa onim navedenim u kalkulacijama.
4. Nabavka, prevoz i skladištenje materijala za barijere za zaštitu od buke. Radna snaga, posebno svi potrebni pred-instalacioni procesi i metod montaže.
5. Akustička svojstva moraju biti očuvana izbegavanjem praznina, uključujući i one koje su nastale skupljanjem ili termalnim kretanjem.
6. Laka zamena delova usled slučajnog ili namernog oštećenja.
7. Bezbednost komponenti i priroda materijala koji se koriste za sprečavanje namernih oštećenja.
8. Na odgovarajućoj lokaciji je obezbeđen prilaz za održavanje.

Barijere za zaštitu od buke ispunjavaju svoju svrhu prekidanjem ili blokiranjem direktne putanje između izvora buke i primaoca. Takođe, barijera može i da reflektuje buku. Time će se buka za ljude koji žive na suprotnoj strani puta povećati do 6 dB, kada na obema stranama puta postoje reflektujuće površine. Zbog toga barijere za zaštitu od buke moraju da imaju apsorpciona svojstva.

8.2 Tehnički zahtevi

8.2.1 *Aluminijum*

Barijera za zaštitu od buke mora biti napravljena od samostojećih elemenata. Isti se mogu jednostavno postaviti između čeličnih stubova (HEA160).

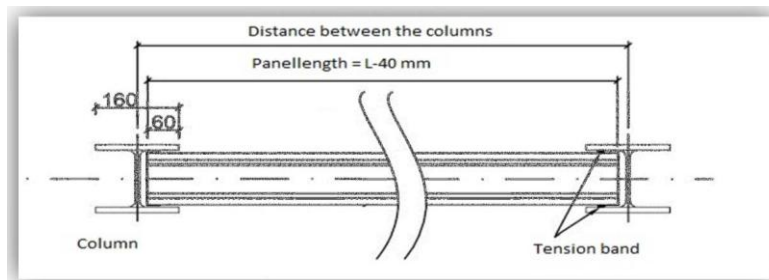
Postoje elementi specijalnih profila koji se isporučuju zajedno sa profilisanom aluminijumskom pločom sa spoljašnje strane i perforiranom profilisanom aluminijumskom pločom sa unutrašnje strane panela. Dimenzije ovih perforacija su: 5 mm u prečniku i osovinsko odstojanje 8 mm između perforacija.

Aluminijumska ploča može biti ALMN1MG0, 5H26, Stucco.

Između aluminijumskih ploča mora da postoji vodootporni, nezapaljivi materijal koji apsorbuje buku, poput mineralne vune. Mineralna vuna mora da sa obe strane ima minimalni otvor za ventilaciju od 20 mm.

Karakteristike ove vune su:

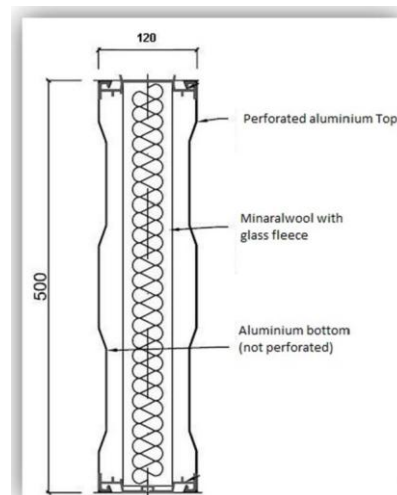
- Kamena vuna, 60 mm, 100 kg/m³
- crni pokrivaјуći voal
- otpornost na požar prema DIN 4102, klasa A1.
- Otpornost na protok određen po dužini: AF > 50.



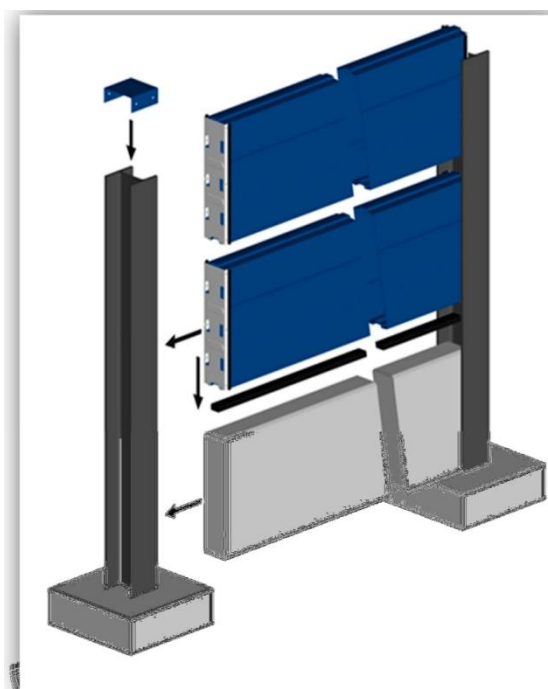
Veza panela sa čeličnim stubovima mora da bude zasnovana na klik sistemu. Odvodnjavanje kišnice zahteva postavljanje drenažnih kanala na krajevima panela. Kako bi se elementi i čelični stubovi ispravno pričvrstili, na panele se moraju postaviti gumene trake. Guma mora da bude 60 ± 5 , Shore A.

Barijeru bi trebalo postaviti po liniji i preciziranim nagibima, uz toleranciju od ± 10 mm. Stub bi trebalo da bude vertikalnan uz toleranciju od ± 10 mm na 5 m.

Trebalo bi izbeći zvučna “curenja” izazvana rupama, prorezima, pukotinama ili šupljinama u, ili ispod barijere za zaštitu od buke. Poseban trud bi trebalo uložiti u fazama projektovanja i izgradnje, kako bi se izbegao nastanak rupa, proreza ili šupljina, bilo uz pomoć susednih panela, duž donje ivice ili praznina za saobraćajne znake, bilo stubovima javne rasvete, požarnim hidrantima, građevinskim spojevima ili dilatacionim spojnica.



Na slici 11 se može videti šematski prikaz primera barijere za zaštitu od buke koja je zasnovana na panelima sličnim onima prethodno opisanim.



Slika 11: Šematski prikaz barijere napravljene od panela

8.2.2 Beton

Kod barijera za zaštitu od buke koje su napravljene od betona, talpe moraju biti spojene na pero i žljeb, pažljivo preklopljene, ili izrazito dobro sučeono spojene, kako bi se obezbedio dobar vazdušni zaptivač na spojevima. “Naizmenične daske”, talpe montirane na naizmeničnim stranama horizontalnih oslonaca, ne bi trebalo koristiti.

Širine proreza na proširenjima ne bi trebalo da budu veće od 50 mm. To bi dovelo do smanjenja TL-a od približno 1 dB(A) na udaljenosti od 5 m. Visina proreza za eliminaciju vode ne bi trebalo da bude veća od 10 cm.

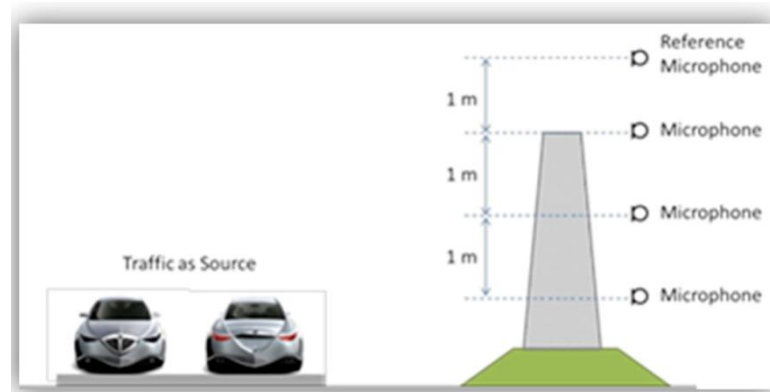
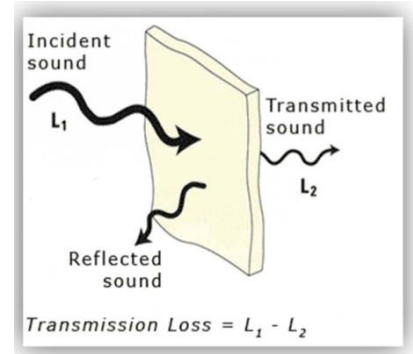
Vremenom će se otvorena struktura apsorpcionog betona zagaditi. Takođe, vremenske prilike će značajno oslabiti apsorpciona svojstva. Prilično je nemoguće sprečiti ovu pojavu ili očistiti ove barijere. Ovo implicira da porozna struktura mora da bude obložena zaštitnom pločom kako bi se osiguralo da apsorpcija ostane nedirnuta.

8.3 Akustički zahtevi

8.3.1 Transmisioni gubitak

U svrhe akustike se bilo koji materijal može koristiti za barijeru između izvora buke i primaoca buke, sve dok isti ima transmisioni gubitak (TL) od najmanje 10 dB(A) veći od željenog smanjenja buke (tj. gubitak usled umetanja (IL). Ovim se obezbeđuje da jedina putanja buke koja se razmatra u projektu akustike za barijere za zaštitu od buke jeste putanja buke sa difrakcijom, tj. putanja iznad (ili oko) barijere.

Transmisioni gubitak (TL) kontinualne barijere bi, prema standardu ISO 1793-2, trebalo da bude 25 dB ili više. Gustina materijala od 10 kg/m² na površini je obično dovoljna za niske barijere (< 2 m), a od 17 kg/m² za više barijere. Prema standardu ISO 1793-2, TL bi trebalo meriti u refleksionoj komori. Međutim, ukoliko gustina materijala na površini iznosi 40 kg/m² ili više, nisu potrebna nikakva merenja. TL izlaza za slučaj opasnosti ne bi trebalo da bude više od 5 dB(A) niži od TL-a barijere. TL se može meriti in situ, i to prema sledećem planu merenja prikazanom na slici 12.



Slika 12: Plan merenja za in situ određivanje TL-a

TL predstavlja razliku u nivoima između referentnog mikrofona i komparativnih mikrofona.

8.3.2 Apsorpcija

Ponderisani apsorpcioni koeficijenti moraju da budu bolji od 0,8 na frekvencijama koje su značajne u spektru saobraćajne buke. Uopšteno govoreći, maksimalne frekvencije saobraćajne buke kreću se



između 500 – 1.500 Hz. Apsorpciju bi trebalo odrediti prema ISO 1793-1 standardu u refleksionoj komori.

Apsorpcija bi, prema ISO 1793-1 standardu, trebalo da bude 13 dB ili viša.

I apsorpcija se može meriti *in situ* i to prema istom planu kao i za kolovoze sa niskim nivoom buke (pogledati poglavlje 6.2).

9 POSTAVLJANJE I IZGRADNJA

9.1 Temelji

Temelji se postavljaju na neugroženo zemljište po traženoj projektovanoj dužini uglavljenja, i to najmanje ispod dubine smrzavanja tog područja. Površinu za temelj mora da potvrdi geotehnički inženjer. Sva slabonosiva mesta se moraju ukloniti, a dno temelja zaštititi od smrzavanja. U slučaju da se na dubini manjoj od dubine smrzavanja naiđe na čvrsti kamen, temelji se izvode najmanje 300 mm u kamenu. Sa betonom u temelju se postupa na sledeći način:

- Minimum 28 dana kompresivne snage koja bi trebalo da iznosi 20 MPa.
- Sav beton postavljen na datoj lokaciji mora biti zaštićen od smrzavanja, kao i od sušenja na vanredno visokim letnjim temperaturama.
- Beton u temelju se mora tretirati najmanje 5 dana pre postavljanja panela.

9.1.1 Temelj u zemljištu

Ukoliko se izvodi bušenje temelja, isti će biti u potpunosti izliven preko neugroženog zemljišta. Zatim se formira temelj koji nije bušeni keson, a iskop se zatrpava granuliranim materijalom. Zatrpani materijal bi trebalo zbiti na 98% od granuliranog materijala.

9.1.2 Temelj u kamenu

Kada se na dubini iskopa temelja naiđe na kamen, dubinu temelja bi trebalo uglaviti najmanje 300 mm u čvrsti kamen.

Celokupan iskop u kamen se u potpunosti zatrpava betonom. Iskop iznad vrha kamena se može oblikovati prema željenim dimenzijama, a preostali deo iskopa se može zatrpati granuliranim materijalom.

9.2 Pristup

Na intervalima od po približno 200 m bi trebalo formirati kapije ili praznine, kako bi se obezbedio pristup za održavanje barijere za zaštitu od buke, kao i bilo kakvog rastinja iza barijere za zaštitu od buke. Ove pristupne tačke bi trebalo postaviti gde god je to moguće da bi se obezbedio pristup opremi za kontrolu saobraćaja i komunikaciju.

U slučajevima kada bi trebalo postaviti pristupne tačke za pešake, a izlazna vrata nisu praktična, onda bi trebalo postaviti drugi deo paralelne barijere ispred pristupne tačke, da bi se izbeglo pogoršanje zvučnih performansi. Jedna strana ove barijere bi trebalo da bude pokrivena apsorpcionim materijalima, kako bi se izbegle višestruke refleksije između paralelnih barijera.

Dužina ove dodatne barijere bi trebalo da bude najmanje nekoliko puta veća od širine praznine/otvora (3 – 4 puta).

DEO 3: SMERNICE ZA IMPLEMENTACIJU

10.1 Mape buke

Nivoi buke u nekom području se menjaju u vremenu i prostoru. Na primer, nivoi buke mogu rasti kako se vozilo približava i ponovo se smanjiti nakon što vozilo prođe. Ovo može izazvati kratkoročne varijacije u nivou buke. Posmatrajući malo duži vremenski interval, nivoi buke mogu biti viši u vršnim periodima kada su putevi najviše opterećeni saobraćajem i niži u vanvršnim periodima. Ipak, postoji veći obim aktivnosti od strane većeg broja ljudi i veći obim saobraćaja tokom dana nego uveče ili tokom noći. U dugoročnom smislu vetar, vremenske prilike i godišnje doba utiču na nivoe buke.

To znači da nije moguće pouzdano tvrditi koliki će biti nivo buke na nekom određenom mestu u nekom određenom trenutku, ali ako su izvori buke definisani na odgovarajući način, kao što je slučaj u drumskom, železničkom, ili vazdušnom saobraćaju, onda je moguće sa određenom dozom pouzdanosti odrediti koliki će biti prosečni nivo buke na dugoročnom planu.

Moglo bi se pretpostaviti da je merenje najbolji način određivanja nivoa buke, ali iskustvo pokazuje da to nije slučaj. Najpre se tokom dužeg perioda vremena mora meriti dugoročni prosek. Drugo, merenja se moraju obaviti na privatnom posedu kome je pristup otežan, kako bi se dobila potpuna pokrivenost nekog područja, i treće, merenja ne mogu da naprave razliku između različitih izvora buke, tako da ne mogu da daju podatke o tome koliko buke stvara svaki od izvora u nekoj oblasti.

Zbog ovih i sličnih razloga se mapiranje buke obično izvodi proračunom i to na osnovu kompjuterskog modela buke nekog područja, iako i merenja mogu da u pojedinim slučajevima budu delotvorna.

Dodatna korist postojanja modela rasprostiranja buke jeste ta što se može koristiti za procenu efekata transporta i drugih planova. Na taj način se može proceniti efekat predložene nove trase, kao i projektovati odgovarajuće mere za smanjenje štetnog uticaja buke, kako bi isti bio na minimalnom nivou. Ovo je posebno važno prilikom sastavljanja akcionog plana zaštite od buke, gde se pre donošenja odluke mora sprovesti ispitivanje analize troškova i koristi različitih varijanti.

Mape buke sastavljene za potrebe Direktive o buci u životnoj sredini predstavljaju prosečne godišnje nivoe buke na visini od 4 metara iznad lokalnog nivoa zemljišta. Direktiva o buci u životnoj sredini propisuje da se nivoi buke procenjuju u smislu činioca L_{den} i L_{night} .

L_{den} predstavlja ekvivalentni kontinualni nivo buke u celom 24 - časovnom periodu, s tim što se buka u večernjim časovima (od 19:00h do 23:00h) povećava za 5 dB(A), a buka tokom noći (od 23:00h do 07:00h) povećava za 10 dB(A), kako bi se izrazila veća osetljivost stanovništva na buku u tim periodima.

L_{night} predstavlja ekvivalentni kontinualni nivo buke u noćnom periodu (od 23:00h do 07:00h). L_{night} ne obuhvata nikakvo ponderisanje buke u noćnom periodu.

Mapa buke jeste mapa neke oblasti na kojoj su različitim bojama prikazani različiti nivoi buke. Ponekad se nivoi buke mogu prikazati konturnim linijama koje označavaju granice između različitih nivoa buke na nekom području. Postoji nekoliko modela za sastavljanje mapa buke. Većina modela je zasnovana na fizičkom principu rasprostiranja zvuka u spoljnoj sredini (definisanom u ISO 9613 standardu). Upotreba ovih softverskih paketa je prilično jednostavna, a tačnost dobijenih rezultata je veoma visoka, u zavisnosti od kvaliteta ulaznih podataka za modele. Za buku drumskog saobraćaja se opis izvora obično pravi na osnovu parametara koji su prepoznatljivi, poput brzine, broja vozila, itd.

U vreme pisanja ovog izveštaja drugi G2G projekat se bavi ovim specijalnim aspektom. Pojedini tipični rezultati dobijeni iz tog G2G projekta su izloženi u ovom tekstu. Smernice koje su razvijene u tom G2G projektu će se koristiti u pilot verziji drugog G2G projekta.

Na sledećoj slici se može videti jedan primer koji je takođe prikazan na ovom simpozijumu.



Slika 13: Primer 3D modeliranja puta, njegove okoline i primaoca buke

Ovakvim modelom se može utvrditi emisija na različitim punktovima primalaca ili konture buke. Sledeća slika ilustruje jedan primer.



Slika 14: konturne linije buke jednog slučaja u Srbiji

Na osnovu ovih studija se može odrediti visina barijere kako bi se dobili traženi nivoi emisije. U Srbiji je do sada izgrađen ograničen broj barijera za zaštitu od buke.



Slika 15: Barijera za zaštitu od buke

10.2 Kombinacija tihog kolovoza i barijere za zaštitu od buke

U ovim smernicama se smanjujući efekat kolovoza i barijera može istovremeno odrediti. Stvarno smanjenje buke nekom barijerom zavisi od geometrije odnosa izvor-barijera-primalac. Samim tim, barijera ne podrazumeva fiksnu vrednost smanjenja nivoa buke. Međutim, efekat barijera se može kombinovati sa efektom tihog kolovoza.

Ukoliko se primeni tihi kolovoz, onda je očigledno da barijera za zaštitu od buke može da bude niža. U većini softverskih paketa za obračun nivoa buke ovo nije standardna odlika. Kompanija VANKEULEN advies je razvila alatku (BARDODAN) u kojoj se akustička svojstva tihog kolovoza i barijera mogu lako i retroaktivno međusobno menjati. U pilot projektu se primenjuje ova alatka. Rezultati su prikazani u tabeli 1.

Tabela 1: Visina barijere kao funkcija smanjenja buke [dB(A)] na kolovozu

smanjenje buke na kolovozu	visina barijere [m]			
	2	3	4	5
0	2,0	3,0	4,0	5,0
1	1,7	2,6	3,4	4,3
2	1,4	2,2	3,0	3,8
3	1,2	1,9	2,5	3,2
4	1,0	1,6	2,2	2,8
5	1,0	1,3	1,8	2,4

Podaci iz tabele 1 se mogu prilično tačno odrediti sledećom formulom:

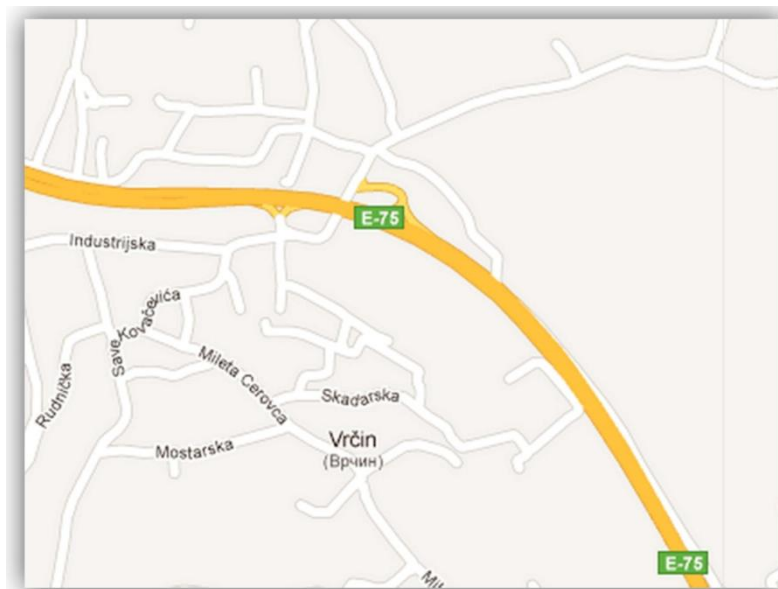
$$H_{barijera, nova} = 0,84 - 0,37 \cdot NR_{put} + 0,73 \cdot H_{barijera, original}$$

Pomoću gore navedene formule se mogu izračunati ukupni troškovi za sve visine barijera, kao i za kombinaciju tihog kolovoza i barijera. U sledećem primeru se optimalna vrednost nalazi u smanjenju od 4 dB(A).

10.3 Slučaj I

10.3.1 Lokacija

Pored autoputa E-75 na 30 km od Beograda, kod petlje Vrčin, planirana je barijera za zaštitu od buke.



Slika 16: Lokacija barijere za zaštitu od buke blizu Vrčina

10.3.2 Barijera

Ukupna dužina barijere je 1.136 m, a visina 6,5 – 7,0 m. Na slici 17 se može videti šematski prikaz jednog dela barijere.



Slika 17: Crtež barijere za zaštitu od buke

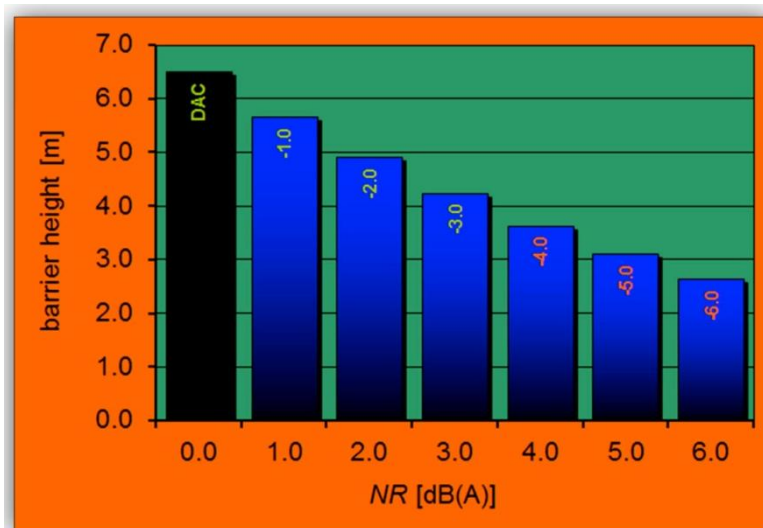
10.3.3 Građevinski aspekti

Celokupan iskop u kamen se u potpunosti zatrpava betonom. Iskop iznad vrha kamena se može oblikovati prema traženim dimenzijama, a preostali deo iskopa se može zatrpati granuliranim materijalom.

10.3.4 Akustički aspekti

S obzirom na to da na obema stranama deonice puta borave ljudi, barijera mora da bude apsorpciona prema poglavlju 8.2.1. Dubina iskopa za temelj, dubina temelja mora da bude uglavljena najmanje 300 mm u čvrsti kamen, u skladu sa poglavljem 9.1.2.

Pomoću teorije izložene u poglavlju 10.2 se može izračunati efekat visine barijere za zaštitu od buke kao funkcije smanjenja buke na kolovozu. Rezultati su prikazani na slici 18.



Slika 18: Visina barijere za zaštitu od buke kao funkcija smanjenja buke (noise reduction - NR) na površini

Iz slike 18 se može videti da, ako se primeni tih kolovoz sa smanjenjem buke od 4 dB(A), visina barijere može biti skoro 3 m niža. Ova 4 dB(A) odgovaraju smanjenju buke standardnog tipa puta kojim se smanjuje buka, kako je navedeno u poglavlju 7.3.

10.3.5 Troškovi

Ukoliko su poznati (dodatni) troškovi pri ugradnji tihog kolovoza (na primer, 10 €/m²) i barijere (na primer, 250 €/m²), moguće je izračunati ukupne troškove koji bi nastali primenom mera za smanjenje nivoa buke, kao što su tih kolovozi i barijere. Rezultati ovog pilot obračuna prikazani su na slici 19.



Slika 19: Troškovi tih kolovoza i barijera

Iz slike 19 sledi da je, uz ove pretpostavke, optimalno smanjenje buke na kolovozu približno 3 dB(A).

Trebalo bi imati na umu da rezultati u velikoj meri zavise od primenjenih funkcija troškova.

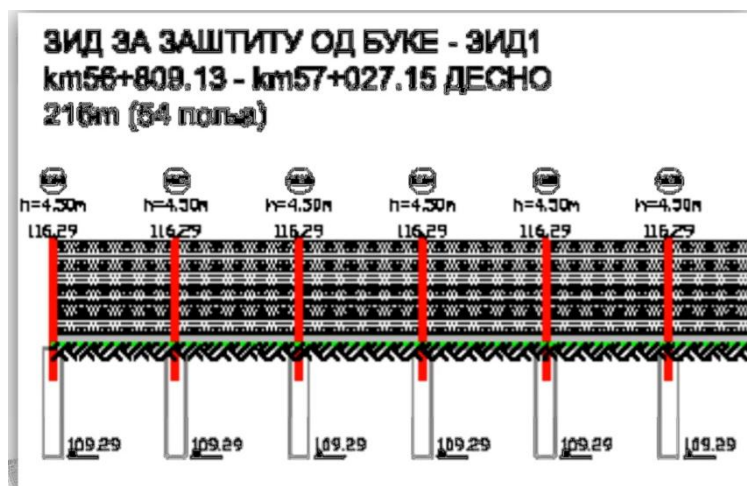
10.4 Slučaj II

10.4.1 Lokacija

Pored autoputa E763 u blizini Beograda, km 56 + 809.13 – km 57 + 027.15, desna strana, planirana je barijera za zaštitu od buke. Ovde će se razmatrati samo akustični aspekti.

10.4.2 Barijera

Ukupna dužina barijere jeste 216 m, a visina 4,5 m. Na slici 20 se može videti šematski prikaz jednog dela barijere.

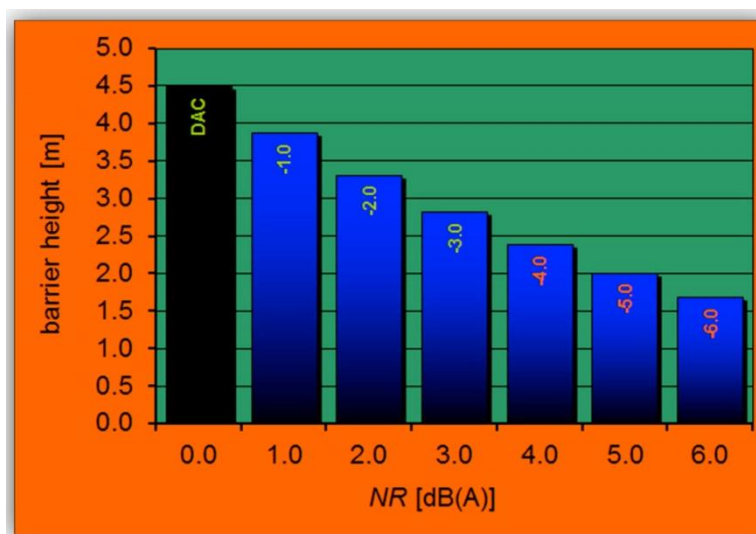


Slika 20: šematski prikaz jednog dela barijere

10.4.3 Akustički aspekti

S obzirom na to da na obema stranama deonice puta borave ljudi, barijera mora da bude apsorpciona prema poglavlju 8.2.1. Dubina iskopa za temelj, dubina temelja mora da bude uglavljena najmanje 300 mm u čvrsti kamen, u skladu sa poglavljem 9.1.2.

Pomoću teorije izložene u poglavlju 10.2 se može izračunati efekat koji će se postići promenom visine barijere za zaštitu od buke u funkciji smanjenja buke na kolovozu. Rezultati su prikazani na slici 21.

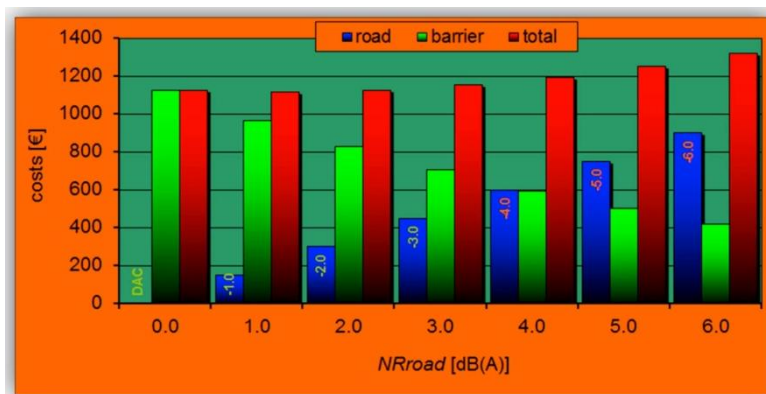


Slika 21: Visina barijere za zaštitu od buke u funkciji smanjenja buke (NR) na površini

Iz slike 21 se može videti da, ako se primeni tihi kolovoz sa smanjenjem buke od 4 dB(A), visina barijere može biti približno 2 m niža.

10.4.4 Troškovi

Ukoliko su poznati (dodatni) troškovi pri ugradnji tihog kolovoza (na primer, 10 €/m²) i barijere (na primer, 250 €/m²), moguće je izračunati ukupne troškove koji bi nastali primenom mera za smanjenje nivoa buke, kao što su tihi kolovozi i barijere. Rezultati ovog pilot obračuna prikazani su na slici 22.



Slika 22: Troškovi primene tihih kolovoza i barijera

Iz slike 22 sledi da je, uz ove pretpostavke, optimalno smanjenje buke na kolovozu približno 1 dB(A). U ovom slučaju bi primena SMA i 50 cm niže barijere za zaštitu od buke bila optimalna u odnosu na troškove.

Kao što je već rečeno, trebalo bi imati na umu da rezultati u velikoj meri zavise od primenjenih funkcija troškova.

11 REFERENCE

- ¹ Direktiva 2002/49/EC, koja se odnosi na procenjivanje i upravljanje bukom u čovekovom okruženju, 25. jun 2002.
- ² SRPS EN 1793-1, Uređaji za smanjenje saobraćajne buke – Metode ispitivanja za određivanje akustičke performanse – Deo 1: Osnovne karakteristike apsorpcije zvuka, 1. septembar 1997.
- ³ SRPS EN 1793-2, Uređaji za smanjenje saobraćajne buke – Metode ispitivanja za određivanje akustičke performanse – Deo 2: Osnovne karakteristike izolacije od vazdušnog zvuka, 1. septembar 1997.
- ⁴ Uređaji za smanjenje saobraćajne buke – Metode ispitivanja za određivanje akustičke performanse – Deo 3: Normalizovani spektar saobraćajne buke, 1. septembar 1997.
- ¹ ISO 13472-1, “Merenje svojstava apsorpcije zvuka kolovoznih površina in situ – Deo 1: Produženi površinski metod”, 2002;
- ² ISO 10534-1, “Određivanje koeficijenta apsorpcije zvuka i impedanse u impedansi cevi – Deo 1: Metod korišćenja koeficijenta stajaćih talasa”, 1996;
- ³ ISO/CD-11819-2, “Metod merenja uticaja kolovoznih površina na saobraćajnu buku-Deo 2: ‘Metod merenja učinka buke u neposrednoj blizini’”;
- ⁴ ISO 11819-1, “Metod merenja uticaja kolovoznih površina na saobraćajnu buku-Deo 1: ‘Statistička metoda merenja buke pri prolasku vozila’”;
- ⁵ Uputstvo za implementaciju tihih kolovoza, FEHRL Izveštaj 2006/02, 2006
- ⁶ W. van Kulen i J. Šudebom, O numeričkim efektima zamene tihih kolovoza tipovima kolovoza koji nisu tihi na kružnim raskrsnicama” 13^{de} Međunarodni kongres o zvuku i vibracijama, Venen 2006.
- ⁷ Metod merenja uticaja kolovoznih površina na saobraćajnu buku-Deo 2: ‘Metod merenja nivoa buke u neposrednoj blizini – Deo 2: ‘Metod merenja nivoa buke u neposrednoj blizini’, ISO/CD-11819-2
- ⁸ Metod merenja uticaja kolovoznih površina na saobraćajnu buku-Deo 1: ‘Statistička metoda merenja buke pri prolasku vozila’, ISO 11819-1
- ⁹ ISO 354, Akustika –Merenje apsorpcije zvuka u refleksionoj komori 2003.

12 SPISAK RELEVANTNIH STANDARDA

- SRPS ISO 1996-1:2010 identičan ISO 1996-1:2003 ISO/TC 43/SC1
Akustika - Opis, merenje i procenjivanje buke u čovekovom okruženju – Deo 1: Osnovne količine i procedure
- SRPS ISO 1996-2:2010 identičan ISO 1996-2:2007 ISO/TC 43/SC1
Akustika - Opis, merenje i procenjivanje buke u čovekovom okruženju – Deo 2: Određivanje nivoa buke u čovekovom okruženju
- SRPS EN 14388:2008 (en) identičan EN 14388:2005
Uređaji za smanjenje saobraćajne buke – Specifikacije
- SRPS EN 14388:2008/AC:2011 (en) identičan EN 14388:2005/AC:2008 CEN/TC 226
Uređaji za smanjenje saobraćajne buke – Specifikacije
- SRPS EN 14389-1:2011 (en) identičan EN 14389-1:2007 CEN/TC 226
Uređaji za smanjenje saobraćajne buke – Procedure za dugoročnu procenu performanse – Deo 1: Akustičke karakteristike
- SRPS EN 14389-2:2008 (en) identičan EN 14389-2:2004
Uređaji za smanjenje saobraćajne buke – Procedure za dugoročnu procenu performanse – Deo 2: Neakustičke karakteristike
- SRPS EN 1793-3:2008 (en) identičan EN 1793-3:1997
Uređaji za smanjenje saobraćajne buke – Metode ispitivanja za određivanje akustičke performanse – Deo 3: Normalizovani spektar saobraćajne buke
- SRPS CEN/TS 1793-4:2008 (en) identičan CEN/TS 1793-4:2003
Uređaji za smanjenje saobraćajne buke – Metode ispitivanja za određivanje akustičke performanse – Deo 4: Osnovne karakteristike – Vrednost difrakcije zvuka na licu mesta
- SRPS CEN/TS 1793-5:2008 (en) identičan CEN/TS 1793-5:2003
Uređaji za smanjenje saobraćajne buke – Metode ispitivanja za određivanje akustičke performanse – Deo 5: Osnovne karakteristike – Vrednost refleksije zvuka i izolacija od vazdušnog zvuka na licu mesta
- SRPS EN 1794-1:2008 (en) identičan EN 1794-1:2003
Uređaji za smanjenje saobraćajne buke - Neakustičke karakteristike – Deo 1: Mehaničke performanse i zahtevi za stabilnost
- SRPS EN 1794-2:2008 (en) identičan EN 1794-2:2003
Uređaji za smanjenje saobraćajne buke - Neakustičke karakteristike – Deo 2: Zahtevi za opštu bezbednost i okolinu