

R. Vukić*

POTEŠKOĆE PRI IZRADI AKUSTIČKIH PRORAČUNA I PROJEKATA ZAŠTITE OD BUKE CESTOVNOG PROMETA

UDK 656.1:613.644
PRIMLJENO: 12.1.2007.
PRIHVACENO: 6.8.2007.

SAŽETAK: Za razliku od mjerenja na terenu, temeljni način utvrđivanja razine i načina širenja buke, a time i mjera zaštite, prometa sa cestovnih prometnica, osobito budućih, planiranih, predstavlja simulacija pomoću akustičkog proračuna. Niz okolnosti dovodi do nepreciznosti tijekom akustičkog proračuna i time do nepouzdanosti rezultata o kojima ovise dva temeljna aspekta projekta zaštite od buke cestovnog prometa: veličina investicije u elemente zaštite od buke i djelotvorna zaštita stanovnika uz predmetnu prometnicu. Određene odredbe važećeg pravilnika o zaštiti od buke pridonose nepreciznosti akustičkog proračuna. U radu je ukazano na nepreciznost pojedinih parametara pri izradi akustičkog proračuna buke cestovnog prometa koji utječu na točnost rezultata. Akustički proračun je složen i zahtjevan postupak koji se, zbog naravi zvuka kao fizikalne pojave, paradoksalno provodi u vremenskoj stisci, i to nakon što su svi drugi dijelovi projekta cestovne prometnice već završeni, uz čest nedostatak razumijevanja naručitelja o važnosti projekta zaštite od buke i nerijetku percepciju proračuna kao smetnje. Pojedinačno su raspravljani ulazni parametri akustičkog proračuna i ukazano na njihov utjecaj na rezultate proračuna. Akustički proračun moguće je provesti "ručno" pomoću određenog skupa računskih postupaka ili pomoću cjelovitog računalnog programa. Ulazni parametri, kao što su dnevni broj vozila, udio teretnih vozila, zatim svojstva prometnice, kao što su nagib, vrsta kolničkog zastora i drugi, bitno utječu na rezultate akustičkog proračuna. Konfiguracija terena, prirodne i umjetne zapreke također presudno utječu na širenje zvuka. U članku je ukazano na kontrolna mjerenja kao način uzimanja u obzir nepreciznosti parametara u akustičkom proračunu i projektu zaštite od buke u svrhu djelotvorne i realne zaštite od buke.

Ključne riječi: cestovni promet, zaštita od buke, akustički proračun, ulazni parametri, nepreciznost, rezultati

UVOD

U Republici Hrvatskoj su Pravilnikom o najvišim dopuštenim razinama buke u sredinama u kojim ljudi rade i borave, ovisno o zoni namjene i/ili uporabe prostora, propisane razine buke koje ne smiju biti prijedene na vanjskom prostoru. Stoga je u svakom građevinsko-arhitektonskom projektu cestovne prometnice obvezno uključen i

projekt zaštite stanovništva uz predmetnu prometnicu od buke koju će stvarati budući promet motornih vozila.

Bez obzira radi li se o projektu rekonstrukcije postojeće prometnice ili, pogotovo, o potpuno novoj trasi, razinu buke cestovnog prometa mjerodavnu za izradu projekta zaštite nije moguće odrediti mjerenjem razine buke na terenu koju stvara postojeći promet, jer će se i u slučaju rekonstrukcije postojeće prometnice promijeniti određen broj, a ponekad i svi parametri koji utječu na razinu buke budućeg cestovnog prometa.

* Mr. arh. Robert Vukić, dipl. ing. arh., Ured ovlašt. arhitekta R. Vukić, Tratinska 68, 10000 Zagreb.

Stoga se za određivanje mjerodavne razine buke koju će stvarati promet motornih vozila i projektiranje odgovarajućih mjera i elemenata zaštite primjenjuju razrađeni proračunski postupci. Budući da vlastite metode u Republici Hrvatskoj zasad još uvijek ne postoje, primjenjuju se strane, prvenstveno njemačke metode, opisane u odgovarajućim normama i smjernicama (RLS-90, 1992., DIN 18005, 1987.), a u posljednje vrijeme i EU preporučene metode za proračun razine buke cestovnog prometa. Pri tome je preliminarni akustički proračun moguće provesti "ručno", ili pomoću cjelovitih specijaliziranih računalnih programa (*Manual Program System Lima, 2005.*), u koje su integrirane spomenute norme, smjernice i metode.

Kojim god načinom se provodio proračun, potreban je niz ulaznih podataka/parametara, od kojih neke nije moguće točno odrediti/procijeniti, što može imati za posljedicu značajno odstupanje rezultata proračuna od buduće stvarne razine buke te neodgovarajuću zaštitu okolnog stanovništva i/ili nerealnu procjenu investicije u mjere i elemente zaštite od buke. Uz to, nekoliko odredbi Pravilnika o najvišim dopuštenim razinama buke u sredinama u kojim ljudi rade i borave isto tako imaju za posljedicu nepreciznost područja na koja se odnose i time na mjerodavnu dopuštenu razinu buke u zonama uz predmetnu prometnicu. U nastavku će biti razmotreni spomenuti parametri akustičkog proračuna.

PARAMETRI AKUSTIČKOG PRORAČUNA

U Republici Hrvatskoj se za akustički proračun razine buke prometa na cestovnim prometnicama najčešće primjenjuju njemačke norme i smjernice iz tog područja. To su:

- DIN 18005 Teil 1, Schallschutz im Städtebau - Berechnungsverfahren, Mai 1987 (Zaštita od buke u gradogradnji - Proračunski postupak, svibanj 1987.)
- Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen RLS-90, Ausgabe 1990 (Smjernice za zaštitu od buke na cestama RLS-90, izdanje 1990.)

- NMPB/XPS 31-133 (Nouvelle Methode de Prediction du Bruit, 1996.); (Nova metoda za predviđanje buke) - EU preporučena metoda.

U ovim regulativnim dokumentima obuhvaćena su dva temeljna izvora buke cestovnih motornih vozila:

- ceste
- promet u mirovanju.

Za provođenje proračuna i točnost rezultata akustičkog proračuna veoma je važna preciznost, odnosno što realnija procjena sljedećih ulaznih parametara - podataka:

- temeljni ulazni podatak o gustoći prometa na određenoj cestovnoj prometnici predstavlja prosječan promet (broj vozila koja se prevezu određenom točkom ili dionicom prometnice) po jednom danu tijekom godine i tijekom ljeta. Iz ovih podataka se određuje mjerodavna jačina prometa po satu i mjerodavan udio teretnih motornih vozila;
- ako je dostupan, izravno se primjenjuje podatak o mjerodavnoj jačini prometa (broj vozila) po satu, odvojeno za razdoblja od 6.00 do 22.00 sata te od 22.00 do 6.00 sati;
- ukoliko je dostupan, izravno se primjenjuje podatak o prosječnom udjelu teretnih motornih vozila (više od 2,8 t dopuštene ukupne mase) u ukupnom broju vozila po satu, isto tako odvojeno za razdoblja od 6.00 do 22.00 sata te od 22.00 do 6.00 sati;
- najviša dopuštena brzina prometovanja osobnih vozila;
- najviša dopuštena brzina prometovanja teretnih vozila;
- vrsta završnog kolničkog zastora;
- uzdužni nagib kolnika (uzbrdice i nizbrdice);
- vrsta zapreke/plohe u slučaju jednostrukog reflektiranja zvuka na strani suprotnoj od mjesta prijama;
- duljina tlocrtno okomitog razmaka između mjesta izvora i mjesta prijama zvuka;
- srednja visina između tla i vezne linije mjesta izvora i mjesta prijama zvuka;

- srednja visina potpornih zidova, zidova za zaštitu od buke ili pročelja zgrada u slučaju višestruke refleksije zvuka;
- razmak reflektirajućih ploha u slučaju višestruke refleksije zvuka;
- razmak mjesta izvora od (prvog djelotvornog) ogibnog ruba protuzvučne barijere;
- razmak (posljednjeg djelotvornog) ogibnog ruba protuzvučne barijere od točke prijama;
- zbroj razmaka između više ogibnih rubova protuzvučne barijere;
- razmak mjesta prijama zvuka od sljedećeg sjecišta osi kolničkih trakova koji se križaju ili susreću;
- najveća duljina - dijagonala (javne) parkirališne površine;
- razmak središnje točke (javne) parkirališne površine od točke prijama zvuka;
- vrste motornih vozila koja će se koristiti parkiralištom;
- broj pokreta vozila po parkirališnom mjestu i satu;
- broj parkirališnih mjesta na parkirališnoj površini;
- vrsta parkirališta prema namjeni (uz željezničke stanice - Parkiraj i nastavi javnim prijevozom (engl. park and ride), odmorišta i benzinske postaje;
- vrsta parkirališta prema vrsti vozila (osobna vozila, motocikli, teretna vozila i autobusi).

U navedenim njemačkim normama i smjernicama se u slučaju djelovanja samih prometnica, bez udjela parkirališta, razlikuju postupci akustičkog proračuna za:

- "dugi, ravni kolnički trak"
- pojedinačne odsječke kolničkog traka
- zaštitu od buke na dugim, ravnim cestama sa standardnim poprečnim presjecima.

Utjecaj vlage na cesti ne uzima se u obzir.

O točnosti navedenih ulaznih podataka ovise svi daljnji izračunati parametri, međurezultati te krajnje izračunate brojčane vrijednosti ocjenske razine buke za dan i noć koje se uspoređuju s najvišim dopuštenim razinama buke prema

Pravilniku o najvišim dopuštenim razinama buke u sredinama u kojim ljudi rade i borave.

NEPRECIZNOST ULAZNIH PODATAKA

Što veća preciznost potrebnih ulaznih podataka akustičkog proračuna je vrlo važna za realan izračun razine buke u okolišu. Nepreciznost navedenih ulaznih parametara i podataka može imati za posljedicu značajnu netočnost rezultata akustičkog proračuna i time nerealan prikaz stvarnog budućeg ili postojećeg stanja razine buke cestovnog prometa te potrebnih mjera protuzvučne zaštite.

Dok je niz ulaznih podataka i parametara moguće razmjerno točno odrediti, precizno utvrđivanje vrijednosti jednog dijela je razmjerno problematično ili čak nemoguće.

Nepreciznost akustičkih parametara

Temeljni ulazni podatak o prosječnoj gustoći prometa na određenoj cestovnoj prometnici (broju vozila koja prođu određenom točkom ili dionicom prometnice) po jednom danu tijekom godine i tijekom ljeta dobiva se i u slučaju postojećeg prometa procjenom - izračunom, budući da se uglavnom temelji na kratkotrajnom brojanju prometa (*Kamber, Rački, Grabovac, 2005.*). Kad je riječ o projektiranju nove, ili rekonstrukciji postojeće prometnice, na temelju brojanja i procjene postojećeg prometa u predmetnom zemljopisnom području moguće je samo veoma približno pretpostaviti model razvoja gustoće i sastava prometa na novoj prometnici. Naime, za takvo predviđanje potrebno je uzeti u obzir razred i značaj projektirane prometnice, zatim koje će zemljopisne regije i naselja povezivati te hoće li potaknuti intenzivnije korištenje motornih vozila u područjima kojima će prolaziti. Pri tom je relevantna i ocjena trenutnog te predviđanje budućeg gospodarskog stanja tih područja, a o kojoj također ovisi broj vozila na planiranoj prometnici.

Predviđena jačina prometa, koja se koristi pri projektiranju kapaciteta buduće prometnice i svojstava kolničkog zastora, nije mjerodavna za proračun razine buke, jer se temelji na drukčijim zahtjevima i kriterijima, npr. habanja i potrebnog

obnavljanja kolničkog zastora. Svi aspekti upravo opisanog razmatranja odnose se i na udio teretnih motornih vozila kao značajan činitelj porasta razine buke na budućoj prometnici. Već nepostojanje podataka o mjerodavnoj jačini prometa po satu, danju i noću, u akustički proračun unosi element približnosti, jer se u tom slučaju ovaj podatak izračunava iz tablica sadržanih u navedenim normama i smjernicama i ne mora nužno biti sasvim u skladu s budućim stvarnim intenzitetom prometa na terenu. Međutim, u slučaju projektiranja novih prometnica to je jedina alternativa, jer bi pretpostavljanje podataka o mjerodavnoj jačini prometa po satu bilo previše nesigurno.

Stoga i nakon pažljivog razmatranja, promišljanja i procjenjivanja, odabrani podatak o intenzitetu prometa na budućoj prometnici treba promatrati s velikom rezervom.

Najviše dopuštene brzine prometovanja osobnih i teretnih vozila precizno su utvrđene u projektnim podacima buduće prometnice, a jedinu nepreciznost predstavljaju moguća prekoračenjima ograničenja brzine nekog broja motornih vozila, osobito na brzim prometnicama.

Vrsta završnog kolničkog zastora je isto tako precizno određena projektom buduće prometnice. Eventualna nepreciznost ovog parametra mogla bi potjecati od promjene strukture i teksture kolničke obloge tijekom vremena te time njezinih zvučno-tehničkih svojstava.

Podaci o topografskim obilježjima područja kojima će prolaziti buduća cestovna prometnica, prije svega o reljefu i visinskim kotama terena, a zatim i o vegetaciji, te izgrađenim površinama, presudni su za točnost akustičkog proračuna. Njihova nedostatnost, ili nepotpunost, osobito podataka o visinskim kotama, može imati za posljedicu potpuno netočne rezultate proračuna, jer se u tom slučaju ne uzima u obzir dodatna zaklonjenost ili izloženost točaka prijama zvuka zbog topografskih svojstava terena. Za provođenje akustičkog proračuna pomoću specijaliziranih računalnih programa nužan je ulazni podatak - cjelovit trodimenzionalni model terena za područje na kojem se proračun provodi. Takav model često ne postoji ili nije dostupan, pa ga je u tom slučaju potrebno izraditi, što je vremenski i novčano veoma zahtjevan postupak za koji skoro

nikad nisu predviđena sredstva i vrijeme u ukupnom terminskom planu izrade projekta predmetne cestovne prometnice. Ručno provođenje akustičkog proračuna je pak vrlo mukotrpno i vremenski zahtjevno, uz potrebnu veliku koncentraciju, a u slučaju složenih i problematičnih reljefa često i nemoguće u realnom vremenu. Opisane okolnosti i pritisci često imaju za posljedicu nužno, a ponekad i ekstremno pojednostavljenje reljefa terena od projektanta zaštite od buke i time grube netočnosti u izračunatim razinama zvuka na točkama prijama.

Geometrijski parametri samih točaka izvora i prijama zvuka isto tako mogu biti uzrok značajnih nepreciznosti u akustičkom proračunu. Osobito problematični su podaci o stvarnoj visini i namjeni zgrada u području protuzvučne zaštite, jer ih je praktički nemoguće sa sigurnošću očitati iz zemljopisnih, ili ortofotogrametrijskih karata. Projektant protuzvučne zaštite često nema mogućnost dobivanja podataka s terena, niti novčane i vremenske resurse za samostalan odlazak na teren, pa podatke o stvarnoj visini i namjeni zgrada, koja čak može varirati po katovima, često samo pretpostavlja. Stoga su i ti podaci mogući izvor značajnih pogreški u rezultatima akustičkog proračuna.

Kad je riječ o akustičkom proračunu budućih projektiranih parkirališta, u slučaju nepostojanja točnijih podataka o broju pokreta vozila po parkirališnom mjestu i satu uzimaju se približni podaci iz navedenih njemačkih smjernica, što opet može imati za posljedicu odstupanje rezultata proračuna od budućih realnih razina zvuka s predmetnih prometnih površina.

U navedenim njemačkim smjernicama ne uzima se u obzir utjecaj vlage na cesti, dok je pretpostavljen lagani vjetar od prometnice prema mjestu prijama i/ili temperaturna inverzija. Drukčiji stvarni meteorološki uvjeti te vlaga na cesti uzrokovat će drukčije stvarne razine buke.

Neažurnost prostornih dokumenata i nedorečenost pravilnika

Akustički proračun širenja zvuka s cestovnih prometnica i pratećih građevina provodi se prvenstveno u svrhu zaštite stanovništva uz predmetnu prometnicu od nedopuštenih razina buke (Rauft, 1994.). Tijekom izrade projekata

zaštite od buke dobivaju se podaci o položaju zgrada u izloženim područjima prvenstveno iz ortofotogrametrijskih zračnih snimaka ili detaljnih topografskih karata, dok su zone namjene prostora uz buduću prometnicu vidljive iz dokumenata prostornog uređenja: planova uređenja prostora.

Ortofotogrametrijske zračne snimke uobičajeno su razmjerno ažurne i trebale bi odgovarati stvarnom stanju izgrađenosti na terenu, premda to nije uvijek slučaj. Do ozbiljnijih nedoumica u svezi odnosa prema izgrađenim objektima u akustičkom proračunu može doći nakon superpozicije zračnih snimaka i prostornih planova koji često nisu u skladu s najnovijim stanjem izgrađenosti (slika 1); (Vukić, Damić, 2005.).



Slika 1. Neusklađenost prostornih planova i stvarnog stanja izgrađenosti
Figure 1. Disharmony between regional planning and actual situation

U tom trenutku javlja se problem načina tretiranja zgrada koje se nalaze izvan zona gradnje, odnosno namjene i/ili korištenja, koje su predviđene odgovarajućim prostornim planom (Porger, 1995.). Čak i uz kontaktiranje nadležnih službi na terenu, često je teško utvrditi jesu li zgrade izvan zona prostornih planova nelegalne, legalne, ili će biti legalizirane. O njihovom pravnom statusu, pak, ovisi hoće li biti uključene u akustički proračun i obuhvaćene mjerama zaštite

od buke. Uz to se, osobito u Republici Hrvatskoj i drugim državama na području bivše Jugoslavije, u područjima zahvaćenim ratom postavlja pitanje jesu li pojedine zgrade/kuće na području trase buduće cestovne prometnice nastanjene te, ako nisu, hoće li biti ponovo nastanjene. Te podatke je vrlo mukotrпно, a ponekad i nemoguće saznati.

Na obuhvat akustičkog proračuna i mjera zaštite od buke uz planiranu cestovnu prometnicu, osim neusklađenosti stvarnog stanja izgrađenosti i prostornih planova, utječu i pojedine odredbe Pravilnika o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave. U članku 7. navodi se da "Razina buke od novoizgrađenih građevina prometne infrastrukture ...na granici planiranog koridora

prometnice ne prelazi ekvivalentnu razinu buke od 65 dB(A) danju, odnosno 50 dB(A) noću." Budući da su navedene dopuštene vrijednosti za 10, odnosno 5 dB(A) više od dopuštenih vrijednosti za zonu mješovite, pretežito stambene namjene, a za 15, odnosno 10 dB(A) blaže od najstrožih dopuštenih vrijednosti razina buke imisije u otvorenom prostoru, određenih u Tablici 1. istog pravilnika, postavlja se pitanje u kojoj fazi izrade projekta prometnice i prema kojim

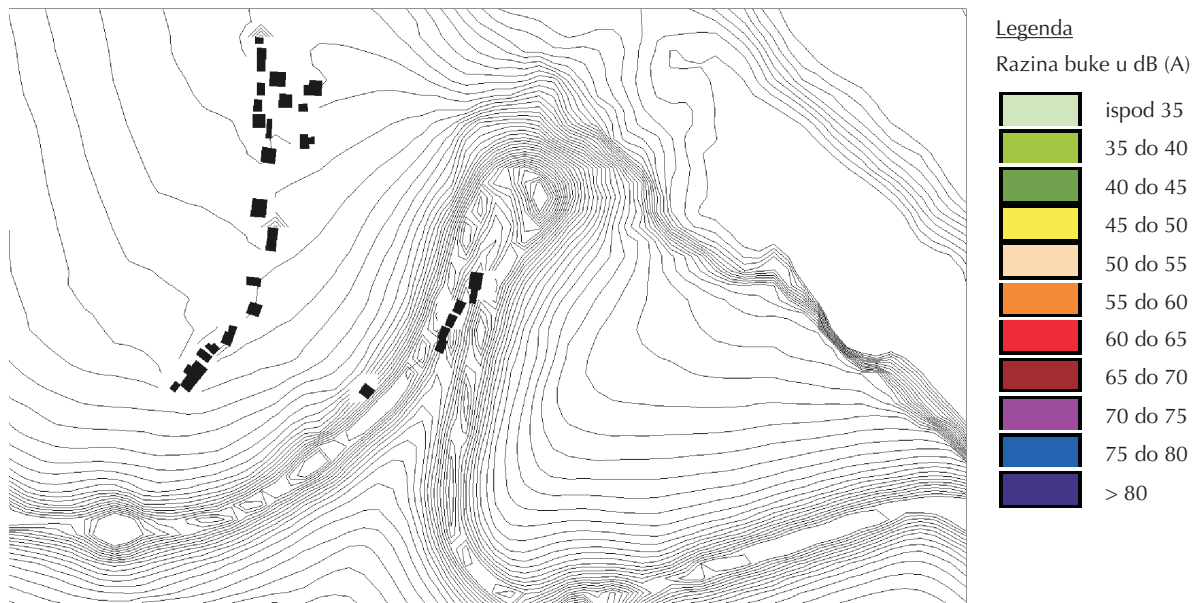
kriterijima se određuje širina planiranog koridora prometnice. Naime, iako su u Zakonu o javnim cestama definirani pojmovi cestovnog zemljišta, zemljišnog pojasa i zaštitnog pojasa uz cestovnu prometnicu, iz njih nije moguće jednoznačno odrediti "koridor" prometnice koji se u ovom zakonu izrijekom nigdje ne navodi. U nekim slučajevima se pojas zone namjene "infrastruktura", koji uvijek postoji u prostorno-planskoj dokumentaciji, može smatrati planiranim koridorom prometnice.

POSljedICE ZA STANOVNIKE UZ PROMETNICU I INVESTITORE

Između raznih izvora buke u razvijenim zemljama, najznačajniji izvor smetnje predstavlja buka cestovnog prometa. Utjecaj buke na psihofiziološko stanje čovjeka je dobro poznat. Razina buke od 30 do 59 dB(A) još je podnošljiva, ali se već zamjećuje kao neugodna. Od 40 dB(A) nastupaju smetnje spavanja. Pri razini buke od 60 do 89 dB(A) vegetativni živčani sustav je pojačano opterećen, razumljivost govora je smanjena, a od 85 dB(A) je potrebna zaštita sluha.

Razina buke od 70 dB(A) i više, pri kućama u blizini planirane prometnice, nije rijetkost u slučaju jače opterećenih prometnica s većim dopuštenim brzinama prometovanja. Razina buke na točkama prijama viša od 60 dB(A) uz jako opterećene prometnice se često javlja i u slučaju vrlo niskih dopuštenih brzina prometovanja (slika 2); (Vukić, Jelčić, 2005.). Svaki propust pri projektiranju zaštite od buke uz cestovne prometnice će stoga kod izloženih stanovnika imati za posljedicu veliku opterećenost bukom te značajne psihičke i fiziološke smetnje.

U obrnutom slučaju, uzimanje u obzir svih ulaznih podataka i parametara na strani sigurnosti za stanovništvo uz prometnicu, ili u slučaju prije opisanih nedoumica i nedostajućih podataka (npr., nepostojanje ili nedostupnost trodimenzionalnog modela terena, nepoznat pravni status kuća uz prometnicu, itd.), opet može imati za posljedicu nerealne rezultate akustičkog proračuna u drugom smjeru, zbog kojih može doći do značajnih prekoračenja potrebnih duljina i visina elemenata, odnosno građevina za zaštitu od buke uz buduću prometnicu. Posljedica za investitora prometnice bi u tom slučaju bilo značajno povećanje novčanih troškova gradnje, kao i produljenje rokova, pri čemu je oboje najčešće neprihvatljivo.



Slika 2. Visoka razina buke pri niskim brzinama zbog velikog broja vozila

Figure 2. High level of noise caused by a large number of vehicles moving at low speed

NAČIN UZIMANJA U OBZIR NETOČNOSTI PREDVIĐANJA

Na prvi pogled projektiranje zaštite od buke uz cestovne prometnice može izgledati kao bilo koji uobičajen inženjerski zadatak optimizacije, tj. ispunjavanja predviđene namjene uz što manji utrošak novca i vremena. Međutim, od tih zadataka se projektiranje zaštite od buke uz prometnicu razlikuje u nekoliko važnih aspekata. Na primjer, u slučaju statičkog proračuna nekog dijela zgrade, ili strojarskog proračuna nekog dijela opreme, ulazni podaci o statičkom ili dinamičkom opterećenju su razmjerno dobro poznati, a nepreciznosti i odstupanja se u proračunu uzimaju u obzir pomoću obveznih čimbenika sigurnosti.

U slučaju projektiranja elemenata zaštite od buke uz prometnice, u akustičkom pogledu ne postoje obvezni ili neobvezni čimbenici sigurnosti, jer izloženost buci nema za posljedicu neposrednu i trenutnu ugroženost života i zdravlja stanovnika uz prometnicu.

Međutim, u našem okružju značajan problem pri projektiranju i izvedbi elemenata zaštite od buke predstavlja nedostatna razina svijesti o neposrednom i posrednom djelovanju te štetnosti i negativnom utjecaju buke prometa na psihofiziološko stanje, a zatim i zdravlje čovjeka. Investitor, ali i inženjeri voditelji cijelog projekta buduće prometnice nerijetko poimaju projekt zaštite od buke kao formalnost, doduše neizbježnu, jer je propisan Zakonom o zaštiti od buke kao obvezni sastavni dio projekta prometnice. Troškove projektiranja, a osobito izvedbe, elemenata zaštite od buke investitor često poima kao nepotrebno opterećenje financijskog plana projekta i gradnje prometnice i pokušat će ih na svaki način smanjiti. Ova želja može predstavljati pritisak na projektanta zaštite od buke da, u slučaju mogućnosti odabira ili nedorečenosti ulaznih podataka i parametara akustičkog proračuna, primijeni one koji će rezultirati što manjim građevinskim zahvatima u svrhu zaštite od buke, ili ih učiniti nepotrebним, bez obzira na nedoumice u pogledu zaštite okolnog stanovništva od buke.



Slika 3. Barijere za zaštitu od buke uz cestovnu prometnicu

Figure 3. Noise protection barriers along a road

Netočnosti i nepreciznosti predviđanja ulaznih podataka i parametara pri projektiranju zaštite od buke uz cestovne prometnice bi prije svega trebalo pokušati izbjeći ili svesti na najmanju moguću mjeru. Budući da to često nije moguće, preostaje samo jedan način za postizanje optimalne zaštite od buke stanovništva uz buduću prometnicu uz što manje troškove za investitora prometnice. Radi se o "umjerenom" pristupu projektiranju zaštite od buke prema ovim načelima:

- ako postoje predviđanja o budućoj opterećenosti prometnice za više godina unaprijed, primjenjuje se podatak za jednu od godina s umjerenijim rastom broja vozila, a ne za investitora najnepovoljniji podatak
- najvažniji dio "umjerenog" pristupa projektiranju i izvedbi zaštite od buke uz cestovne prometnice predstavljao bi niz kontinuiranih višegodišnjih kontrolnih mjerenja, u odgovarajućim zonama namjene i/ili uporabe prema dokumentima prostornog uređenja, stvarne razine buke na terenu nakon izgradnje planirane prometnice. Svrha tih mjerenja je provjera pretpostavki izvornog projekta zaštite od buke i, ako bi bilo potrebno, projektiranje i izvedba dodatnih elemenata zaštite od buke u područjima na koja ukazuju mjerni podaci o razinama buke s terena.

Čini se da jedini realan način projektiranja i izvedbe elemenata zaštite od buke uz cestovne prometnice predstavlja kombinacija računalne simulacije širenja buke i naknadnih mjerenja razina buke nakon izvedbe elemenata, odnosno provedbe mjera zaštite od buke (slika 3).

ZAKLJUČAK

Projektiranje elemenata i mjera zaštite od buke uz buduće cestovne prometnice je složen i zahtjevan proces koji uključuje mnogobrojne, često teško odredive ili nedostupne, ulazne podatke i parametre. Uz to, nedostatna svijest o ozbiljnosti negativnog utjecaja buke na psihofizičko stanje i zdravlje čovjeka u našem okružju često imaju za posljedicu formalistički pristup projektu zaštite od buke investitora

prometnice i voditelja ukupnog projekta, pri čemu za izradu projekta zaštite od buke od naručitelja nerijetko nisu pripremljeni svi potrebni podaci, uz predviđeno veoma kratko vrijeme za izradu projekta, nedostatan za temeljit pristup projektiranju. S druge strane, izvedba elemenata i provedba mjera zaštite od buke uz cestovne prometnice predstavlja značajan financijski izdatak u ukupnoj investiciji izgradnje prometnice, pa je i u tom pogledu presudna izrada realnog projekta zaštite od buke, kojim bi u što većoj mjeri bila osigurana optimalna zaštita stanovništva uz buduću prometnicu, a mjere zaštite predviđene na uistinu ugroženim dionicama.

S obzirom na opisanu opsežnost ulaznih podataka i složenost akustičkog proračuna, praktički jedini način za postizanje tog cilja predstavlja plan osmišljenih višegodišnjih periodičkih mjerenja stvarne razine buke s predmetne cestovne prometnice nakon puštanja u promet te po potrebi izvedba dodatnih elemenata za zaštitu od buke i/ili provođenje dodatnih mjera zaštite. Negativne posljedice izloženosti čovjeka buci cestovnog prometa pretežno nisu odmah vidljive, ali dugoročno vrlo negativno utječu na psihofiziološku udobnost, radnu sposobnost, a visoke razine buke mogu narušiti i zdravlje.

LITERATURA

DIN 18 005 Teil 1 - Schallschutz im Städtebau, Berechnungsverfahren, Mai 1987; DIN 18005 Dio 1 - Zaštita od zvuka u gradogradnji, Proračunski postupak, svibanj 1987.

Kamber, I., Rački, D., Grabovac, D.: O uspješnosti procjenjivanja prosječnog prometa, *Ceste i mostovi*, 7-9, 2005., 46-55.

Manual Promagram System Lima, Stapelfeldt Ingenieurgesellschaft mbH, version 4.41, Dortmund, 2005.

Porger, K.-W.: *Immissionsschutz in Bauabwägungsplänen*, Bauverlag GmbH, Wiesbaden, 1995.

Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredinama u kojim ljudi rade i borave, N.N., br. 145/04.

Predgrade 3000 - strategijska platforma za umrežena središta, dostupno na: www.projektrelations.de/pix/pressematerial/download/69_Foto6_website.jpg

Ranft, F.: *Ökologische Modernisierung von Wohnsiedlungen*, Bauverlag GmbH, Wiesbaden, 1994.

Smjernice za zaštitu od buke na cestama RLS-90 (Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen RLS-90), Der Bundesminister für Verkehr, Abteilung Straßen: Ausgabe, 1992.

Vukić, R., Damić, H.: *Idejni projekt zaštite od buke na cestovnom koridoru Vc, Lot 4: Mostar sjever - južna granica*, Institut građevinarstva Hrvatske d.d., Zavod za zgradarstvo, Zagreb, 2005

Vukić, R., Jelčić, M.: *Studija utjecaja na okoliš trajektnog pristaništa Stinica i pristupne državne ceste, dio Zaštita od buke*, Institut građevinarstva Hrvatske d.d., Zavod za zgradarstvo, Zagreb, 2005.

Zakon o javnim cestama, N.N., br. 180/04.

Zakon o zaštiti od buke, N.N., br. 20/03.

DIFFICULTIES IN ACOUSTIC CALCULATIONS AND NOISE PROTECTION PROJECTS FOR ROAD TRAFFIC

SUMMARY: Unlike the typical field measurements, the chief method for determining the level of noise and its propagation, as well as the protection measures for future planned roads is by simulation employing the acoustic calculation. A whole range of factors affects the precision of the acoustic calculation resulting in the unreliability of the results on which rest the two basic aspects of the noise protection projects realized for road traffic: the extent of the investment and the effectiveness of the protection for the population living near the road. There are also certain provisions in the valid regulations on noise protection that contribute to the imprecision in acoustic calculations. The paper indicates the imprecision of certain parameters in the development of the acoustic calculation of the noise in road traffic which affect the accuracy of the results. Acoustic calculation is a complex and demanding procedure conducted, as a rule, in a time squeeze, regularly after all other segments in the project have been completed and with a frequently encountered lack of the investor's understanding of the importance of noise protection and with the perception that such a calculation is an unnecessary impediment. Input parameters in the acoustic calculation are separately treated, and so are their effects on the results of the calculation. The acoustic calculation may be carried out "manually", with a set of calculation procedures or with the help of an integral computer program. The input parameters, such as the daily number of vehicles, the percentage of freight vehicles, road characteristics such as the slope, type of paving, etc., significantly affect the results of the acoustic calculation. The ground configuration and natural and artificial obstacles also greatly affect the propagation of noise. The paper shows the need for control measurements as a method of accounting for imprecision of parameters used in the acoustic calculation and in the noise protection project aimed at an efficient level of protection.

Key words: road traffic, noise protection, acoustic calculation, input parameters, imprecision, results

*Subject review
Received: 2007-01-12
Accepted: 2007-08-06*