

RUCONBAR betonske barijere za zaštitu od buke s recikliranom gumom

Stjepan Lakušić¹, Ivo Haladin

¹ član suradnik HATZ-a u Odjelu građevinarstva i geodezije

Sažetak: RUCONBAR predstavlja novo, eko-inovativno rješenje betonskih barijera za zaštitu od buke. Inovativan sastav i postupak dobivanja apsorbi-rajućeg sloja izrađenog od reciklirane otpadne gume razvijen je i patentiran na Građevinskom fakultetu u Zagrebu, a cjelokupna proizvodnja izvediva je u hrvatskim pogonima. Ovaj tip barijera se zasniva na ideji upotrebe recikliranih materijala u novom proizvodu, čime se donosi dobrobit u tri područja: (1) zaštiti od buke, (2) gospodarenju otpadom te (3) smanjenoj upotrebi prirodnih resursa.

Cljučne riječi: barijere za zaštitu od buke, otpadne gume, recikliranje, gospo-darenje otpadom

1. Uvod

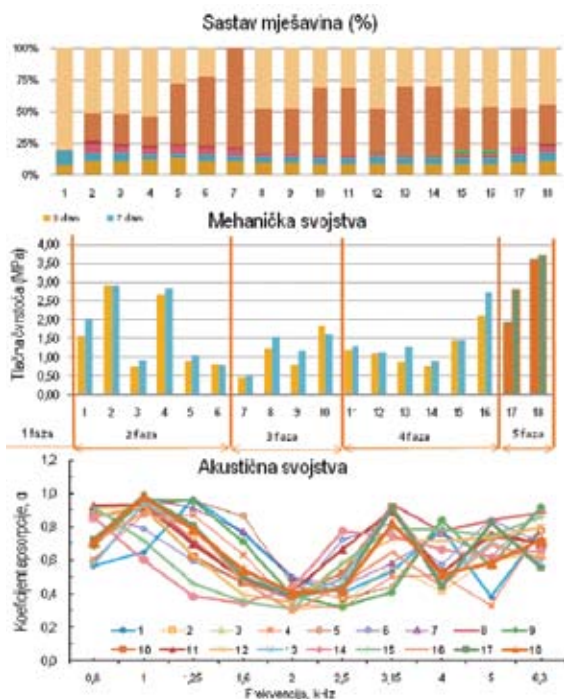
Migracija stanovništva iz ruralnih u urbane sredine, razvoj prometne infrastrukture i porast broja vozila znatno utječe na povećanje razine buke. S ciljem ekološke održivosti prometne infrastrukture u lipnju 2002, EU je donijela Direktivu 2002/49/EC o procjeni i načinima upravljanja bukom poglavito u područjima uz autoceste i željeznicu. Republika Hrvatska uskladila je svoje propise s navedenom direktivom te na taj način preuzela obvezu da će svi budući projekti u cestogradnji i željeznicama obuhvatiti zaštitu od buke okolnih urbanih područja uz prometnice. Primjena barijera za zaštitu od buke predstavlja najčešći i najsigurniji način smanjenja rasprostiranja buke. Odmah nakon postavljanja postiže se efekt smanjenja razine buke na projektom predviđenu razinu. Visine izvedenih barijere pritom variraju od 2 do 5 m, dok duljine barijera ovise o veličini područja koje se štiti. Općenito postoje dva tipa akustičnih barijera: reflektirajuće i apsorbirajuće. Osnovna razlika između ova dva tipa barijera je ta što reflektirajuće odbijaju zvučne valove bez smanjenja njihovog intenziteta, dok apsorbirajuće "upijaju" dio zvučne energije i reflektiraju zvučni val smanjenog intenziteta. Apсорbirajuće barijere u pravilu se izvode kao neprozirne, dok reflektira-

juće mogu biti izvedene od neprozirnih ali i prozirnih materijala. Prema provedenim istraživanjima [1] primjena apsorbirajućih barijera je učestalija. Za potrebe izgradnje barijera za zaštitu od buke danas na tržištu postoje paneli izrađeni od različitih materijala, a najčešće su u upotrebi: beton, drvo, aluminij te transparentni materijali. Apsorpcijski sloj betonskih barijera izrađuje se s dodatkom drvenih vlakana (drvo-betonske barijere) ili granula ekspanzirane gline. Primjenom navedenih materijala djelujemo suprotno održivom razvoju. S obzirom da je danas betonska industrija jedan od najvećih potrošača prirodnih resursa u svijetu. Godišnja potrošnja osnovnih sirovina penje se do vrtoglavih 900 milijuna litara vode, 9 milijardi tona prirodnog agregata te 1.5 milijardi tona cementa [2]. Za proizvodnju betonskih barijera, uz navedeno koriste se znatne količine drvenih vlakana te granule ekspanzirane gline. Proizvodnja tih materijala uzrokuje značajne promjene eko sustava; naime proizvodnja drvenih vlakna zahtjeva sječu šuma, a šume su vrlo važan faktor u korekciji štetnih stakleničkih plinova također, proizvodnja ekspanzirane gline uzrokuje značajno bespovratno trošenje prirodnih resursa ostavljajući ogoljen i devastiran okoliš. Zaštita od buke naselja u blizini novih autocesta provedena je izgradnjom različitih tipova i vrsta zidova za zaštitu od buke. Do 2007. godine u Hrvatskoj su u najvećoj mjeri korištene drvene, aluminijske i transparentne barijere te manjim dijelom gabionske strukture i armirani nasipi. Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu je tijekom 2006. godine u suradnji s dvije hrvatske tvrtke, koje imaju razvijenu tehnologiju proizvodnje pred-

gotovljenih betonskih elemenata, razvio dvoslojne betonske panele za zaštitu od buke s granulama ekspanzirane gline.

2. RUCONBAR barijere za zaštitu od buke

Ideja o razvoju inovativnog ekološki prihvatljivog proizvoda započela je 2008. godine, tijekom izrade idejnog projekta Zaštite od buke Zoološkog vrta u Zagrebu od prometne buke. Nakon razrade strategije krenula je izrada optimalne betonske mješavine s dodatkom reciklirane gume. Ispitivana su mehanička i akustička svojstva 18 različitih mješavina u cilju postizanja stabilne strukture dobrih apsorpcijskih svojstava, Slika 1.



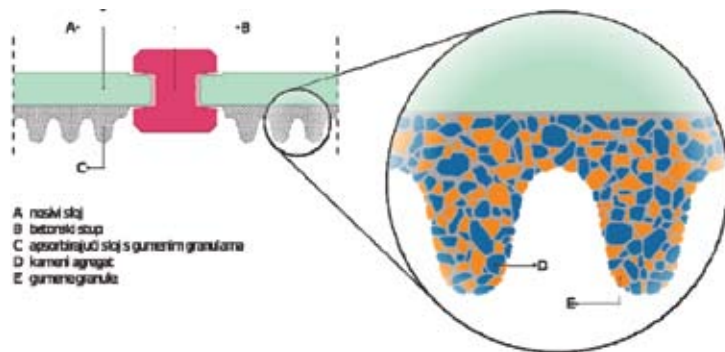
SI 1: Sastav i ispitivanja malih uzoraka

RUCONBAR (Rubberized CONcrete Noise BARiers) je ekološka, visoko apsorbirajuća barijera za zaštitu od buke, čiji se apsorbirajući sloj sastoji od reciklirane gume i betona. Inovativno rješenje razvijeno je u sklopu znanstvenih istraživanja na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu kao plod suradnje dvaju zavoda, Zavoda za Prometnice i Zavoda za Materijale [3, 4, 5, 6]. Nakon inicijalnih ispitivanja betonske barijere za zaštitu od buke s apsorbirajućim slojem od reciklirane gume prepoznate su i u Europskoj uniji. Projekt RUCONBAR u razdoblju od 2011. do 2014. godine sufinancira Europska unija u sklopu inicijative CIP Eko Inovacije, Izvršne agencije za konkurentnost i inovacije - EACI. Projekt RUCONBAR, sastavljen isključivo od hrvatskih partnera, oslanja se na dvije tvrtke: Gumiimpex GRP, koja je zadužena za proizvodnju gumenih reciklata, i Beton Lučko, koja je zadužena za proizvodnju barijera RUCONBAR, Slika 2.



SI 2: Pogon za recikliranje otpadnih guma (Gumiimpex GRP) / pogon za proizvodnju RUCONBAR panela (Beton Lučko)

RUCONBAR građevinski proizvod od betona sastavljen od apsorbirajućeg i nosivog sloja. Primjenom 40% gumenih granula dobivenih recikliranjem starih automobilskih guma u apsorbirajućem sloju, dobiven je proizvod koji predstavlja inovativno rješenje u području zaštite od buke, jedinstven na tržištu, Slika 3. Inovativnost rješenja odlikuje jedinstveni način izvedbe apsorbirajućeg sloja barijere. Ugradnjom gumenih granula dobivenih reciklažom otpadnih automobilskih guma i kamene sitneži određenog granulometrijskog sastava u betonsku mješavinu, proizvodi se sloj laganog poroznog betona optimalnih svojstava za apsorpciju buke od prometa.



SI 3: Poprečni presjek RUCONBAR barijere za zaštitu od buke

Primjenom RUCONBAR-a za izradu 1 km barijera visine 3 m, može se upotrijebiti 66.3 t recikliranog gumenog granulata dobivenog recikliranjem 7800 komada otpadnih guma, s obzirom da se recikliranjem iz gume dobije 75 % gumenog granulata.

Glavne ekološke koristi RUCONBARA su:

- smanjenje emisije stakleničkih plinova za 31% u odnosu na slična rješenja na tržištu;
- smanjenje iskorištavanja neobnovljivih izvora i zaštita prirodnog krajolika;
- recikliranje otpadnih automobilskih guma;
- efikasna dugotrajna zaštita od buke okoliša gdje su barijere primijenjene.

Proizvod je u potpunosti ispitan prema važećim standardima za građevinske proizvode te je za njegovu uporabu dobiven europski certifikat (CE) za primjenu na prometnoj infrastrukturi. Proizvod je također zaštićen patentnom prijavom pod registarskim brojem P20100483A (PCT/HR2014/000014).

Kako bi se ocijenila sposobnost inovativnog materijala korištenog za pripremu RUCONBAR-a za apsorpciju zvuka, provedena su istraživanja na laboratorijskim i realnim uzorcima površine 10.0 m² u ječnoj komori u skladu s normama HRN EN ISO 354:2004 i HRN EN 1793-1:1999. Na osnovi dobivenih rezultata barijera RUCONBAR svrstana je u razred A3 zvučne apsorpcije na temelju jednobrojne vrijednosti zvučne apsorpcije $DL\alpha = 8,7$ dB [7]. Osim izuzetno dobrih i konkurentnih svojstava zvučne apsorpcije, barijera RUCONBAR ima poboljšana i ostala značajna svojstva poput otpornosti na smrzavanje i odmrzavanje i vatrootpornost. Sve ključne karakteristike proizvoda ispitane su i potvrđene od strane prijavljenog tijela te je za proizvod izdan znak sukladnosti CE (Conformite Europeenne) od strane neovisnog prijavljenog tijela (NoBo), Slika 4.



SI 4: Ispitivanja zvučne apsorpcije, vatrootpornosti te opasnost od padajućih krhotina

Za svoju inovativnost RUCONBAR je zaslužio niz nagrada i priznanja:

- Nagrada GREENOVATION za najbolju tehnologiju zelenog gospodarstva, 2012.
- ARCA PRIX AWARD, međunarodna izložba inovacija "ARCA 2012", Zagreb, 2012.
- Graditeljska nagrada CEMEX u kategoriji održive gradnje, za projekt: Zaštita od buke naselja Scott kod naplatnih kućica za most Krk, 2015.
- Posebno priznanje Ministarstva znanosti i obrazovanja Rumunjske za visoku znanstvenu razinu inovacije, Ženeva, Švicarska, 2016.
- Zlatna medalja s posebnom pohvalom žirija na sajmu inovacija "Geneva Inventions", Ženeva, Švicarska, 2016.
- Zlatna medalja s posebnom pohvalom žirija na sajmu inovacija "INNOVA 2016", Brisel, Belgija, 2016.
- Srebrna medalja na sajmu inovacija "Silicon Valley International Invention Festival 2018", Santa Clara, Kalifornija, SAD, 2018.
- Kristalni globus – godišnja nagrada "IRF Global Road Achievement Award 2018" u kategoriji istraživanja, Las Vegas, SAD, 2018.
- RailTech nagrada za inovacije u kategoriji „Infrastruktura“ na stručnom sajmu i konferenciji RailTech Europe 2019, Utrecht, Nizozemska, 2019.

3. Primjena RUCONBAR barijera

Prva primjena ovih inovativnih barijera za zaštitu od buke izvedena je 2014. godine na dionici državne ceste u blizini naplatnih postaja za otok Krk gdje je dokazana praktična primjena ovog inovativnog proizvoda, Slika 5. Zanimljivo je napomenuti



SI 5: Prva primjena RUCONBAR 2014. u blizini naplatnih postaja mosta za otok Krk

kako je barijera na ovoj lokaciji pod ekstremnim vremenskim uvjetima (udara vjetra te agresivnog slanog okoliša) te kroz ovih 6 godina primjene unatoč značajnom opterećenju od ekstremnog djelovanja vjetra i soli (bura rekordne brzine od 224 km/h zabilježena 2015. na Krčkom mostu) nisu uočeni nikakav mehanički nedostaci ili znakovi korozijskog djelovanja.

Dug i izazovan put od ideje, do konačnog proizvoda, te konačno šire primjene proizvoda u inženjerskoj praksi za RUCONBAR traje punih 10 godina. Veliki napori uloženi su u promociju te dokazivanje inovativnosti i tehničke sposobnosti RUCONBAR barijera kako bi našle svoje mjesto u standardnoj inženjerskoj praksi i postale prvi izbor projektantima, izvođačima i investitorima u području cestovne i željezničke infrastrukture. RUCONBAR je iz tog razloga predstavljen na sajmovima inovacija i novih proizvoda širom svijeta te je dobio veliki broj nagrada i priznanja kao i najviša gospodarska priznanja u Republici Hrvatskoj.

3.1 RUCONBAR na željezničkoj infrastrukturi

U 2019. godini ostvaruje se ključna prekretnicu za inovativne ekološke barijere RUCONBAR jer svjedočimo široku primjeni barijera ugrađenih na cestovnoj i željezničkoj infrastrukturi. Naime, upravo te godine dovršen je prvi projekt ugradnje barijera za zaštitu od buke na nekoj željezničkoj pruzi u Republici Hrvatskoj - upravo primjenom RUCONBAR barijera, na dionicama Ličke pruge (1011 m² barijera). Primjena proizvoda realizirana je zaštitom od buke sa željeznica na željezničkoj pruzi OŠTARIJE-KNIN-SPLIT u Hrvatskoj. Na poddionici Perušić Gračac izgrađeno je ukupno 5 zidova ukupne površine apsorbirajućih panela 1011 m². Ovaj projekt je značajan zbog toga što se prvi puta u Republici Hrvatskoj primjenjuju barijere za zaštitu od buke na nekoj dionici željezničke pruge, Slike 6 i 7. Tim projektom HŽ Infrastruktura čini prvi korak u smjeru snažne i sveobuhvatne Europske inicijative o smanjenju emisije buke od prometa.

RUCONBAR barijere idealne su za primjenu upravo na željezničkoj infrastrukturi jer su proizvedeni kao monolitni armiranobetonski paneli sa velikom otpornošću na dinamičke udare tlaka zraka pri prolasku željezničkih vozila većom brzinom (propisano normom EN 16727-2-1:2018). Način ugradnje RUCONBAR barijera pogodan je za instalaciju panela sa željezničkih vozila što je ključno na područjima nepristupačnog terena kroz kakva željeznička pruga često prolazi. Normativni okvir provedbe ispitivanja je primjena normi:

- HRN DIN 45642:2005 – Mjerenje buke prometa,
- HRN ISO 1996-1:2016 – Akustika – Opisivanje i mjerenje buke okoliša – 1.dio:Osnovne veličine i postupci;

- HRN EN ISO 3095:2013 – Akustika – Željeznički sustav – Mjerenje buke koju proizvode željeznička vozila.



SI 6: Proces ugradnje panela RUCONBAR na Ličkoj pruzi



SI 7: Izgrađena barijera RUCONBAR u blizini kolodvora Gospić

2019. godine izvedena su opsežna mjerenja razina buke od željezničkog prometa na dionicama Ličke pruge gdje su primijenjene RUCONBAR barijere, te je ustanovljena in-situ vrijednost razine izloženosti buci od željezničkog prometa. Prilikom mjerenja pri prolasku putničkog vlaka, razlika zabilježene buke je preko 4 dB manja na području gdje je postavljena barijera u odnosu na mjerno mjesto na kojem nema barijere. Razlike u mjerenju buke pri prolasku teretnog vlaka na mjernom mjestu sa i bez barijere su još veće te je na mjestu primjene barijere buka reducirana preko 9 dB. Zaključno, razine buke izmjerene iza barijera do 10 dB su manje u odnosu na razine buke izmjerene na dionicama gdje barijere nisu primijenjene, čime je dokazana učinkovitost izvedenog rješenja.

3.2 RUCONBAR izvan granica RH

Drugi ključni događaj za proizvod RUCONBAR u 2019. godini, plasman je ovog proizvoda, rezultata napora isključivo hrvatskih znanstvenika i poduzetnika, na strano tržište. Time je postignut jedan od ključnih ciljeva RUCONBAR projekta, a to je europska dodana vrijednost podizanjem stope recikliranja otpadnih automobilskih guma s ciljem očuvana okoliša, Slika 8.



SI 8. Jedan od glavnih ciljeva projekta - podizanje ukupne stope recikliranja automobilskih guma

RUCONBAR barijere primijenjene su na dionici obilaznice grada Bitole u Sjevernoj Makedoniji. Na dionici su primijenjene barijere ravnog apsorbirajućeg sloja sa utisnutim logotipom, što dokazuje i raznolike mogućnosti arhitektonskog oblikovanja barijera, Slike 9 i 10. Na obilaznici je ugrađeno ukupno 2448 m² panela za zaštitu od buke tipa RUCONBAR.



SI 9: Proizvodnja i ugradnja zidova za zaštitu od buke na obilaznici Bitole u Sjevernoj Makedoniji



SI 10: Konačan izgled izvedenih zidova za zaštitu od buke tipa RUCONBAR na obilaznici Bitole

Za proizvodnju RUCONBAR barijera u 2019. godini iskorišteno je 58 t gumenih granula dobivenih reciklažom 9200 otpadnih automobilskih guma. Time je ostvaren trojaki ekološki učinak ovog inovativnog proizvoda kroz recikliranje otpadnih guma, zaštitu od buke te smanjenje stakleničkih plinova. Također su ostvareni dugoročni ciljevi primjene proizvoda na željezničkoj infrastrukturi te izvoza proizvoda na strana tržišta.

4. Zaključak

Jednostavna izvedba čini apsorbirajuće betonske barijere vrlo praktičnim za primjenu kako uz nove dionice autoceste tako i uz postojeće prometnice. Posebnu primjenu ova vrsta barijera može naći i u urbanim sredinama gdje do izražaja dolazi jednostavnost i brzina izgradnje. Primjena betonskih zidova za izvođenje zaštite od buke je vrlo praktična kako iz estetskih tako i ekonomskih te graditeljskih razloga. Korištenje produkata reciklaže otpadnih automobilskih guma u apsorpcijskom sloju barijere pomaže očuvanju okoliša rješavajući problem odlaganja automobilskih guma, trošenja prirodnih resursa, a u usporedbi sa sličnim rješenjima smanjuje emisije CO₂ u okoliš i samu cijenu gotove barijere. Ove prednosti uvidjela je i EACI komisija (European Agency for Competitiveness and Innovation) te je projekt RUCONBAR prihvaćen za financiranje kroz sustav EU fondova putem natječaja ECO-Innovation 2010. Proizvod je nakon temeljitih ispitivanja i certificiranja (CE znak) zaživio u standardnoj inženjerskoj praksi u Hrvatskoj, te se također uspješno plasira na strana tržišta. O inovativnom rješenju svjedoči i niz prestižnih nagrada i priznanja ovom jedinstvenom građevinskom proizvodu.

5. Literatura

- [1] Kotzen B., English C.: Environmental noise barriers - a guide to their acoustic and visual design, Taylor & Francis, New York, 2009.
- [2] Mehta, P.: "Greening of the Concrete Industry for Sustainable Development". Concrete International, 24 (7), 23-28, 2002.
- [3] Biliškov, H.: Optimizacija betona s recikliranom gumom /diplomski rad. Zagreb: Građevinski fakultet, (2009) 120 str. Voditelj: Bjegović, Dubravka.
- [4] Lakušić, S.; Bjegović, D.; Marijana, S.: Primjena reciklirane gume na prometnicama, Prometnice - Nove tehnologije i materijali, (ur. S. Lakušić), Zagreb, Građevinski fakultet, Zavod za prometnice, 2010, str. 7-46.
- [5] Bjegović, D., Lakušić, S., Serdar, M., & Baričević, A.: Properties of concrete with components from waste tyre recycling, 6th Central European Congress on Concrete Engineering (CCC 2010), Marianske Lazne, Czech Republic, pp.134-140, 30. September – 01. October 2010.
- [6] Bjegović, D., Lakušić, S., Serdar, M., Opačak, K.: Primjena reciklirane gume u graditeljstvu, iNDiS 2009, Novi Sad, 2009.
- [7] Baričević, A. ., Lakušić, S., Bjegović, D., Serdar, M. (2013). Special purpose concrete products from waste tyre recyclates, GRAĐEVINAR, 65 (9), 793-801, doi: <https://doi.org/10.14256/JCE.821.2013>