



[4] 2016 4[1]

AGG+ časopis za arhitekturu, građevinarstvo, geodeziju i srodne naučne oblasti
ACEG+ Journal for Architecture, Civil Engineering, Geodesy and other related scientific fields

070-079

Stručni rad | Professional paper

UDK I UDC 502.17:534.836.2]:72.01

DOI 10.7251/AGGPLUS1604068J

COBISS.RS-ID 6667288

Rad primljen | Paper received 11/09/2016

Rad prihvaćen | Paper accepted 13/10/2016

Aleksandar Janković

*Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci, Bulevar Vojvode Stepe Stepanovića 77/3,
Banja Luka, Republika Srpska, aleksandar.jankovic@aggf.unibl.org*

Saša Čvoro

*Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci, Bulevar Vojvode Stepe Stepanovića 77/3,
Banja Luka, Republika Srpska, sasa.cvoro@aggf.unibl.org*

Radovan Beleslin

Centar za graditeljstvo 'Centar' doo, Jug Bogdana bb, Banja Luka, rbeleslin@agfbl.org

ANALIZA SMANJENJA
NIVOA BUKE U ŽIVOTNOJ
SREDINI ZVUČNOM
BARIJEROM

ANALYSIS OF
ENVIROMENTAL NOSIE
LEVEL REDUCTION BY
SOUND BARRIER

Stručni rad

Professional paper

Rad prihvaćen | Paper accepted

13/10/2016

UDK I UDC 502.17:534.836.2]:72.01

DOI 10.7251/AGGPLUS1604068J

COBISS.RS-ID 6667288

Aleksandar Janković

Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci, Bulevar Vojvode Stepe Stepanovića 77/3, Banja Luka, Republika Srpska, aleksandar.jankovic@aggf.unibl.org

Saša Čvoro

Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci, Bulevar Vojvode Stepe Stepanovića 77/3, Banja Luka, Republika Srpska, sasa.cvoro@aggf.unibl.org

Radovan Beleslin

Centar za graditeljstvo 'Centar' doo, Jug Bogdana bb, Banja Luka, rbeleslin@agfbl.org

ANALIZA SMANJENJA NIVOA BUKE U ŽIVOTNOJ SREDINI ZVUČNOM BARIJEROM

APSTRAKT

U ovom radu su analizirani rezultati mjerenja nivoa buke u krugu fabrike za građevinske materijale u banjalučkom naselju Kuljani. Na osnovu rezultata mjerenja je dat zaključak o uticaju buke na životnu sredinu i predložene su mjere za smanjenje negativnog uticaja na susjedne objekte postavljanjem zvučne barijere.

Ključne riječi: nivo buke, akustička barijera, životna sredina

ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL NOISE LEVEL REDUCTION BY SOUND BARRIER

ABSTRACT

This paper analyzes the results of measurements of noise levels within the factory grounds for building materials in the settlement of Kuljani, Banja Luka. Based on the measurement results, conclusion is given on the impact of environmental noise and appropriate measures by placing noise barriers are proposed to reduce the negative impact of noise on neighboring objects.

Key words: noise level, acoustic barrier, environment

1. UVOD

Buka u životnoj sredini ima negativno dejstvo na stanovništvo, a njene posljedice mogu imati različite efekte na zdravlje čovjeka, kao što su psihičke (zamor, unutrašnja napetost, neraspoloženje i sl.) i fiziološke promjene (povećanje pulsa, krvnog pritiska i sl.) [1]. S obzirom na činjenicu da u današnjem savremenom društvu buka predstavlja jednu od najštetnijih fizičkih pojava u životnoj sredini, u okviru ovog rada prezentovani su rezultati mjerenja nivoa buke i ocjena njenog uticaja na životnu sredinu. Cilj istraživanja je bio prijedlog mjera za smanjenje negativnog uticaja buke na stambeni objekat u neposrednoj blizini fabrike za građevinske materijale koja je smještena u banjalučkom naselju Kuljani.

Uticaj buke na životnu sredinu prema važećem Pravilniku [2] se utvrđuje prema izmjerenoj vrijednosti ekvivalentnog nivoa buke L_{eq} i vršnog nivoa buke L_{10} i L_1 , te su u radu prezentovani rezultati mjerenja nivoa buke izraženi preko ovih veličina. Ekvivalentni nivo buke predstavlja konstantni (prosječni) nivo buke, koji u određenom vremenskom intervalu ima istu zvučnu energiju kao posmatrana, vremenski promjenljiva buka [3]. S druge strane, vršni nivoi su maksimalni nivoi buke, koji su prekoračeni u trajanju od 10%, odnosno 1% od ukupnog vremena mjerenja. Prema Pravilniku, pri mjerenju ekvivalentnog nivoa buke koristi se A-frekvencijska ponderizaciona kriva. Frekvencijska ponderizacija određuje kako fonometar reaguje na različite frekvencije zvuka, jer osjetljivost ljudskog uha nije ista na svim frekvencijama. Frekvencijska A-ponderizacija koriguje signal na način koji najbolje odražava reakciju ljudskog uha na nivoove zvuka srednje jačine [4].

Najviši dopušteni ekvivalentni nivoi vanjske buke određeni su prema namjeni područja i dati su u tabeli 1. Pravilnika o dozvoljenim granicama intenziteta zvuka i šuma (Sl. list SRBiH br. 46/89). S obzirom na to da se stambeni objekti u blizini kruga fabrike nalaze nedaleko od autoputa (150 m), može se smatrati da oni spadaju u IV područje, tačnije u područje stambenih objekata smještenih uz saobraćajne koridore. Prema ovom Pravilniku, ekvivalentni nivo vanjske buke u području IV ne smije prelaziti vrijednost od 60 dB danju, odnosno 50 dB noću. Vršni nivo vanjske buke u ovom području ne smije u više od 10% ukupnog vremenskog intervala mjerenja preći nivo od 70 dB, a u više od 1% ukupnog vremenskog intervala mjerenja nivo od 75 dB. Rezultati mjerenja se mogu smatrati reprezentativnim za analizu buke u području stambenih objekata koji se nalaze uz saobraćajne koridore.

Tabela 1 – Najviši dopušteni nivoi vanjske buke u životnoj sredini prema Pravilniku o dozvoljenim granicama intenziteta zvuka i šuma [1]

Područje	Namjena područja	Najviši dozvoljeni nivo vanjske buke			
		Ekvivalentni nivo		Vršni nivoi	
		dan	noć	L ₁₀	L ₁
I	Bolničko, lječilišno	45	40	55	60
II	Turističko, rekreacijsko, oporavilišno	50	40	60	65
III	Čisto stambeno, vaspitno-obrazovne i zdravstvene institucije, javne zelene i rekreacijske površine	55	45	65	70
IV	Trgovačko, poslovno, stambeno i stambeno uz saobraćajne koridore, skladišta bez teškog transporta	60	50	70	75
V	Poslovno, upravno, trgovačko, zanatsko, servisno (komunalni servis)	65	60	75	80
VI	Industrijsko, skladišno, servisno i saobraćajno bez stanova	70	70	80	85

2. REZULTATI MJERENJA

Metodologija mjerenja je definisana prema odredbama važećeg Pravilnika o dozvoljenim granicama intenziteta i šuma (Sl. list SRBiH br. 46/89). Za mjerenje nivoa buke korišten je prenosni analizator sa oktavnim filterima, tip 2270, proizodač Brüel & Kjaer, Danska. Kalibracija instrumenta izvršena je prije mjerenja, kalibratorom Brüel & Kjaer, tip 4231. Analizator sadrži raznovrsne module za veliki broj primjena: osnovna fonometarska mjerenja, frekvencijska analiza u realnom vremenu, prikupljanje vremenskog profila buke, snimanje zvuka i vibracija, FFT analiza zvuka i vibracija, mjerenje vremena reverberacije, ocjena tonalnosti buke i dvokanalna mjerenja u građevinskoj akustici. Za arhiviranje i analizu rezultata mjerenja korišten je PC program Evaluator type 7815 PC Software [5].

Na slici 1 je prikazan satelitski snimak stambenog objekta (označen zelenom bojom) koji treba zaštititi zvučnom barijerom (označena žutom bojom) od prekomjernog nivoa buke koji dolazi iz kruga fabrike. Transportne mašine koje generišu buku najčešće se kreću unutar oblasti koje su označene crvenom bojom (slika 1). Buka je mjerena na granici između dvije parcele (mjerna pozicija označena ljubičastom tačkom na slici 1), na visini od 1,5 m u odnosu na tlo i na udaljenosti najmanje 3 m od prepreka koje reflektuju zvuk. Mjerenje je izvršeno u dva navrata. Prvi put kada je aktivan primarni izvor, tj. kada se transportne mašine kreću unutar kruga fabrike, što će u daljem tekstu biti referisano kao ukupna buka, i drugi put kada ovaj izvor nije aktivan i kada je prisutna samo ambijentalna buka, koja u najvećoj mjeri potiče od obližnjeg autoputa. Buka je mjerena u poslijepodnevnim časovima, između 14 i 15 časova, sa minimalnim vremenskim intervalom mjerenja od 15 minuta.



Slika 1 – Satelitski snimak fabrike i susjednog stambenog objekta

Rezultati mjerenja su prikazani u tabeli 2. Vrijednost ekvivalentnog nivoa ukupne buke, kada su aktivne i transportne mašine u krugu fabrike, iznosi 62,2 dB i za 2,2 dB prelazi dopuštenu vrijednost ekvivalentnog nivoa buke za stambena područja uz saobraćajne koridore danju. Vršni nivoi buke u ovoj tački ne prelaze dopuštene vrijednosti, što ukazuje na to da kratkotrajna i intenzivna (impulsna) buka nije prisutna.

Tabela 2 – Izmjereni i dopušteni ekvivalentni i vršni nivo ukupne buke

Pozicija	Izmjereno			Dopušteno		
	L_{eq}	L_{10}	L_1	L_{eq}	L_{10}	L_1
	62,2	65,4	72,54	60	70	75

Na osnovu rezultata mjerenja prikazanih u tabeli 3, razlika između ekvivalentnog nivoa ambijentalne i ukupne buke iznosi 6,4 dB. Poređenjem ovih izmjerenih vrijednosti mogu se izvući zaključci o intenzitetu zvuka koji potiče samo iz kruga fabrike. Prema ovoj procjeni, ekvivalentni nivo buke koji dolazi samo od transportnih mašina iznosi 61,0 dB, što je za 5,2 dB više od ekvivalentnog nivoa ambijentalne buke. Ovo pokazuje da je buka koja potiče samo iz kruga fabrike dominantnija od ambijentalne buke.

Tabela 3 – Izmjereni ekvivalentni nivo ambijentalne i ukupne buke, kao i procijenjeni ekvivalentni nivo buke koja potiče samo iz kruga fabrike

Pozicija	Ekvivalentni nivo buke (dB)		
	Ambijentalna buka	Buka iz kruga fabrike	Ukupna buka
	55,8	61,0	62,2

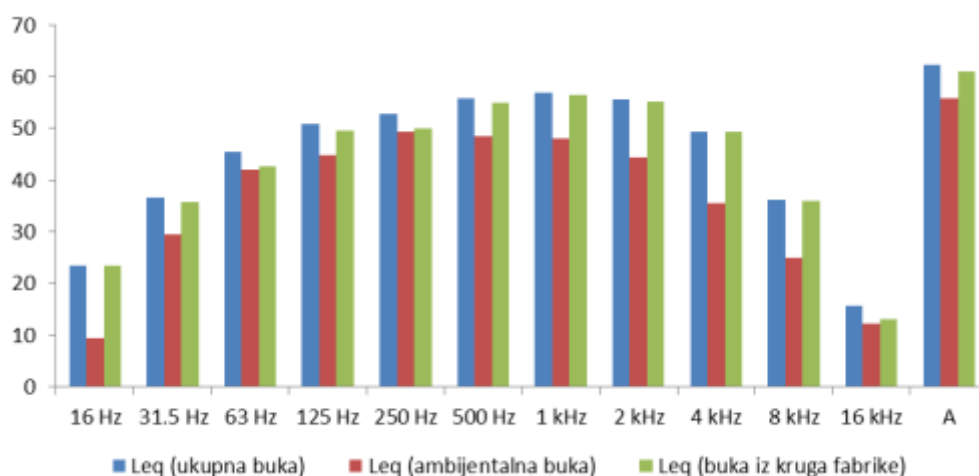
U tabeli 4 su prikazani ekvivalentni nivoi ambijentalne i ukupne buke L_{eq} , odgovarajući maksimalni nivoi buke L_{max} i vršni nivoi buke L_1 i L_{10} prema oktavnim opsezima. Prikazani su i rezultati navedenih veličina za čitav A ponderisani frekvencijski opseg, koji prema važećem

Pravilniku treba uzeti u obzir. Ako se posmatra čitav A ponderisani frekvencijski spektar ukupne buke, vidi se da je maksimalna vrijednost tokom mjerenja iznosila 79,1 dB, a kada je u pitanju ambijentalna buka, 78,5 dB.

Tabela 4 – Izmjereni ekvivalentni, maksimalni i vršni nivo ukupne i ambijentalne buke prema oktavnim opsezima

Frekvencija	Ukupna buka				Ambijentalna buka			
	L_{max}	L_{eq}	L_1	L_{10}	L_{max}	L_{eq}	L_1	L_{10}
16 Hz	41,9	23,5	37,0	25,7	30,2	9,4	20,8	8,8
31,5 Hz	56,2	36,6	49,8	38,4	42,6	29,5	38,0	33,2
63 Hz	68,1	45,4	58,5	46,4	55,9	42,1	49,8	45,2
125 Hz	69,1	50,8	62,1	53,6	74,4	44,9	63,0	48,8
250 Hz	67,8	52,7	61,8	56,3	73,7	49,4	62,0	50,5
500 Hz	76,1	55,7	66,5	59,3	69,4	48,5	58,8	51,4
1 kHz	75,7	57,0	67,8	59,3	64,6	48,0	53,8	50,7
2 kHz	77,1	55,5	66,2	58,0	63,8	44,3	50,5	47,4
4 kHz	70,3	49,4	59,4	51,0	63,4	35,5	43,0	38,2
8 kHz	54,5	36,2	48,0	38,7	53,4	24,9	35,6	25,4
16 kHz	38,6	15,7	26,9	17,9	38,7	12,1	22,9	15,0
A ponderizacija	79,1	62,2	72,5	65,4	78,5	55,8	67,4	57,5

Slika 2 prikazuje frekvencijski spektar ambijentalne (crvena) i ukupne (plava) buke, kao i procijenjeni frekvencijski spektar buke koja dolazi samo iz kruga fabrike (zeleno). Prema izgledu frekvencijskog spektra ukupne buke, može se zaključiti da je u pitanju širokopojasna buka, kod koje najveći dio energije nose zvučni talasi u opsegu srednjih frekvencija od 125 Hz do 4 kHz [5]. S druge strane i ambijentalna buka je širokog opsega, a najveću energiju nose zvučni talasi nižih i srednjih frekvencija u opsegu od 63 Hz do 2 kHz. Kada je aktivna i buka iz kruga fabrike, dolazi do značajnijeg porasta nivoa u opsegu srednjih i viših frekvencija od 500 Hz do 8 kHz. Da bi se zaštitili susjedni stambeni objekti od prekomjernog nivoa buke koja dolazi iz kruga fabrike, potrebno ih je izolovati zvučnom barijerom, koja bi apsorbirala veliki dio energije koji nose zvučni talasi u ovom opsegu frekvencija.



Slika 2 – Graficko poređenje frekvencijskog spektra ukupne i ambijentalne buke, kao i procijenjenog frekvencijskog spektra buke koja potiče samo iz kruga fabrike

3. MJERE SMANJENJA NEGATIVNOG UTICAJA

Da bi se intenzitet zvuka doveo na prihvatljiv nivo, potrebno je izmjereni nivo buke spustiti za najmanje 3 dB. Ovo se može postići postavljanjem zvučne barijere između izvora i prijemnika buke. Postavkom zvučne barijere, nivo buke će se smanjiti u zoni sjenke uslijed: a) geometrijskog oblika, dimenzija i lokacije barijere i b) izolacione moći barijere [6]. Zvučna barijera će svojim geometrijskim oblikom, dimenzijama i položajem dovesti do smanjenja nivoa buke u zoni sjenke uslijed difrakcije direktnih zvučnih talasa oko gornje i bočnih ivica pregrade, koji na taj način prelaze veći put do prijemnika buke. S druge strane, materijal od kojeg je sazidana barijera će dovesti do prigušenja transmitovanog zvuka u zonu sjenke, što zavisi od akustičkih karakteristika materijala.

3.1. GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE I POLOŽAJ BARIJERE

Položaj izvora buke nije fiksiran, jer se transportne mašine unutar kruga fabrike kreću, ali je njihovo kretanje ograničeno na horizontalni ugao od 30° posmatrano iz položaja stambenog objekta. Zvučnu barijeru treba postaviti duž granice između fabričke i stambene parcele, tako da pravac između izvora buke i stambenog objekta prolazi kroz središnji dio barijere, pazeći da je to približno ispunjeno za sve položaje izvora buke. Za umanjenje buke koja dolazi od transportnih mašina, dužina barijere mora biti barem četiri puta veća od rastojanja između izvora buke i barijere ili prijemnika i barijere, u zavisnosti od toga šta je kraće [7]. S obzirom na to da je najbliži stambeni objekat udaljen 10 metara od granice između parcela, predložena dužina zvučne barijere bi trebala iznositi minimalno 40 metara.

Ukoliko se ispune prethodno navedeni uslovi, redukcija nivoa buke zvučnom barijerom uslijed difrakcije direktnih talasa (slika 3) se može odrediti pomoću maksimalnog Frenselovog broja, koji zavisi od razlike između najkraće putanje zvuka koja dodiruje vrh barijere A+B i direktnog (najkraćeg) rastojanja između izvora i prijemnika r [8]:

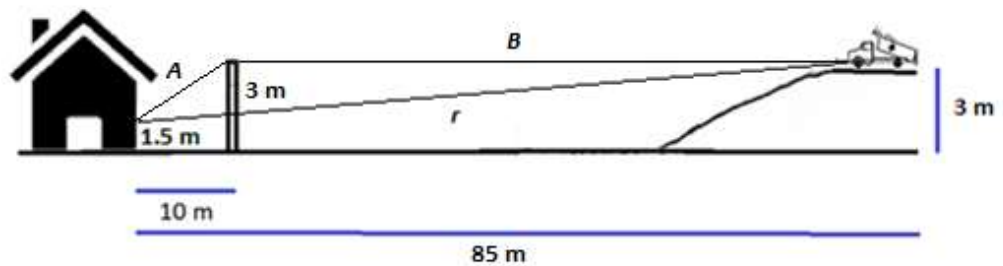
$$N = \frac{2}{\lambda}(A+B-r) \quad (1)$$

S obzirom na to da maksimalni Frenselov broj zavisi od talasne dužine zvuka λ , i smanjenje nivoa buke postavljanjem zvučne barijere će zavisiti od ove veličine. Za tačkasti zvučni izvor smanjenje nivoa buke se može procijeniti na osnovu sljedećeg izraza [8]:

$$\Delta L_B = 20 \log \frac{\sqrt{2\pi N}}{\tanh \sqrt{2\pi N}} + 5 \quad (2)$$

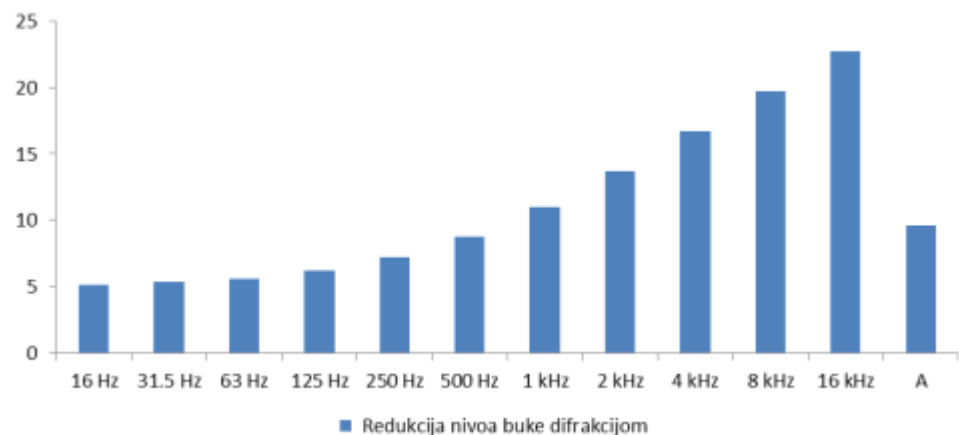
Ukoliko barijera svojim vrhom dodiruje pravac najkraćeg rastojanja između prijemnika i izvora buke, teorijsko prigušenje zvučnom barijerom će iznositi 5 dB. Za svako povećanje od 30 cm u odnosu na ovu visinu, zvučna barijera će obezbijediti dodatno prigušenje od 1 dB pri frekvenciji od 500 Hz. Da bi se odredila potrebna visina barijere koja će omogućiti umanjenje nivoa zvuka za 5 dB, potrebno je razmotriti kretanje transportnih mašina u krugu fabrike. Najviša tačka do koje dopijevaju transportne mašine nalazi se tri metra iznad tla na kome leže objekti unutar kruga fabrike, a udaljena je od stambenog objekta 85 metara vazdušnom linijom. Stoga potrebnu visinu barijere treba projektovati u odnosu na ovu kritičnu tačku, kao i standardnu visinu mjerenja (1,5 m). Prema proračunu, minimalna visina barijere koja će omogućiti umanjenje nivoa zvuka za 5 dB treba iznositi 1,65 m (A=10,00 m, B=75,01 m, r=A+B=85,01 m i

$N=0$). Ovako projektovana zvučna barijera će svojim vrhom dodirivati liniju najkraćeg rastojanja između izvora buke, smještenog na visini 3 m i prijemnika buke na visini 1,5 m.



Slika 3 – Šematski prikaz položaja zvučne barijere, izvora i prijemnika buke

Ukoliko bismo se odlučili za zvučnu barijeru visine 3 m, dobili bismo sljedeće vrijednosti parametara: $A=10,11$ m, $B=75,00$ m, $r=85,01$ m i $N=0,1$, a nivo zvuka bi oslabio po logaritamskom profilu, u rasponu od 5,2 dB (za najnižu frekvenciju do 16 Hz) do 22,7 dB (za najvišu frekvenciju od 16 kHz) (slika 4). Usljed efekta difrakcije zvučnih talasa doći će do redukcije A ponderisanog ekvivalentnog nivoa buke za oko 9,5 dB, što je značajno više od zahtijevanih 3 dB. Postoje praktična ograničenja na nivo buke koji može redukovati barijera. Maksimalna teorijska vrijednost redukcije buke difrakcijom direktnih zraka iznosi 24 dB za bilo koju frekvenciju, a u praksi se rijetko postiže redukcija veća od 20 dB [9].



Slika 4 – Redukcija nivoa buke difrakcijom direktnih talasa prema oktavnim opsezima

3.2. IZOLACIONA MOĆ BARIJERE

Dio energije koja se prenese zvukom kroz pregradu određen je izolacionim karakteristikama i debljinom materijala od kojeg je sagrađena barijera. Da bi efekat barijere bio potpun, taj dio energije mora biti zanemarljiv u odnosu na dio energije koju nose difraktovani talasi. Izolaciona moć pregrade treba da obezbijedi da nivo buke transmitovanih talasa na mjestu prijemnika bude 10 dB ispod nivoa buke difraktovanih talasa, što znači da izolaciona moć pregrade treba biti za 10 dB veća od nivoa redukcije buke koji se dobija dimenzionisanjem zvučne barijere [10]. U razmatranom primjeru, izolaciona moć barijere bi trebalo da iznosi najmanje 20 dB. Koliki dio

energije će se izgubiti transmisijom zvuka kroz barijeru zavisi od njene mase, tačnije od debljine i gustine materijala od kojeg je sagrađena. Izolacione moći barijera koje se koriste u praksi za zaštitu od buke znatno su više od zahtijevanih 20 dB, pa stoga možemo zaključiti da nije potrebna zvučna barijera velike površinske mase. Izolaciona moć R monolitne barijere zavisi od njenog koeficijenta transmisije [11]:

$$R = -10 \log_{10} \tau \quad (3)$$

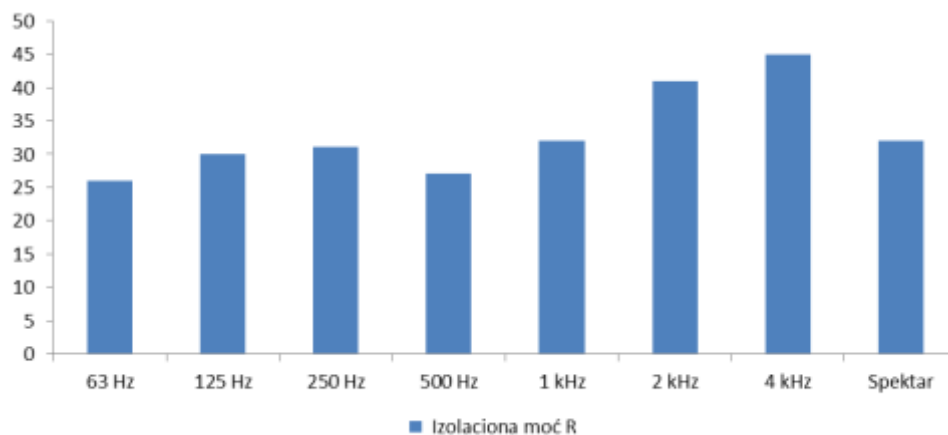
Pokazano je da se koeficijent transmisije može odrediti na osnovu sljedećih izraza [11] [12] [13]:

$$\tau = \begin{cases} \left(\frac{2\rho_0 c_0}{2\pi f m_s} \right)^2 \frac{\pi f_c \sigma^2}{2f \eta_{\text{tot}}} & f > f_c \\ \left(\frac{2\rho_0 c_0}{2\pi f m_s} \right)^2 \frac{\pi \sigma^2}{2\eta_{\text{tot}}} & f \approx f_c \\ \left(\frac{2\rho_0 c_0}{2\pi f m_s} \right)^2 \left(2\sigma_f + \frac{(l_1 + l_2)^2}{l_1^2 + l_2^2} \sqrt{\frac{f_c}{f}} \frac{\sigma^2}{\eta_{\text{tot}}} \right) & f < f_c \end{cases} \quad (4)$$

gdje ρ_0 predstavlja gustinu vazduha ($1,2 \text{ kg/m}^3$), c_0 brzinu prostiranja zvuka u vazduhu (340 m/s), f frekvenciju, m_s površinsku masu, f_c rezonantnu frekvenciju, η_{tot} faktor ukupnih gubitaka u materijalu, σ faktor zračenja za slobodne fleksione talase, σ_f faktor zračenja za prinudni prenos, a l_1 i l_2 dimenzije barijere. Rezonantna frekvencija se može proračunati na osnovu sljedećeg izraza [14]:

$$f_c = \frac{c_0^2}{1.8 \cdot c_L d} \quad (5)$$

gdje c_L predstavlja brzinu longitudinalnih talasa u materijalu, a d debljinu barijere. S obzirom na to da je u pitanju građevinska firma koja se bavi proizvodnjom betonske galanterije i proizvoda, predloženo je da se zvučna barijera napravi od siporeks (gas-beton) blokova debljine 10 cm ($m_s=65 \text{ kg/m}^2$, $c_L=1.400 \text{ m/s}$, $\eta_{\text{tot}}=0,01$, $f_c=458,7 \text{ Hz}$). Prema proračunu, izolaciona moć barijere se kreće u opsegu od 26 dB za frekvenciju od 62,5 Hz do 45 dB za frekvenciju od 4 kHz, a njena srednja vrijednost za čitav spektar iznosi 32 dB (slika 5).



Slika 5 – Izolaciona moć zvučne barijere

Postavljanjem zvučne barijere doći će i do povećanja nivoa buke sa strane izvora zvuka (u krugu fabrike), na šta treba posebno obratiti pažnju. Ovaj efekat se može umanjiti oblaganjem barijere apsorpcionim materijalom sa strane izvora, čime se smanjuje reflektovana energija. Posmatrajući objedinjen efekat geometrije i izolacione moći zvučne barijere na smanjenje nivoa buke u čitavom A-ponderisanom frekvencijskom spektru, može se zaključiti da će doći do potpunog prigušivanja zvučnih talasa čija je frekvencija viša od 2 kHz. Ovo je posebno značajno, jer aktiviranjem buke iz kruga fabrike dolazi do značajnijeg porasta nivoa u opsegu srednjih i viših frekvencija – od 500 Hz do 8 kHz.

4. ZAKLJUČAK

Izvršena mjerenja nivoa buke na granici između fabričke i stambene parcele su pokazala da vrijednost ekvivalentnog nivoa buke iznosi 62,2 dB i da je za 2,2 dB viša od dopuštene vrijednosti za stambena područja uz saobraćajne koridore danju. Vršni nivoi buke u ovoj tački, ne prelaze dopuštene vrijednosti, što ukazuje na to da kratkotrajna i intenzivna (impulsna) buka nije prisutna. Redukcijom za 3 dB postigao bi se prihvatljiv nivo buke koji je propisan važećim Pravilnikom.

Predloženo rješenje podrazumijeva postavku zvučne barijere duž granice između fabričke i stambene parcele, tako da pravac između izvora buke i stambenog objekta prolazi kroz središnji dio barijere, pazeći da je to približno ispunjeno za sve položaje izvora buke. Predložena dužina zvučne barijere bi trebalo da iznosi 40 metara, a visina 3 m. Ovakvom postavkom postiže se redukcija A ponderisanog ekvivalentnog nivoa buke za oko 9,5 dB. Takođe, predloženo je da se zvučna barijera sazida od siporeks blokova debljine 10 cm, čija će srednja izolaciona moć iznositi 32 dB. Površinu barijere sa strane izvora potrebno je obložiti apsorpcionim slojem koji sadrži gumene granulate dobijene reciklažom otpadnih guma, čime se umanjuje efekat povećanja nivoa buke refleksijom zvučnih talasa sa strane izvora. Predloženim rješenjem, nivo buke u okviru parcele stambenog objekta bi se redukovao ispod vrijednosti propisane važećim Pravilnikom.

5. БИБЛИОГРАФИЈА

- [1] M. Jablanović, P. Jakšić, K. Kosanović, *Uvod u ekotoksikologiju*, Univerzitet u Prištini, 2003.
- [2] "Pravilnik o dozvoljenim granicama intenziteta zvuka i šuma", *Službeni list SR BiH*, br. 46/89, 1989.
- [3] Lj. Preradović, B. Antunović, V. Simeunović, A. Janković, "Analiza akustičkog komfora zaposlenih na Banjalučkom Univerzitetu", *Zbornika radova sa internacionalne konferencije Tehnika i informatika u obrazovanju*, Fakultet tehničkih nauka u Čačku Univerziteta u Kragujevcu, 2012, 567–573.
- [4] B. Antunović, A. Janković, R. Dekić, "Ocjena uticaja buke u objektima Univerziteta u Banjoj Luci", *Zbornik radova sa međunarodnog naučno-stručnog skupa: Arhitektura i Urbanizam, Građevinarstvo, Geodezija – Juče, Danas*, Sutra, Arhitektonsko-građevinski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci, 2011, 539–54.
- [5] *Instruction Manual, Hand-held Analyzer Types 2250, 2250-L and 2270*, Brüel & Kjær, Denmark, 2016.
- [6] M. Mijić, *Građevinska akustika*, Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu, Srbija, 2001.
- [7] D. K. Ballast, S. O'Hara, *ARE Review Manual, 2nd Edition*, Professional Publications Inc, Belmont, USA, 2011.
- [8] M. Long, *Architectural Acoustics, 2nd edition*, Elsevier, Amsterdam, Netherlands, 2014.
- [9] *Guidelines on Design of Noise Barriers*, Environmental Protection Department, Hong Kong, 2003.
- [10] M. Prašćević, D. Cvetković, *Buka u životnoj sredini*, Fakultet zaštite na radu, Univerzitet u Nišu, 2005.
- [11] EN 12354-1:2000, Building Acoustics – Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements – Part 1, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- [12] R. Josse, C. Lamure, "Transmission du son par une paroi simple", *Acustica*, vol. 14, pp. 266–280, 1964.
- [13] U. Richter, "Nachhallzeit und mittlere Schnelle von ebenen Platten bei Biegewellenanregung", *Hochfrequenztechnik und Elektroakustik*, vol. 5–6, pp. 189–192, 1968.
- [14] L. L. Beranek, *Noise reduction*, 1st edition, McGraw-Hill Book Company, Inc., 1960, pp. 292–293.