

## ZAŠTITA NASELJENOG PODRUČJA OD BUKE OBLIŽNJEG INDUSTRIJSKOG POSTROJENJA

### PROTECTION OF RESIDENTIAL AREA FROM INDUSTRIAL PLANT NOISE

Dr sc. Omer Jukić, dipl.ing.maš.

JP “Elektroprivreda BiH”, d.d. Sarajevo – Z.D. Rudnik mrkog uglja “Kakanj”, d.o.o.  
A. Izetbegovića 17 – 72240 Kakanj

#### REZIME

*Nakon izgradnje postrojenja za pripremu uglja u jednom rudniku i njegov transport industrijskom željeznicom do termoelektrane se pojavio problem emisije buke neprihvatljivo visokog intenziteta na ranžirnoj željezničkoj stanici prilikom utovara uglja u željezničke vagona i ranžiranja vagona po kolosijecima, bilo diesel lokomotivama, bilo ranžirnim uređajem s beskonačnim čeličnim užetom kojeg je trebalo riješiti zbog činjenice da se u neposrednoj blizini ranžirne željezničke stanice nalazi naseljeno područje. Ovaj problem je riješen izgradnjom apsorbirajuće barijere/zida za zaštitu od buke sa jednostrano visokoapsorbirajućim aluminijskim panelima neposredno uz izvor buke.*

**Ključne riječi:** Industrijsko postrojenje, emisija buke, naseljeno područje, barijera za zaštitu

#### SUMMARY

*Construction of an industrial plant for coal preparation and railway transport to a thermal power plant in a mining company caused the problem of unacceptably high noise emission at a marshalling station, during loading of coal into railway wagons and marshalling of wagons along the tracks (both for diesel locomotives and marshalling device with endless steel rope). This presented a problem for a residential area situated nearby the marshalling station. The problem has been solved by construction of a sound-absorbing barrier/wall with high-absorbent aluminium panel, directly at the source of noise.*

**Keywords:** Industrial plant, noise emission, residential area, sound-absorbing barrier

#### 1. UVOD

Prilikom projektiranja Postrojenja za prijem, pripremu i utovar uglja u vagona vođeno je računa o činjenici da se prijem i priprema uglja za željeznički transport mora vršiti na površinskom koku zbog razvijanja prašine i stvaranja buke prilikom istresanja uglja u prijemni koš i njegovog drobljenja u drobilici, dakle izvan naseljenog mjesta. Međutim, pojavio se problem neprihvatljivo visoke emisije buke na ranžirnoj željezničkoj stanici prilikom utovara uglja u željezničke vagona i ranžiranja vagona po kolosijecima, bilo diesel lokomotivama, bilo ranžirnim uređajem s beskonačnim čeličnim užetom, kojeg je trebalo riješiti zbog činjenice da se u neposrednoj blizini ranžirne željezničke stanice nalazi naseljeno područje. Ovaj problem je riješen izgradnjom apsorbirajuće barijere/zida za zaštitu od buke sa jednostrano visokoapsorbirajućim aluminijskim panelima neposredno uz izvor buke.

## 2. ZAŠTITA OD BUKE

Visok nivo buke je glavni uzrok smanjenja kvaliteta života u urbanim sredinama i na područjima uz izvore buke (industrijska postrojenja, promet i sl.). Smanjenje nivoa buke u urbanim sredinama je bitan ekološki zahtjev prema kojemu se provode mjere zaštite u svim evropskim zemljama, pa tako i kod nas. Za uspješnu realizaciju projekata zaštite od buke nastale prometnim ili industrijskim opterećenjem nužno je provesti slijedeće postupke:

- a) Pravni i ekonomski postupci
- b) Tehničko-tehnološki postupci
  - Smanjenje emitiranja izvora buke
  - Smanjenje rasprostiranja buke
  - Izgradnja transparentnih barijera
  - Izgradnja drvenih barijera
  - Izgradnja aluminijskih barijera

Aluminijske barijere za zaštitu od buke se grade na svim mjestima gdje je bojeni aluminijski lim prihvatljiv materijal uz inženjerske konstrukcije u neposrednoj blizini izvora buke. Izvode se kao jednostrano visokoapsorbirajuće, reflektirajuće i transparentne. Izrađuju se od aluminijskih panela koji se ulažu između čeličnih pocinčanih HE 160 profila na razmaku od 4 m, odnosno 2 m.



*Slika 1. Izgled aluminijske barijere/zida za zaštitu od buke izrađene od aluminijskih panela*

Dimenzije i sastav panela moraju odgovarati važećim standardima i uvjetima kvaliteta (DIN52210, DIN 52212, DIN 1725/1, ZTV-LSW 88, EN 1793/1794 i dr.). Apsorpcija zvuka prema EN 1793-1: kategorija A3 ( $DL\alpha$  8 do 11 dB). Izolacija od okolne buke prema EN 1793-2: kategorija B3 ( $DL_R > 24$  dB). Garancija za površinsku zaštitu panela u skladu sa ZTV-LWS 88 je 5 godina, a trajnost strukture je 20 godina (dokazano 30 godina).

## 3. AKUSTIČNA SVOJSTVA



*Slika 2. Osnovni tipovi barijera za zaštitu od buke*

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.

Akustičke barijere, kao nužan uvjet moraju zadovoljiti zahtjeve u pogledu zaštite od buke, a to su: adekvatna zvučna izolacija  $R_w$ , adekvatna apsorpcija zvuka  $\Delta L\alpha$ . Zvučna izolacija barijere uvjetovana je potrebnom redukcijom buke kod šticeenih objekata. Za zvučnu izolaciju barijera postavlja se kriterij da  $R_w$  mora biti minimalno 24 dB za sve vrste barijera. Apsorpcija zvuka barijera uvjetovana je potrebom za ograničavanjem buke na suprotnoj strani od šticeene ukoliko se tamo nalaze građevine koje treba štiti od buke.

#### 4. ZAKLJUČAK

Zaštita od buke ima sve značajnije mjesto u zaštiti zdravlja stanovništva, odnosno kvalitetu života. U posljednje vrijeme se barijere za zaštitu od buke intenzivno grade. Zaštita od buke naselja u blizini industrijskih postrojenja sistematski se provodi izgradnjom različitih tipova zidova. To je nerijetko optimalno rješenje, jer se zaštita postiže trenutno, izgradnjom barijere, a s obzirom da se izgradnja novih industrijskih postrojenja uslovljava okolinskim dozvolama, obično nema prostornih ograničenja.

Osim barijerama, smanjenje nivoa buke postiže se i drugim mjerama kao što su smanjenje buke na izvoru, mjerama koje djeluju na sprječavanje širenja buke, zaštitom od buke na mjestu imisije, te ekonomskim mjerama i regulativom.

#### 5. MJERENJE INTENZITETA BUKE

##### 5.1. Rezultati mjerenja intenziteta buke na industrijskom postrojenju–dnevno mjerenje



Mjerenja intenziteta buke na industrijskom postrojenju su vršena analizatorom za buku i vibracije tipa BEHA 93473. Instrument odgovara karakteristikama IEC publikacije 179, s obzirom da posjeduje filter oktavnih pojaseva 63 Hz do 8 kHz.

Slika 3. – Instrument za mjerenje intenziteta buke

##### **Izvori buke:**

- uobičajena vožnja vagona, kočenje vagona, međusobni sudari vagona (kod uobičajene vožnje, kočenja i međusobnih sudara vagona nema pojava prevelike buke (čiji je intenzitet iznad zakonom dozvoljene), jer se vagoni na utovar uglja dostavljaju ranžirnim uređajem s beskonačnim čeličnim užetom).
- udar uglja u pod/dno vagona (pri udaru uglja u pod/dno vagona, intenzitet buke, mjereno na udaljenosti 50 m od najbližih kuća u naseljenom području, se kretao u intervalu od 60,1 – 77,3 dB i predstavljao je najveći izmjereni intenzitet buke nastao zbog rada na ranžirnoj željezničkoj stanici).

##### **Sastav tla na kojem je izgrađena ranžirna željeznička stanica:**

Ranžirna željeznička stanica je izgrađena na nasipu od laporovitih glina, lapora i krečnjaka.

##### **Parametri mjerenja intenziteta buke:**

Mjerenje intenziteta buke vršeno je sa aspekta njenog tehničkog i humanog karaktera, štetnog djelovanje na zdravlje ljudi i dozvoljenog vremena trajanja štetnog djelovanja buke u funkciji njenog intenziteta (80 dB(A) – zona privredne namjene) u graničnom dijelu industrijskog postrojenja i naseljenog područja – zona najbližih kuća naseljenog područja na udaljenosti od 50 m i izvora buke industrijskog postrojenja (utovar uglja u željezničke vagona).

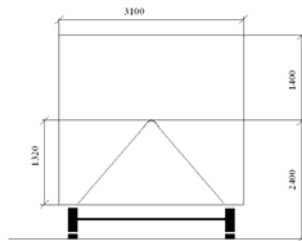
##### **Dnevno mjerenje: 26.04.2012.godine**

- lokacija: različite lokacije izvora buke koju emitira tretirano industrijsko postrojenje
- vrijeme: sunčano
- vremenski interval mjerenja: od 11,05 do 13,25 sati
- nulto stanje: evidentiran rad različitih segmenata industrijskog postrojenja i izmjeren interval intenziteta buke koju su emitirali [dB]

Dnevnim mjerenjem intenziteta buke na različitim lokacijama industrijskog postrojenja, ustanovljeno je da je intenzitet buke na mjernim tačkama bio manji od dozvoljenih 80 dB (A), osim na dvije mjerne tačke gdje su se intenziteti buke kretali od 91,9 – 97,4 dB, odnosno 75,9 – 88,9 dB i gdje je neophodno koristiti lična sredstva za zaštitu od buke.



Slika 4. Utovar uglja u vagon



Izgled vagona sa zadnje strane sa dužinom od 25m i masom od 23.900 Kg

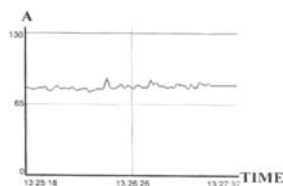
Slika 5. Skica vagona FALS s dimenzijama i kosim podom/dnom (težina vagona 23.900 kg)

### Izmjerene vrijednosti intenziteta buke:

#### Pretovarni sistem: Mjerna tačka na udaljenosti 5 m od mjesta za utovar uglja u vagona

Tabela 1.– Parametri mjerenja intenziteta buke

R/b	Datum mjerenja	Vrijeme mjerenja	Intenzitet buke [dB]	A-skala [dB(A)]
1.	12/04/26	13:25:18	79,5	40-90
2.	12/04/26	13:25:20	79,8	40-90
...				
...				
73.	12/04/26	13:27:35	82,6	40-90
74.	12/04/26	13:27:37	82,6	40-90



Slika 6. – Dijagram intenziteta buke

Decibel A-skala [dB(A)] – Međunarodna mjerna skala nivoa zvuka ili buke koja uzima u obzir promjenjivu osjetljivost ljudskog uha na raznim frekvencijama

### 5.2. Rezultati mjerenja intenziteta buke u naseljenom području – noćno mjerenje

Noćno mjerenje na dan 30.04.2012.godine i 25/26.05.2012.godine

- lokacije: najbliže kuće, kuća „I“ i kuća „II“ (u hodniku i na spratu), naseljenog područja na udaljenosti 50 m od izvora buke (mjesto utovara uglja u željezničke vagona)

- vrijeme: toplo

- vremenski interval mjerenja: od 20,45 do 01,31 sati

- nulto stanje: evidentiran rad manevarske lokomotive na postavljanju vagona za utovar, rad postrojenja na utovaru uglja u vagona, rad ventilatora na obližnjoj pilani, buka automobila koji prolaze obližnjom regionalnom cestom i u tim uvjetima je izmjeren interval intenziteta buke koju su emitirali [dB] navedeni izvori

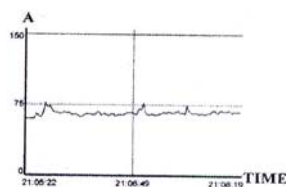
Noćnim mjerenjem intenziteta buke na tretiranom lokalitetu je ustanovljeno da je intenzitet buke bio u dozvoljenim granicama – 80 dB (A).

**Napomena:** Manevarska lokomotiva ranžirala-dostavljala željezničke vagona na utovar uglja

#### Vrši se utovar uglja u vagona: Intenzitet buke mjeren ispred kuća “I” i „II”

Tabela 2.– Parametri mjerenja intenziteta buke

R/b	Datum mjerenja	Vrijeme mjerenja	Intenzitet buke [dB]	A-skala [dB(A)]
1.	12/04/30	21:05:22	60,1	40-90
2.	12/04/30	21:05:24	60,1	40-90
...				
...				
93.	12/04/30	21:08:17	66,9	40-90
94.	12/04/30	21:08:19	66,9	40-90



Slika 7. – Dijagram intenziteta buke

**Napomena:** Evidentna su tri skoka na dijagramu, a odnose se na udar uglja u pod/dno vagona

## 6. IZBOR MJERA I NAČINA ZAŠTITE OD BUKE

Da bi se došlo do smjernica za rješavanje problema zaštite od buke naseljenog područja, koja nastaje radom na željezničkoj ranžirnoj stanici rudnika uglja, izvršena su dnevna i noćna mjerenja intenziteta buke, kako na Postrojenju za prijem, pripremu i utovar uglja u vagone, tako i u naseljenom području. Iako su mjerenja pokazala da je intenzitet buke (i danju i noću) u naseljenom području u zakonom dozvoljenim granicama (na granici građevne čestice unutar zone privredne namjene), smatralo se da je, ipak, potrebno poduzeti mjere da se intenzitet buke smanji kako bi se stanovništvu naseljenog područja obezbijedili humaniji uvjeti za život. Budući da je pravnom regulativom zaštita od buke definirana kao ekološki zahtjev, te da su postavljeni kriteriji za određivanje lokacija za provođenje mjera zaštite od buke, predviđeno usklađeno djelovanje na smanjenje nivoa buke na samom njenom izvoru kroz odgovarajuća tehničko-tehnološka rješenja. U tom kontekstu su u bunkeru za utovar uglja u vagone postavljene viseće odbojne gumene trake koje sprječavaju direktan udar uglja na pod/dno čeličnog utovarnog lijevka bunkera. Osim toga, sa bočne strane utovarnog bunkera, nasuprot strani naseljenog područja, je uklonjena akustična reflektirajuća barijera (vidjeti sliku 10.) koja je nastale zvučne udare prilikom utovara uglja u vagone direktno reflektirala prema naseljenom području.

### 6.1 Proračun intenziteta buke

Proizvoljna mehanička oscilacija materijalnih čestica u zraku izaziva šumove, ili, ukoliko smetaju, buku, što je ovdje slučaj. Ako uzmemo u obzir samo dvije (najznačajnije) tehničke karakteristike aluminijskih panela:

$DL_R = \text{min.} 24 \text{ dB}$  – zvučna izolacija aluminijskih panela

$DL_a = \text{min.} 8 \text{ dB}$  – apsorpcija zvuka aluminijskih panela

tada će intenzitet buke ispred najbližih kuća naseljenog područja, nakon izgradnje zida od aluminijskih panela, biti:

$$L_{p_i} = L_p - (DL_R + DL_a) = 66,9 - (24 + 8) = 34,9 \text{ dB(A)} < L_{p_{\text{doz}}} = 50 \text{ dB(A)} \quad \dots (1)$$

$L_p = 66,9 \text{ dB(A)}$  – najveći izmjereni nivo buke ispred najbližih kuća naseljenog područja

$L_{p_{\text{doz}}} = 50 \text{ dB(A)}$  – max. dozvoljeni nivo buke noću u mješovitoj zoni, pretežno poslovne namjene [danju je 65 dB(A)]

Za konačno rješenje tretiranog problema, predviđeno je da se, s obje strane utovarnog bunkera, duž škarpe nasipa na kojem je izgrađena ranžirna željeznička stanica rudnika uglja, izgrade barijere (zidovi) za zaštitu od buke prema naseljenom području. U tom kontekstu je, na osnovu njenih tehničkih karakteristika i prethodnog proračuna, odabrana apsorbirajuća barijera za zaštitu od buke s jednostrano visokoapsorbirajućim aluminijskim panelima dimenzija 3.960 x 500 x 120 mm. Nosivi dio barijere je čelična konstrukcija od standardnih predgotovljenih profila HEA 160, prema DIN 1025 i DIN 18800, Teil 1.

Barijere s obje strane bunkera za utovar uglja u vagone se sastoje od po tri segmenta dužine 4,0 m, odnosno ukupno 12,0 m ili dvije barijere dužine po 12,0 m. Visine barijera su 4,0 m i instalirane su na temelje visine 1,0 m koji su povezani armirano-betonskim gredama, također visine 1,0 m, ukopane u zemlju.

## 7. REZULTATI MJERENJA INTENZITETA BUKE U NASELJENOM PODRUČJU NAKON IZGRADNJE APSORBIRAJUĆIH BARIJERA ZA ZAŠTITU OD BUKE

### Dnevno mjerenje na dan 17.04.2013. godine

- lokacije: najbliže kuće naseljenog područja na udaljenosti 50 m od izvora buke (mjesto utovara uglja u željezničke vagone)
- vrijeme sunčano, vrši se utovar uglja u vagone, pri kraju mjerenja je registriran prolazak kamiona obližnjim regionalnim putem
- početak mjerenja: 12,29 sati
- buka: u intervalu od 42,8 - 50,8 dB

### Noćno mjerenje na dan 17.04.2013. godine

- lokacije: najbliže kuće naseljenog područja na udaljenosti 50 m od izvora buke (mjesto utovara uglja u željezničke vagone)
- vrijeme: toplo
- početak mjerenja: 21,22 sati
- buka: u intervalu od 51,9 - 58,3 dB
- nulto stanje: rad postrojenja na utovaru uglja u vagone, rad ventilatora na obližnjoj pilani, buka automobila koji prolaze obližnjim regionalnim putem i autoputem i u tim uvjetima je izmjeren interval intenziteta buke koju su emitirali [dB] navedeni izvori

Noćnim mjerenjem intenziteta buke na tretiranom lokalitetu je ustanovljeno da je intenzitet buke, s aspekta izvora buke koju emitira industrijsko postrojenje, bio u dozvoljenim granicama.



Slika 8. Bočna strana bunkera za utovar uglja sa kojeg je uklonjena akustična reflektirajuća barijera



Slika 9. Bočna strana bunkera za utovar uglja (strana prema naseljenom području)



Slika 10. – Izgled bočne strane bunkera za utovar uglja (iz dvije pozicije) uz koju su izgrađene apsorbirajuće barijere za zaštitu od buke naseljenog područja

## 8. LITERATURA

- [1] [www.werkos.com](http://www.werkos.com)
- [2] [www.forster.at](http://www.forster.at)
- [3] [www.glecer.rs](http://www.glecer.rs)
- [4] Recknagel H. & Sprenger E.: “Grijanje i klimatizacija”, Građevinska knjiga, Beograd, 1984.