

A. Veladžić, A. Veladžić, E. Bajramović*

UTJECAJ ZIDOVA ZA ZAŠTITU OD BUKE NA SIGURNOST VOZAČA AUTOCESTA U BiH

UDK 629.3.015.6:693.5](497.6)

PRIMLJENO: 25.2.2022.

PRIHVAĆENO: 5.12.2022.

Ovo djelo je dano na korištenje pod Creative Commons Attribution 4.0 International License



SAŽETAK: Najveći izvor buke u urbanim okruženjima je promet koji stvara čak 80 % buke. Iz tog razloga, u Bosni i Hercegovini, ali i regiji, postoji niz propisa, smjernica i zakona donesenih zbog smanjenja buke i negativnih efekata koje buka ima na ljude i okoliš. Ovaj stručni rad, pored općih podataka o buci, prezentira relevantne propise i zakonski okvir u Europskoj uniji i Bosni i Hercegovini. Analizirani su i akcijski planovi za zaštitu od buke te predstavljeni svi čimbenici i mjere za zaštitu od buke u prometu. Prilikom projektiranja objekata za zaštitu od buke, u obzir se moraju uzeti različiti parametri poput okoliša, geografskih karakteristika terena, vremenskih uvjeta, postojeće infrastrukture, vrste i namjene prometnica i sl. Rad također analizira aspekte koji se moraju uzeti u obzir prilikom odabira i izgradnje objekata za zaštitu od buke te način na koji oni mogu utjecati na sigurnost sudionika u prometu i korisnike objekata koji se nalaze blizu prometnica. Ovi efekti prikazani su na primjerima iz prakse u regiji te Bosni i Hercegovini. Kao otvoreno pitanje, tematiziran je nedovoljno istražen sigurnosni potencijal objekata za zaštitu od buke.

Ključne riječi: buka, sigurnost vozača, autocesta, promet, zidovi za zaštitu od buke

UVOD

Iako su kao glavni izvori zagađenja okoliša najčešće prepoznate emisije štetnih čestica kao posljedica korištenja fosilnih goriva te neadekvatno zbrinjavanje otpada, buka je također jedan od čimbenika koji mogu značajno utjecati na ugrožavanje životnog okruženja.

Iz tog razloga, mnoge zemlje donose zakonske propise kojima se utvrđuju mjere za izbjegavanje i sprječavanje buke te štetnih utjecaja na zdravlje ljudi koje uzrokuje buka u okolišu.

Buka, naročito posljednjih desetljeća, ima višestruko negativan utjecaj na zdravlje ljudi, naročito u velikim, gusto naseljenim gradovima.

Prema rezultatima istraživanja o buci i njezinom štetnom djelovanju oko 20 % stanovništva Europe živi u područjima gdje su razine prometne buke štetne za zdravlje. Prema procjeni Svjetske zdravstvene organizacije (SZO), 113 milijuna ljudi pogođeni su dugotrajnom dan-noć razinom saobraćajne buke od najmanje 55 dB-a (*European Environment Agency: Environmental noise in Europe, 2020.*).

Nekada se smatralo da je djelovanje buke ograničeno na organ sluha, ali je danas, na osnovi opsežnih i sistematskih ispitivanja, ustanovljeno da je njezino djelovanje mnogo složenije. Buka negativno utječe na opće zdravlje i dobrobit na isti način kao i kronični stres. Osim toga, buka ugrožava centralni i vegetativni živčani sustav, preko čega utječe na kardiovaskularni i metabolički sustav. Među brojnim negativnim psihološkim posljedicama najčešće smetnje su oštećenje sluha i tinitus, frustracija, povišen prag reagiranja

*Asmin Veladžić, B.A. inž. maš. (asmin@avcon.ba), AVCON d.o.o., Branislava Nušića bb, 71000 Sarajevo, BiH, Aida Veladžić, dipl. ing. arh., AVCON d.o.o., Ramiza Salčina 244, 71000 Sarajevo, BiH, Emir Bajramović, BSc, BE Consulting, Put Armije BiH 103, 77000 Bihać, BiH.

na stres te s njima povezani negativni učinci na mentalno zdravlje (*World Health Organization, Regional Office for Europe: Environmental Noise Guidelines for the European Region, 2018.*).

OPĆENITO O BUCI

Buka je, najjednostavnije rečeno, svaki neugodan ili neželjen zvuk. Zvuk je po definiciji longitudinalni mehanički val koji se može prostirati u čvrstim tijelima, tekućinama i plinovima. Mehanički valovi koje ljudsko uho može registrirati su valovi frekvencije od 16 Hz (infrazvuk) do 20.000 Hz (ultrazvuk); (*Špelić, 2015.*).

Svaka zvučna pojava (zujanje, šum, galama, lupa, govor i sl.) koja ometa rad ili odmor i time mijenja normalno stanje okoline predstavlja buku, bez obzira na udaljenost i vrstu izvora, doba dana ili noći.

Vrsta buke

Prema podrijetlu, buka se dijeli na industrijsku i buku okoliša. Prema vremenskom trajanju, ona može biti kratkotrajna ili dugotrajna. Prema izgledu frekvencijskog spektra, razlikuje se širokopojašna i uskopojasna buka te diskretan ton (*Miloloža, 2016.*).

Prema razini zvučnog vala i frekvenciji, buka može biti:

- trajna/nepromjenjiva: javlja se u predionicama i električnim centralama. Karakteristika trajne buke je da su razina zvučnog tlaka i spektar frekvencija na jednom mjestu konstantni tijekom vremena;
- isprekidana: najčešća vrsta buke, javlja se npr. kod ekscentar preša. Karakteristika isprekidane buke jest da se na jednom mjestu mijenjaju razine zvučnog tlaka i spektar frekvencija;
- impulsna: zvučni događaj kratkog trajanja i relativno visokog zvučnog tlaka; promjena veća od 40 dB unutar 0,5 sekundi. Primjer impulsne buke je svaki udarac kratkog trajanja (eksplozija, udar, pucanj iz pištolja i sl.).

Izvori buke

Izvori buke su određena mjesta na kojima nastaje i odakle se počinje širiti zvuk. Glavni izvori buke su:

- u vanjskom prostoru: promet, industrija, građevinski i javni radovi, sport i zabava;
- u zatvorenom prostoru: servisni uređaji, uređaji za distribuciju glazbe, uređaji za komunikaciju, kućanski aparati (*Špelić, 2015.*).

Najveći izvor buke u urbanim okruženjima jest promet. Nakon prometa, značajnu buku proizvode i parkirališta te životinje i svakodnevne aktivnosti stanara. Manji izvori buke proizlaze iz rada poslovnih subjekata (ne uključujući restorane, diskoteke, zabavne parkove, određena industrijska postrojenja), dječje igre, ventilacije i liftova.

Kod buke nastale prometom, pri malim brzinama, dominantan izvor buke jest buka motora, dok pri većim brzinama buka nastaje zbog interakcije pneumatike i vozne površine. O vrsti vozila, njegovoj brzini i kategoriji ovisi i njegova zvučna snaga, tj. razina buke koju može proizvesti (*Grubeša et al., 2019.*).

Velik broj provedenih terenskih istraživanja ukazuje na visoku učestalost psiholoških smetnji kod osoba koje su nastanjene u krajevima s intenzivnim prometom (pored prometnih cesta ili autocesta). Takve osobe češće osjećaju „izrazit umor“, „nervozu želuca“ i „glavobolje“, nego stanovnici u predjelima s normalnim razinama buke (*Špelić, 2015.*).

Zaštita od buke u cestovnom prometu

Buka od cestovnog prometa smatra se linijskim izvorom buke. Čimbenici koji utječu na razinu buke u okolini prometnice mogu se podijeliti na:

1. urbanističke (prostorna orijentacija zgrada i sl.);
2. građevinske (položaj prometnice i dr.);
3. tehničke (vozilo kao izvor buke);
4. prometne (struktura prometnog tijeka, gustoća, brzina prometnog tijeka) i
5. psihološke (subjektivni osjećaj smetnji zbog buke); (*Špelić, 2015.*).

Uzimajući u obzir činjenicu da promet (cestovni, željeznički, zračni) proizvodi više od 80 % štetnih zvučnih pojava tj. buku, godinama su se razvijale različite mjere zaštite odnosno smanjenja emisije buke na prometnicama.

Mjere za sprječavanje emisije buke na samom izvoru nazivaju se primarnim mjerama. Ovakve mjere uključuju ograničenje brzine na cestama, posebnu organizaciju prijevoza (npr. ograničavanje vožnje teretnih vozila noću) te edukaciju vozača s ciljem usmjeravanja ka umjerenijoj vožnji i poštovanju ograničenja brzine. Također, primarne mjere uključuju i izgradnju manje bučnih cesta koje moraju biti redovno održavane ali i korištenje manje bučnih guma. Nadalje, postoje i građevinsko-tehničke mjere za zaštitu od buke pomoću kojih se opterećenje bukom, uzrokovano cestovnim prometom, svodi na neznatnu mjeru ili se smanjuje u toj mjeri da ne prelazi dopuštenu vrijednost zvučne emisije na zaštićenim područjima ili objektima (*Špelić, 2015.*). Kroz ovaj rad tematizirat će se aktivne građevinsko-tehničke mjere zaštite od buke.

Građevinske mjere kojima se štiti od buke su:

- *nasadi*: akustičko smanjenje buke postiže se tek kada je biljni pojas širi od 50 m;
- *nasipi za zaštitu od buke*: duge zvučne brane izrađene od prirodnih zemljanih materijala kao što su zemlja, kamen, stijene ili šljunak;
- *nasipi za zaštitu od buke s ugrađenim zidom*: predviđaju se u slučajevima kada nema dovoljno prostora za pravi zemljani nasip;
- *strmi nasipi*: imaju potporne betonske (kamen) konstrukcije koji se nasipaju humusom i ozelenjavaju, predviđaju se u slučajevima kada nema dovoljno prostora za pravi zemljani nasip;
- *zidovi za zaštitu od buke*: izgradnja zidova za zaštitu od buke predviđa se kada nema dovoljno raspoloživog prostora za običan ili strmi nasip, kao i na mostovima, što je u praksi najčešći slučaj.

Zidovi za zaštitu od buke

Zidovi za zaštitu od buke su dugačke građevinske čiji presjek odgovara uspravnom pravokutniku, a koje se grade zbog ublažavanja posljedica zagađenja bukom u urbanom okolišu.

Zidovi za zaštitu od buke su efikasni u zaštiti od prekomjerne buke uz prometnice, a ujedno mogu ograničiti širenje prašine i smoga. Pored toga, daju određenu privatnost stanovnicima koji žive pored prometnica, štiteći ih od pogleda vozača.

Zidovi za zaštitu od buke odlikuju se, osim različitim zvučnim karakteristikama, otpornošću na visoka statička i dinamička opterećenja, na koroziju i vremenske utjecaje. Dugotrajni su, jednostavno se ugrađuju i održavaju, a imaju i određeni estetski efekt, uzimajući u obzir da se mogu raditi u različitim bojama i materijalima.

Odabir mjesta postavljanja zidova, visinu zidova i kvalitetu apsorpcije buke, projektant bira na osnovi modela proračuna buke. Paneli koji se koriste za zaštitu od buke mogu biti podijeljeni na transparentne i netransparentne. U zavisnosti od korištenog materijala paneli, kojima se grade zidovi za zaštitu od buke, dijele se na:

- aluminijske panele;
- reflektirajuće panele;
- drvene panele;
- kamene panele;
- armirano-betonske panele;
- panele sa zelenim zasadima i
- zidove za zaštitu od buke izrađene od armiranih nasipa i gabiona.

Propisi i zakoni za zaštitu od buke

Buka se regulira sljedećim propisima, standardima i zakonima u zemljama Europske unije:

- Direktiva 2002/49/EC Europskog Parlamenta i Vijeća od 25.06.2002. koja se odnosi na procjenu i upravljanje bukom u okolišu (*Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25*

June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise),

- EN 1793-1:2017 je europski standard koji se odnosi na uređaje za smanjenje buke u cestovnom saobraćaju. Ovaj standard utvrđuje laboratorijsku metodu za mjerenje performansi apsorpcije zvuka uređaja za smanjenje buke od cestovnog saobraćaja u slučaju pojave jeke ili eha.
- EN 1794-1:2018+AC:2019 je europski standard koji se odnosi na uređaje za smanjenje buke u cestovnom saobraćaju – nekustične performanse.
- Dodatni tehnički ugovorni uslovi i smjernice ZTV-Lsw 06 (*Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Ausführung von Lärmschutzwänden an Straßen*), odnose se na izgradnju bukobrana na cestama i moraju biti sastavni dio svih građevinskih ugovora koji se odnose na izgradnju zidova za zaštitu od buke na svim cestama kojima upravljaju tijela državne uprave.
- Dodatni tehnički propisi i smjernice ZTV-Lsw 88 (*Zusätzliche Technische Vorschriften und Richtlinien für die Ausführung von Lärmschutzwänden an Straßen - Ausgabe 1988*) odnose se na izgradnju bukobrana na cestama.

U Bosni i Hercegovini na snazi su zakoni iz oblasti zaštite okoliša na entitetskoj (*Zakon o zaštiti od buke Federacije BiH i Zakon o zaštiti životne sredine Republike Srpske*) i na kantonalnoj razini.

Zakon o zaštiti od buke Federacije BiH, donesen 2012. godine, predviđa sljedeće mjere kojima se ostvaruje zaštita od buke:

- sprječavanje nastanka buke;
- kontrola namjene prostora i prostorni raspored stvarnih i potencijalnih izvora buke u odnosu na prostore osjetljive na buku, što mora biti uključeno prije određivanja i odobravanja novih namjena u prostoru i u objektima svih namjena gdje borave ljudi;
- smanjenje broja izvora buke;
- propisivanje zvučne izolacije u skladu s namjenom prostora kod novih objekata;

- praćenje, kontrola i bilježenje razine buke;
- zabrana rada za sve namjene, odnosno izvore koji izazivaju buku iznad graničnih vrijednosti;
- otklanjanje buke ili ograničenje iste na dopuštenu razinu;
- ograničenje rada izvora buke tijekom noći i u neradne dane;
- izrada karata buke postojećih izvora buke i monitoring;
- izrada karata buke na osnovi modela za sve planirane promjene u prostoru koje mogu ugroziti, odnosno povećati razinu buke u ugroženim prostorima prema odredbama ovog zakona i
- uklanjanje ili promjene namjene objekta.

Navedenim zakonom propisano je da se zaštita od buke koja nastaje na svim vrstama postojeće prometne infrastrukture mora uskladiti s dopuštenom razinom buke, vremenskim ograničenjem, zabranom korištenja bučnih prometnih sredstava, rekonstrukcijom prometnica ili pruga, izradom zvučnih prepreka uz poboljšanje izolacije prozora, fasada i sl. Nadalje, zakonom je propisan i rok za usklađivanje zaštite od buke s dopuštenom razinom buke na prometnicama koje su u nadležnosti Federacije BiH te su propisane odredbe za mjerenje i vrednovanje razine buke. Mjerenje i vrednovanje razine buke izvodi se prema međunarodnim standardima ISO 1996/1, 2996/2 i 1996/3; BAS ISO 9612 i BAS EN 60804.

ZNAČAJ SIGURNOSTI NA AUTOCESTAMA

Zakon o osnovama sigurnosti prometa na putevima u BiH, donesen 2006. godine, utvrđuje osnovne uvjete koje ceste moraju zadovoljiti s aspekta sigurnosti prometa. Ovi uvjeti jedinstveni su za cijelo područje Bosne i Hercegovine. Osim uvjeta za ceste, navedeni zakon propisuje i niz mjera ponašanja u prometu radi održavanja sigurnosti ljudi, životinja i okoliša.

Prema službenim statistikama, stopa smrtnosti u prometu u BiH je oko 10,3 poginulih na 100.000 građana, što je oko tri puta više nego u zemljama zapadne Europe. Istraživanjima je

utvrđeno da samo u Federaciji BiH ima oko 250 poginulih i preko 6.800 povrijeđenih osoba svake godine, zbog čega ekonomija Federacije BiH gubi preko 400 milijuna eura godišnje (preko 5 % svojeg godišnjeg BDP-a) ako se uzmu u obzir ukupni troškovi medicinskog liječenja, oštećenje imovine, administrativni rad, gubitak produktivnosti itd.

Tablica 1 uspoređuje elemente cestovnog prometa u Bosni i Hercegovini sa zemljama EU-a. Npr. Francuska koja ima značajno veći broj stanovnika, duljinu javnih cesta, veći broj automobila i gušći promet, na 100.000 stanovnika ima 178 poginulih i ozlijeđenih osoba, dok BiH ima 268.

Zbog trenda rasta broja prometnih nesreća i sve većeg broja žrtava, provodi se niz projekata za povećanje sigurnosti u prometu. Kao rezultat ovih projekata, izrađen je i Akcioni plan sigurnosti saobraćaja Federacije BiH 2011-2020. (2011.) u kojem se navodi da je sigurnost cestovnog prometa multisektorsko pitanje koje zahtijeva multidimenzionalni sustav upravljanja te odgovarajuće tehničke i financijske izvore. To bi omogućilo da odgovorne agencije razviju i implementiraju odgovarajuće strategije, politike i planove te koordiniraju različite sudionike uključene u cestovnu sigurnost na svim razinama.

Tablica 1. Elementi cestovnog prometa u Bosni i Hercegovini u usporedbi sa zemljama EU-a

Table 1. Elements of road transport in Bosnia and Herzegovina in comparison with EU Countries

Država	Stanovništvo (u 1.000)	Površina (km ²)	Ukupna dužina javnih cesta (km)	Gustoća drumske mreže (km/100 km ²)	Broj mot. vozila (u 1.000)	Pog. na 100 000 stanovnika	Pog. i ozlj. na 100 000 stanovnika
Belgija	10 263	30 518	149 018	488.3	5 737	14.5	462
Danska	5 368	43 094	71 951	166.9	2 476	8.6	133
BiH	3 864	51 209	22 759	44.4	731.8	10.7 (13.9)	268
Francuska	59 344	544 000	996 118	183.3	35 396	12.9	178
Njemačka	82 440	357 020	626 248	175.4	53 306	8.3	439
Slovenija	1 964	20 253	20 250	100	1 046	13.7	523
Švedska	8 909	411 000	212 000	51.6	4 936	6.0	178

IZVOR: Polazne osnove strategije sigurnosti drumskog saobraćaja u Bosni i Hercegovini (2008.-2013.), 2008.

Infrastruktura na tom putu ima ključnu ulogu. Sve ceste u BiH moraju se projektirati, graditi, opremiti i održavati tako da odgovaraju svojoj namjeni i zahtjevima sigurnosti prometa. Kvalitetno projektiranje cesta može pomoći ljudima da ih koriste na siguran način te smanjiti rizik od nesreća. Kada dođe do prometne nesreće, zaštitna infrastruktura ceste može značiti razliku između života i smrti.

Čimbenici koji utječu na sigurnost prometa

Postoje četiri osnovna čimbenika koji utječu na prometne nesreće:

1. **čovjek kao subjektivni čimbenik** – Na ponašanje čovjeka kao sudionika u prometu mogu djelovati različiti čimbenici poput umora, bolesti, djelovanja opojnih tvari i alkohola, nedovoljno znanje i iskustvo u upravljanju vozilom, motivi, navike i slično. Pored toga, čovjek svojim nesavjesnim djelovanjem može činiti greške/prekršaje u prometu kao vozač (nepropisno pretjecanje, prestrojavanje, skretanje i okretanje, neprilagođena brzina, skretanje s ceste i sl.) ili kao pješak (nepropisno kretanje u prometu, nepoštovanje znakova) koje u konačnici dovode do nezgoda.

2. **čimbenik put** – Nedostaci i dotrajala cestovna infrastruktura, neispravna signalizacija i oprema na cesti te pogrešno projektirane ceste mogu negativno utjecati na sigurnost u prometu.
3. **čimbenik vozilo** – Neispravnost vozila, njegova starost i karakteristike mogu bitno utjecati na sigurnost prometa. Iz tog razloga, zakonom su propisani redovni tehnički pregledi koji osiguravaju tehničku ispravnost svakog vozila na cesti.
4. **čimbenik okolina** – Pod čimbenikom okoline podrazumijevaju se vremenski uvjeti (magla, kiša, snijeg, led...) te ostali geografski uzroci koji otežavaju vidljivost, izazivaju nepredviđene okolnosti i uvjete čime onemogućavaju pravilno upravljanje vozilom.

Mnogobrojna istraživanja pokazuju da su prometne nesreće u pravilu rezultat simultanog djelovanja ne jednog, već više navedenih čimbenika, od čega je najdominantniji ljudski čimbenik.

Propisi i smjernice za sigurnost i opremanje autocesta

Sustav sigurnosti prometa iznimno je kompleksan zbog širine problema koji varira vrstom, prirodom i načinom utjecaja te je njime teško upravljati. Strategije sigurnosti cestovnog prometa u Bosni i Hercegovini podrazumijevaju donošenje planova, strateških i operativnih ciljeva te provođenje dodatnih aktivnosti u cilju osiguranja ljudi, imovine i okoliša (*Polazne osnove strategije sigurnosti drumskog saobraćaja u Bosni i Hercegovini 2008.–2013., 2008.*).

Većina zemalja članica UN-a u procesu su usklađivanja svojih strategija i akcijskih planova s UN Decenijom akcije i s njezinih preporučenih pet razina za uvođenje „sigurnih sustava“ prometa. Predviđeno je jačanje kapaciteta i razvoj intervencija i aktivnosti na sljedećim razinama:

- *Razina 1:* Upravljanje sigurnošću prometa (uspostavljanje i jačanje kapaciteta za upravljanje sigurnošću prometa, propisi o sigurnosti prometa, sustav podataka o nezgodama, strategija i akcijski planovi sigurnosti prometa te pokazatelji djelovanja i praćenje);

- *Razina 2:* Sigurnije ceste i mobilnost (projekti sigurnih cesta, preventivne aktivnosti, aktivnosti u cilju smanjenja prometnih nezgoda (identifikacija i sanacija „crnih točaka“ itd.));
- *Razina 3:* Sigurnija vozila (standardi vozila, provjera tehničke ispravnosti vozila, nasumične provjere vozila na cesti);
- *Razina 4:* Sigurniji korisnici ceste (osposobljavanje kandidata za vozače i vozački ispiti, kampanje o sigurnosti prometa, prometno obrazovanje i odgoj djece, rad prometne policije);
- *Razina 5:* Djelovanje nakon sudara (usluge hitne medicinske službe, zajednička poduka spasioca/policije/hitne medicinske pomoći, bolničke hitne službe); (*Polazne osnove strategije sigurnosti drumskog saobraćaja u Bosni i Hercegovini 2008.–2013., 2008.*).

Radi osiguranja sigurnosti na cestama, prihvaćene su *Smjernice za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na cestama*, koje je donijela Direkcija Cesta Federacije BiH i JP „Putevi Republike Srpske“, a iste sadrže knjige iz sljedećih područja:

- Knjiga 1: Projektiranje
- Knjiga II: Građenje
- Knjiga III: Održavanje puteva
- Knjiga IV: Nadzor na putevima.

Mjere za zaštitu od prometne buke

Poglavlje 6 (*Put i životna sredina, Knjiga I: Projektovanje*) navedenih smjernica jasno definiira što je potrebno poduzeti u cilju smanjenja prometne buke koja negativno utječe na kvalitetu života i sudionike u prometu. Te aktivnosti mogu se klasificirati kao aktivne i pasivne mjere za zaštitu od buke.

Smanjenje negativnih utjecaja buke na okolinu moguće je ostvariti ako se na odgovarajući način primijene različite mjere. Najvažnije mjere prema *Smjernicama za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima* su:

- Preventivne prostorne i prometno-tehničke mjere – osnovna namjena preventiv-

nih, prostornih i prometno-tehničkih mjera jest smanjenje prometa na cestama. Ovim mjerama predviđeno je: smanjenje opsega i utjecaja prometa odgovarajućim projektom unutar propisa o uređenju prostora za stambene površine i objekte/površine koji se koriste za različite aktivnosti; osiguranje prijevoznih sredstava koja nisu štetna za okolinu; promoviranje nemotoriziranog prometa i ograničavanje izvođenja pojedinog neželjenog motornog prometa primjenom restriktivnih mjera; udaljavanje objekata od ceste zbog njihove zaštite od buke; planiranje područja duž ceste; očuvanje područja predviđenih za izgradnju objekata za izolaciju buke; određivanje odgovarajućih građevinskih oblika objekata za izolaciju buke u urbanističkim planovima; utvrđivanje namjene zemljišta i izdavanje građevinskih dozvola duž puteva za objekte kojima ne smeta buka; uspostavljanje funkcionalno definirane mreže cesta koja omogućava uspostavljanje zaštićenih stambenih područja i povezivanje individualnog motornog prometa na magistralne ceste i ceste većeg kapaciteta.

- Preventivne građevinsko-tehničke mjere – prilikom planiranja cesta, potrebno je razmotriti sljedeće mjere koje se odnose na zaštitu od buke: uložiti napore da se ostvari najveća moguća udaljenost između puta i područja koje zahtijeva zaštitu, predmetnim položajem osigurati ujednačen tijek prometa (bez oštih izbočina i velikih uzdužnih nagiba), predvidjeti građevinske mjere na cestama i objektima koji se na istima nalaze, situacija terena treba osigurati minimalnu promjenu brzine kao i smanjenje ubrzavanja i kočenja, situaciju u područjima usjeka i/ili iznad terena treba razmotriti s obzirom na zaštitu od buke, planirati trase bez raskrižja te graditi nove ceste duž postojećih izvora buke (npr. željezničke pruge).
- Prometno-organizacijske mjere – trebaju obuhvatiti mjere za uređenje, uključujući propisane prometno-tehničke kao i prometno-pravne mjere.
- Prometno-tehničke mjere – potrebne su za zaštitu prirodnog i stambenog okruženja

od buke koja nastaje kao rezultat izvođenja prometa; trebaju podrazumijevati sljedeće: poboljšanje tijeka prometa (koordinacija prometne svjetlosne signalizacije smanjuje buku koja nastaje kao rezultat kretanja i kočenja vozila), smanjenje broja zaustavljanja vozila noću produžavanjem vremena zaustavljanja, isključivanje prometne svjetlosne signalizacije noću, izvođenje kružnih raskrižja umjesto postavljanja prometne svjetlosne signalizacije, obilaznice, usporavanje prometa u stambenim područjima, smanjenje brzine kretanja i postizanje ujednačene vožnje.

- Prometno-pravne mjere – uključuju sljedeće: zabrana izvođenja prometa u određenim razdobljima (npr. noću), zabrana izvođenja prometa na određenim dijelovima ceste (npr. za teretna vozila s određenom dopuštenom ukupnom težinom) i ograničenje brzine uz odgovarajuću kontrolu.
- Prometno-tehničke mjere na cestama – odnose se na zaštitu okoline od buke te trebaju obuhvatiti mjere koje se odnose na izradu zastora kao i postavljanje zaklona.
- Prometno-tehničke mjere na objektima – kada je riječ o uređenju prostora, fokus treba biti na postojećoj prometnoj infrastrukturi. Način na koji će biti planirana gradnja prema urbanističkim planovima, direktno će utjecati na različit stupanj efikasnosti zaštite od buke prirodne okoline i stambenih objekata. Pored načina izgradnje, također je značajno pravilno pozicioniranje objekata na građevinsku parcelu, oblik i tlocrt objekta, kao i građevinske mjere koje se primjenjuju na objektima (npr. zidovi koji apsorbiraju buku); (*Smjernice za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima, 2005.*).

Utjecaj objekata za zaštitu od buke na sigurnost sudionika u prometu

Objekti za zaštitu od buke mogu biti relativno velike i upadljive strukture koja se ne uklapa u okoliš. Stoga se važno fokusirati na estetska i vizualno zadovoljavajuća rješenja u pogledu urbane okoline „iza“ prepreke (za stanovnike područja koji žive u blizini prepreka i gledat će ih

svakodnevno) te „ispred“ prepreke (za sudionike u prometu; putnike). Nadalje, ljudi provode veliki dio vremena u prometu, stoga je važno to vrijeme učiniti pozitivnim iskustvom, između ostalog nastojeći osigurati da ceste ne budu monotone, ali i da ne odvlače pozornost ili zbunjuju sudionike u prometu.

Pri planiranju i projektiranju objekata za zaštitu od buke sljedeći aspekti sigurnosti sudionika u prometu moraju se uzeti u obzir (*Bendtsen, 2010.*):

- Zvučne prepreke i zemljani nasipi ne smiju ograničavati vidno polje za sudionike u prometu na raskrižjima, autobusnim stajalištima, pješačkim prijelazima i sl.;
- Visoke prepreke mogu izazvati sjene i dovesti do poledice i leda na cestama;
- Razmotriti potencijalan rizik posljedice sudara sudionika u prometu s preprekom za zaštitu od buke, a posebno u slučajevima gdje zidovi za zaštitu od buke obavljaju i funkciju zaštitnih odbojnih ograda;
- Razmotriti mogućnost podjele prepreke za zaštitu od buke na modularne dijelove, čime bi se u slučaju sudara, uništavanja ili vandalizma omogućila zamjena samo određenog oštećenog elementa;
- S posebnom pozornošću projektirati postavljanje putokaza, vertikalne i horizontalne signalizacije te javne rasvjete;
- Kod projektiranja i izgradnje prepreka, posebnu pozornost obratiti na psihološki efekt koji će imati na vozače. Osnovni cilj trebao bi biti izbjegavanje efekta tunela za vozače. To se može relativno lako izbjeći, naprimjer, promjenom boja, materijala i visine instalacije, kao i uvođenjem elementa koji su u kontrastu sa cjelinom;
- Prepreka od buke od zemljanog nasipa treba jasno naglašavati pravac puta kako bi se spriječila vizualna distrakcija vozača;
- Duži objekti za zaštitu od buke mogu u potpunosti onemogućiti sudionicima u prometu pogled na okolinu, znamenitosti i druge lokalne točke orijentacije. To se može izbjeći smanjenjem visine zaštitnog zida ili korištenjem transparentnih materijala. Druga opcija je da se zid za zaštitu od

buke ili njegovi dijelovi pretvore u orijentir koji će pomoći sudionicima u pozornosti;

- Prilikom odabira materijala, boja i površinskih struktura važno je uzeti u obzir reflektiranu svjetlost. Površine objekata za zaštitu od buke ne bi trebale reflektirati svjetlost koja bi mogla ometati pozornost;
- U odgovarajućim intervalima neophodno je postaviti vrata za izlaz u slučaju opasnosti, kako bi se sudionicima u prometu omogućilo da brzo napuste cestu u slučaju nesreće;
- U slučaju dugih, zasađenih zemljanih nasipa, poželjno je u jednakim intervalima uspostaviti očišćene staze preko nasipa za upotrebu u hitnim slučajevima. Ove staze također trebaju biti obilježene znakovima i rasvjetom. Vrata i staze za slučaj opasnosti mogu se postaviti na mjestima već postojećih telefona za hitne slučajeve;
- Zbog prilagođavanja i povezivanja prebivališta za životinje duž autoceste, često je potrebno izgraditi nadvožnjake koji su isključivo predviđeni za prelazak životinja (tzv. ekodukti, zeleni mostovi). Ovi objekti moraju imati zaštitu od svjetlosti i akustičnu izolaciju (*Smjernice za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima, 2005.*);
- U slučaju prometa ispod objekata (mostova ili vijadukta), potrebno je predvidjeti postavljanje armiranih reflektirajućih prepreka od akrilnih ploča ili polikarbonata, kako bi se osigurala sigurnost sudionika prometa ispod objekta od krhotina u slučaju pucanja. U skladu sa Smjernicama za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima (2005.), konstrukcije za zaštitu od buke trebaju omogućiti unutrašnju i vanjsku povezanost svih dijelova tako da je prilikom deformacije ili oštećenja onemogućeno ispadanje ili odvajanje oštećenih dijelova.

Primjeri u praksi

Rezultati mjerenja prometne buke provedenog u zgradi Iller Inc. Samsun banke, na cesti Samsun-Sinop u Turskoj, pokazuju koliko su objekti za zaštitu od buke značajni za smanjenje utjecaja buke

na korisnike koji se nalaze u neposrednoj blizini prometnica. U ovom slučaju, mjerenja buke izvodila su se prije i nakon ugradnje zvučnih prepreka, tijekom dana (kada je intenzitet prometa najgušći i kada je radno vrijeme odabrane institucije). Kada se pregledaju karte buke napravljene prije ugradnje zaštitnih prepreka, vrijednost buke u objektu dosegala je približno 65-70 dBA. Nakon postavljanja prepreka ta se vrijednost smanjila na približno 50-55 dBA. Ovo istraživanje pokazuje da je tijekom radnog vremena 50 radnika bilo izloženo uznemirujućoj razini buke 60-65 dBA, dok je nakon ugradnje zvučne prepreke broj ljudi izloženih takvoj razini buke pao na 24 (Maras et al., 2016.).

Analiza utjecaja zvučne prepreke na smanjenje buke koju je proveo Centar za ekonomski, tehnološki i okolinski razvoj - CETEOR na prometnici „A transverzala“ (Izveštaj o mjeranju buke na saobraćajnici „A transverzala“, 2020.) pokazuje da je izgradnjom zvučne prepreke prometna buka znatno smanjena.

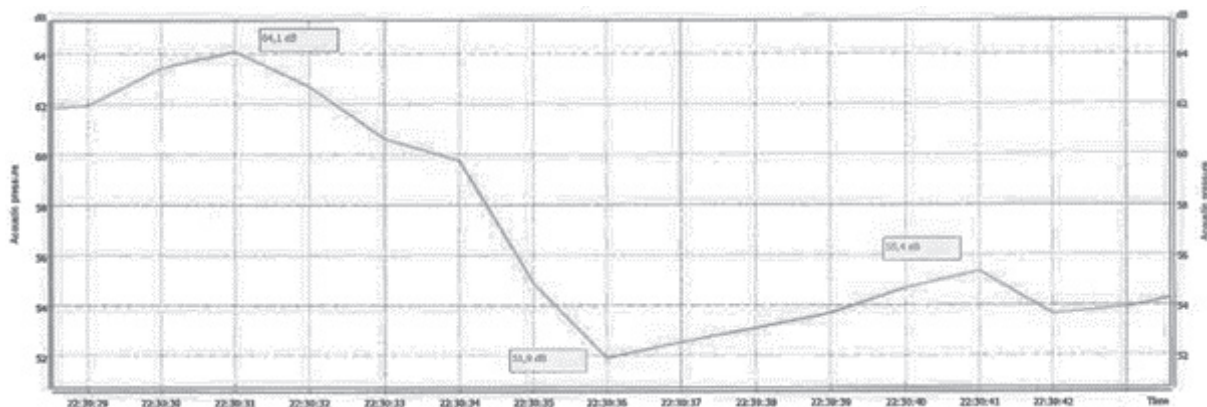
U dijagramu 1 prikazana je razina buke kada se vozilo nalazi u dijelu ceste prije zvučne prepreke te kada vozilo izađe iza zvučne prepreke. Primjetno je da u slučaju kada mjerno mjesto nije zaklonjeno zvučnom preprekom, prilikom dolaska vozila, razina buke raste do 64,1 dB. Kada je vozilo zaklonjeno iza zvučne prepreke, smanjuje se razina buke do 51,9 dB. Po izlasku vozila iza zvučne prepreke, ekvivalentna razina buke povećava se te iznosi 55,4 dB. Na osnovi dijagrama 1 zaključuje se kako zvučna prepreka pridonosi smanjenju razine buke cca. 12 dB.

Praksa je da se na mostovima ili vijaduktima postavljaju transparentne barijere na betonsku sigurnosnu ogradu (BSO, New Jersey). Betonske sigurnosne ograde služe za zaštitu vozila na rubnim dijelovima objekata ili na razdjelnom pojasu autoceste u skladu s rješenjima za rubne vijence, rubnjake i hodnike. Visina betonskog dijela New Jersey ograde na objektima ograničena je na 80 cm (82 cm), a povećanje visine na 110 cm ili više može se postići sa čeličnim rukohvatom. Kako bi se povećala elastičnost ograde i otpornost na nalet vozila, pojedini elementi BSO međusobno se povezuju u lanac skupa s naletnim elementima. Barijere na New Jersey ogradi postavljaju se između čeličnih stupova koji se preko anker ploče vijčanim spojem ankeriraju na vrh BSO, na rasterima ne većim od 2 m. U ovakvim slučajevima ne postavlja se zaštitna čelična ograda koja je prema smjernicama obavezna u funkciji zaštite zadržavanja vozila (posebno teretnih).



Slika 1. Zidovi za zaštitu od buke na vijaduktu Jelovik, na Corridoru Vc

Figure 1. Walls for noise protection on Jelovik viaduct, on Corridor Vc



Dijagram 1. Razina buke prilikom prolaska vozila iza zvučne prepreke

Diagram 1. Noise level when a vehicle passes behind a sound barrier

U sklopu projekta izgradnje zeničke zaobilaznice Koridora Vc, na vijaduktu Jelovik kao što se vidi na slici 1 (*Arhiva kompanije AVCON d.o.o., Sarajevo*), na desnoj strani ugrađena je klasična čelična ograda, dok su na lijevoj strani postavljene transparentni paneli za zaštitu od buke. Na ovaj način izbjegava se nepotrebna kolizija, odnosno zid zvučne prepreke u ovakvim primjerima ima dvojaku ulogu – ulogu bukobrana i dijelom ulogu zaštitne ograde.

ZAKLJUČAK

Iako na sigurnost u prometu utječe niz čimbenika; pravilno planiranje i projektiranje prometnica ključno je za osiguravanje efikasnog i sigurnog prometa. Prilikom procesa planiranja prometnica, zaštita od prometne buke koja negativno utječe kako na sudionike u prometu tako i na okoliš, jako je bitan čimbenik koji mora biti uključen u razmatranje.

Ako su objekti za zaštitu od buke pravilno izvedeni, pravilno se održavaju i koriste, mogu značajno pridonijeti sigurnijem prometu i boljem okolišu. Prije svega, uzimajući u obzir njihovu funkcionalnost, objekti za zaštitu od buke efikasni su u zaštiti od prekomjerne prometne buke te mogu ograničiti širenje prašine i smoga. Pored toga, daju određenu dozu privatnosti stanovnicima koji žive pored prometnica, štiteći ih od pogleda vozača. Ipak, njihova najznačajnija uloga ogleda se u činjenici da značajno smanjuju emisiju prekomjerne buke u okoliš.

Prilikom projektiranja objekata za zaštitu od buke u obzir se moraju uzeti mnogi aspekti poput okoliša, geografskih i meteoroloških karakteristika terena, infrastrukture, vrste i namjene prometnice i sl.

Objekti za zaštitu od buke u gusto naseljenim, urbanim područjima, trebaju biti projektirani drugačije u odnosu na prepreke u otvorenijim prigradskim i seoskim područjima. Pri normalnim brzinama na autocesti, vozači primjećuju opći izgled - formu, boje i teksturu objekata za zaštitu od buke. Na dugim dionicama puta, prepreke od buke i zemljani nasipi ne bi trebali stvarati monotono vizualno okruženje, kako bi vozači mogli ostati fokusirani na vožnju te pravovremeno uočiti prometne znakove.

Nadalje, pravilan odabir objekata za zaštitu od buke može značajno utjecati na uvjete na kolniku poput pojave poledice, klizišta te umanjiti intenzitet brzine vjetra i snježnih nanosa. U uvjetima slabe vidljivosti, magle i padalina te u slučaju prometnih nesreća na mostovima i neprilagođenim terenima, takva vrsta zaštite može predstavljati razliku između života i smrti sudionika u prometu.

Iako je u određenoj mjeri prepoznat, sigurnosni potencijal objekata za zaštitu od buke nije dovoljno iskorišten. Iz tog razloga, potrebno je izvršiti dodatna istraživanja i analize kako bi se istražilo u kojoj mjeri i na koji način objekti za zaštitu od buke mogu izvršavati funkciju odbojnih ograda ili prepreka na prometnicama, radi osiguravanja najboljih mogućih uvjeta za sve sudionike u prometu te ostvarivanja ušteda prilikom gradnje i održavanja autocesta.

LITERATURA

Bendtsen, H.: *Noise Barrier Design: Danish and some European Examples*, University of California Pavement Research Center, Davis, 2010.

Centar za ekonomski, tehnološki i okolinski razvoj – Ceteor: *Izveštaj o mjeranju buke na saobraćajnici „A transversala“*, Sarajevo, 2020. [Arhiva tvrtke AVCON d.o.o. Sarajevo]

Directive 2002/49/EC of European Parliament and of the Council relating to the assessment and management of environmental noise, Official Journal of the European Communities, L189/12, 2002.

European Commission, Environment: Air Quality and Noise Legislation - Module 1: Why are air and noise pollution an issue?, dostupno na: https://ec.europa.eu/environment/legal/law/5/e_learning/module_1_5.htm, pristupljeno 13.1.2022.

Federalno ministarstvo unutrašnjih poslova (FMUP): *Polazne osnove strategije sigurnosti drumskog saobraćaja u Bosni i Hercegovini (2008.–2013.)*, Sarajevo, 2008.

Grubeša, S., Petošić, A., Suhanek, M., Đurek, I.: *Zaštita od buke – zvučne barijere*, *Sigurnost*, 61, 2019., 3, 217 – 226.

Jarosińska, D., Héroux, M-E., Wilkhu, P., Creswick, J., Verbeek, J., Wothge, J., Paunović, E.: Development of the WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: An Introduction, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 15, 2018., 4, 813.

JP Ceste Federacije BiH/ JP: *Putevi Republike Srpske: Smjernice za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima*, Sarajevo/Banja Luka, 2005.

JP Ceste Federacije BiH: *Sigurnost prometa*, dostupno na: <https://jpdcbh.ba/bs/aktivnosti/sigurnost-prometa/20>, pristupljeno: 17.1.2022.

Maras, E. E., Uslu, G., Uslu, A.: Effects of noise barriers on reducing highway traffic noise, *International Referred Journal of Engineering and Science*, 5, 2016., 2, 1-11.

Miloloža, M.: *Onečišćenje bukom*, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2016.

Petrović, Z., Radičević, B., Petrović, Z., Zdravković, N.: *Design of noise protection in urban areas – Case study of an elementary School*, Univerzitet u Kragujevcu, Niš, 2012.

Portal građevinske industrije: *Barijere za zaštitu od saobraćajne buke*, dostupno na: <https://www.gradjevinarstvo.rs/tekstovi/1729/820/barijere-za-zastitu-od-saobracajne-buke>, pristupljeno: 17.1.2022.

Špelić, M.: *Zaštita od buke u prometu*, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2015.

Thompson, R., Smith, R. B., Karim, Y. B., Shen, C., Drummond, K., Teng, C., Toledano, M. B.: Noise pollution and human cognition: An updated systematic review and meta-analysis of recent evidence, *Environment International*, 158, 2022., 106905.

Vlada Federacije BiH, Federalno ministarstvo prometa i komunikacija/JP Ceste Federacije BiH, Dekada akcije UN, *Akcionni plan sigurnosti saobraćaja Federacije BiH 2011-2020*, Sarajevo, 2011.

Zakon o osnovama sigurnosti saobraćaja na putevima u Bosni i Hercegovini, Službeni glasnik BiH, br. 6/06.

Zakon o zaštiti od buke, Službene novine Federacije BiH, br. 110/12.

THE EFFECT OF NOISE PROTECTION WALLS ON THE SAFETY OF HIGHWAY DRIVERS IN BIH

SUMMARY: Traffic is the largest source of noise pollution in urban areas and traffic generates approximately 80% of noise pollution. Thus, there are many regulations, guidelines, and laws in Bosnia and Herzegovina and across the region, adopted to reduce noise emissions and the negative effects of noise on people and the environment. This paper, in addition to general information about noise, presents relevant regulations and legal frameworks in the European Union and Bosnia and Herzegovina. It provides an analysis of the action plans, the relevant factors, and adopted measures for traffic noise protection. When designing noise protection barriers, many segments must be taken into account, such as the environment, geographical and meteorological characteristics of the terrain, infrastructure, type and purpose of the road, etc. The paper presents aspects that must be considered when selecting and designing noise protection barriers and how they may affect the safety of road users and users of surrounding buildings. These effects are analyzed on examples from the region and Bosnia and Herzegovina. Finally, the safety potential of noise protection barriers, which hasn't been sufficiently researched, still remains an open question.

Key words: *noise, safety of highway users, traffic, noise protection barriers*

*Professional paper
Received: 2022-02-25
Accepted: 2022-12-05*