



TEHNIKA I INFORMATIKA U OBRAZOVANJU

4. Internacionalna Konferencija, Tehnički fakultet Čačak, 1–3. jun 2012.

TECHNICS AND INFORMATICS IN EDUCATION

4th International Conference, Technical Faculty Čačak, 1–3rd June 2012.

UDK: 534::378.4

Stručni rad

ANALIZA AKUSTIČKOG KOMFORA ZAPOSLENIH NA BANJALUČKOM UNIVERZITETU

Ljubiša Preradović¹, Biljana Antunović², Vlado Simeunović³, Aleksandar Janković⁴

Rezime: Imajući u vidu činjenicu da u današnjem savremenom društvu buka predstavlja jednu od najštetnijih fizičkih pojava u radnoj sredini u okviru ovog rada predstavljena je analiza akustičkog komfora zaposlenih na banjalučkom univerzitetu. Pored analize rezultata sprovedene ankete o subjektivnom osjećaju zaposlenih kada je u pitanju akustički komfor, takođe su prikazani i analizirani rezultati mjerenja nivoa buke na radnom mjestu kao i uticaj izmjerenog nivoa buke na rad zaposlenih na Univerzitetu. Analiza rezultata mjerenja pokazala je da izmjereni nivo buke ne prelazi granice propisane važećim standardom osim u zgradi Filološkog fakulteta što se na korisnike ove zgrade može odraziti jedino na psihičko stanje organizama kroz efekte kao što su gubitak koncentracije, zamor ili razdražljivost, dok rezultati sprovedene ankete pokazuju da buka ometa rad zaposlenih u svim razmatranim zgradama.

Ključne reči: Akustički komfor, informacione tehnologije, nivo buke, radna sredina

ANALYSIS OF ACOUSTIC COMFORT OF EMPLOYEES AT UNIVERSITY OF BANJA LUKA

Summary: In modern society noise is one of the most disturbing physical phenomena in the working environment. Having in mind this fact, an analysis of acoustic comfort of employees at the University of Banja Luka is presented in this paper. The results of conducted survey about the subjective experience of acoustic comfort as well as the measurements of noise levels in the workplace are analyzed and presented. Furthermore, the impact of measured noise levels on the employees at the University is discussed. Analysis of measurements showed that the measured noise level does not exceed the limit regulated by the valid standards, except in the building of Faculty of Philology what might reflect only on psychological state of employees, through effects such as loss of concentration, fatigue or irritability while the results of the survey indicate that noise

¹ Prof. dr Ljubiša Preradović, Arhitektonsko-građevinski fakultet, Stepe Stepanovića 77/III, Banja Luka, e-mail: ljpreradovic@agfbl.org

² Doc. dr Biljana Antunović, Arhitektonsko-građevinski fakultet, Stepe Stepanovića 77/III, Banja Luka, e-mail: bantunovic@agfbl.org

³ Prof. dr Vlado Simeunović, Pedagoški fakultet, Svetog Save 24, Bijeljina, e-mail: vlado.simeunovic@gmail.com

⁴ Aleksandar Janković, Arhitektonsko-građevinski fakultet, Stepe Stepanovića 77/III, Banja Luka, e-mail: ajankovic@agfbl.org

interferes with the work of employees in all considered buildings.

Key words: *Acoustic comfort, information technology, noise level, the working environment*

1. UVOD

Akustički komfor zgrade (prostorije) podrazumijeva zadovoljenost skupa elemenata akustičkog kvaliteta koji neposredno utiču na kvalitet i ugodnost boravka u prostoriji, a prvenstveno je određen nivoom buke kojem su izloženi korisnici zgrade. Zahtjevi korisnika zgrade koje pri tome treba ispuniti jesu razumljivost govora, privatnost razgovora i koncentracija. Ovi kriterijumi su u manjoj ili većoj mjeri narušeni ukoliko u prostoriji postoji nivo buke veći od dozvoljenog. Buka u radnoj sredini ima negativno dejstvo na radnu snagu, a njene posljedice mogu imati različite efekte na zdravlje i rad radnika, kao što su psihičke (zamor, unutrašnja napetost, neraspoloženje i sl.) i fiziološke promjene (povećanje pulsa, krvnog pritiska i sl.) [1]. U skladu sa zakonom štetnost djelovanja buke ocjenjuje se upoređivanjem dopuštenog nivoa buke na određenom radnom mjestu (prostoriji) izraženog u dB, sa izmjerenim nivoom buke na tom random mjestu (prostoriji). Stoga je u okviru ovog rada predstavljena analiza akustičkog komfora zaposlenih na banjalučkom univerzitetu sa dva spekta: sprovedena je anketa zaposlenih o njihovom subjektivnom doživljaju akustičkog komfora na radnom mjestu i izvršeno je mjerenje nivoa buke u karakterističnim prostorijama svih institucija. Na osnovu dobijenih rezultata izvršena je analiza eventualnog uticaja buke na zaposlene na Univerzitetu.

2. BUKA

Zvuk je osjećaj koji se prima preko čula sluha nastao promjenama vazdušnog pritiska usljed deformacija elastične sredine i obuhvata mehaničke talase u intervalu frekvencija od 20 Hz do 20 kHz. Ipak, ljudsko uho je najosjetljivije na frekvencije od 100 Hz do 3.500 Hz, koje su i najznačajnije za građevinsku akustiku [2]. Ukoliko je zvuk koji opažamo neugodan i na nas djeluje uznemiravajuće i štetno, nazivamo ga buka. Pod štetnim djelovanjem buke podrazumijeva se buka čiji nivo, izmjeren na određenom radnom mjestu u radnoj prostoriji, prelazi dopuštene nivoe buke propisane pravilnikom, a što ometa različite djelatnosti kao što su neposredno sporazumijevanje govorom, posredno sporazumijevanje sredstvima komunikacije i primanje zvučnih signala, i oštećuje čulo sluha. Za opisivanje buke najvažnija fizička veličina je nivo buke L izražen sljedećom jednačinom:

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0} = 20 \log \frac{p}{p_0} \quad (1.)$$

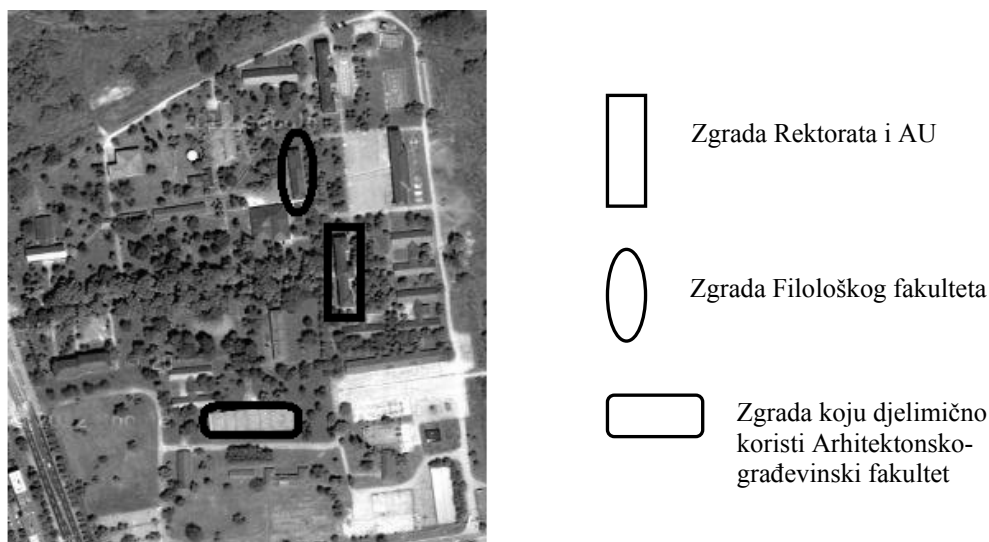
gdje je I (W/m²) intenzitet zvučnog talasa na mjestu sa nivoom zvuka L , $I_0 = 10^{-12}$ W/m² najniži intenzitet zvuka koji ljudsko uho može da opazi (prag čujnosti), p (Pa) zvučni pritisak na mjestu sa nivoom zvuka L , $p_0 = 2 \times 10^{-5}$ Pa prag čujnosti izražen preko zvučnog pritiska. Nivo zvuka izražava se u decibelima (dB). Zakonom propisana vrijednost za izražavanje vremenski promjenljive buke na radnom mjestu je A-otežani ekvivalentni nivo buke [5] odnosno energetska prosječna vrijednost zvučnog talasa u toku vremenskog intervala mjerenja T :

$$L_{Aeq_T} = 10 \log \frac{1}{T} \int \frac{p^2(t)}{p_0^2} dt \quad (2.)$$

Pri mjerenju ekvivalentnog nivoa buke⁵ koriste se A-frekvencijska⁶ i F-vremenska⁷ ponderizaciona kriva, tako da se u označavanju nivoa buke ne navode njihove oznake i uobičajeno se koristi oznaka za nivo buke – LAeq, uz obavezno navođenje vremenskog intervala mjerenja.

3. ORGANIZACIJA ISTRAŽIVANJA

Univerzitet u Banjoj Luci je osnovan 7. 11.1975. god. Od januara 2008. godine je integrisan i obuhvata 16 fakulteta sa 52 studijska programa na kojima radi oko 650 profesora, 400 asistenata i 450 administrativnih službenika [3]. Na Univerzitetu trenutno studira oko 17.000 studenata, a do sada je diplomiralo više od 19.000 studenata i 700 specijalista, magistriralo je 650, a doktoriralo 300 kandidata. Većina fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci nalazi se u dva kampusa. Na sl. 1. prikazan je Drugi kampus (bivša kasarna) u kojoj je smješten Rektorat i dio fakulteta u kojima je sprovedena anketa i izvršena mjerenja [4].



Sl. 1. Drugi kampus (bivša kasarna)

4. REZULTATI I DISKUSIJA

4.1. REZULTATI SPROVEDENE ANKETE

Tokom februara i marta 2012. god. sprovedena je anketa zaposlenih na banjalučkom

⁵ Pod pojmom nivoa buke dalje u radu podrazumijevaće se ekvivalentni nivo buke.

⁶ 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 nivo zvuka srednje jačine.

⁷ FAST Vremenska ponderizacija podrazumijeva eksponencijalni vremenski prozor sa vremenskom konstantom 125 ms.

univerzitetu: u zgradi Rektorata u kojoj je smješten Rektorat i Akademija umjetnosti (AU), zgradi Filološkog fakulteta (FF) i dijelovima dvije zgrade koje koristi Arhitektonsko-građevinski fakultet (AGF). U okviru ankete ukupno je anketirano 73 zaposlena (Rektorat – 7, AU – 11, AGF – 34 i FF – 21). Anketni upitnik se odnosio na komfor i sastojao se od sljedećih grupa pitanja: opšti podaci o instituciji i prostoriji u kojoj borave zaposleni i opšti podaci o ispitaniku; zvuk (buka) – akustični komfor; osvjetljenje – svjetlosni komfor; temperatura, vlažnost i kretanje vazduha – toplotni komfor i kvalitet vazduha – vazdušni komfor. Analiza rezultata je izvršena u analitičko-statističkom alatu SPSS, verzija 20 [5].

U zgradi Rektorata, u kojoj se nalaze Rektorat i dio prostorija Akademije umjetnosti, uposlano je ukupno 18 ispitanika, na Arhitektonsko-građevinskom fakultetu – 34, a 21 ispitanik radi na Filološkom fakultetu. Svakodnevno izlaganje djelovanju buke navelo je 37 ispitanika (Tabela 1). Primjenom χ^2 -testa nije dobijena statistička značajnost izlaganju buci u odnosu na instituciju zaposlenja ($\chi^2 = 0.637$, $SS = 2$, $p = 0.727$).

Tabela 1. Izlaganje buci prema instituciji zaposlenja

		Institucija			Ukupno	
		Rektorat i AU	AGF	FF		
Izlaganje buci	Da	N	8	17	12	37
		%	44.4%	50.0%	57.1%	50.7%
	Ne	N	10	17	9	36
		%	55.6%	50.0%	42.9%	49.3%
Ukupno	N	18	34	21	73	
	%	24.7%	46.6%	28.8%	100.0%	

Ispitanici sa FF su naveli prosječno najduže dnevno izlaganje buci (240 min.), zatim zaposleni u Rektoratu i AU – 120 min., a najkraću izloženost buci su naveli zaposleni na AGF (106.67 min). Prosječna dnevna izloženost buci je bila 121.67 min.

Od 29 ispitanika koji su naveli izvore buke, 12 (41.4%) ispitanika je navelo da postoje tri ili više izvora buke (od toga šestoro je zaposleno na FF), sedmero ispitanika (24.1%) je navelo dva izvora buke (od toga dvoje je zaposleno na FF), troje (10.3%) je navelo razgovor iz susjedne prostorije, dvoje (6.9%) je navelo da je izvor buke uređaj unutar prostorije, dok je petoro (17.2%) navelo “ostale” faktore (od toga troje je zaposleno na FF).

Da buka ometa rad navelo je 32 ispitanika (od toga devetoro sa FF), da ometa sporazumijevanje govorom navelo je 10 anketiranih (31.2%) - od toga sedmero je zaposleno na FF, dok je 13 zaposlenih (41.9%) od 31 dobijena odgovora navelo da buka ometa neposredno sporazumijevanje sredstvima komunikacije – u manjoj mjeri, što je pokazalo i statističku značajnost ($\chi^2 = 7.818$, $SS = 2$, $p = 0.020$).

Gubitak koncentracije zbog uticaja buke navelo je 11 (34.4%) ispitanika (od toga troje je zaposleno na FF), dvoje (6.2%) je navelo psihički zamor, četvero (12.5%) unutrašnju

napetost (od toga jedno je zaposleno na FF), devetoro (28.1%) je navelo dva faktora (od toga petoro je zaposleno na FF), a šestoro (18.8%) je navelo tri faktora uticaja buke na radnom mjestu.

4.2. MJERENJE NIVOA BUKE

Mjerenje nivoa buke izvršeno je u svim zgradama Univerziteta u kojima je sprovedena anketa pri čemu su izabrane karakteristične prostorije u zavisnosti od položaja prostorija u odnosu na izvore buke i od njihove namjene [8]. Broj mjernih tačaka u svakoj prostoriji određen je na osnovu veličine prostorije i mogućnosti mjerenja kada je aktivan spoljašnji izvor buke. Svako mjerenje je izvršeno u dužini trajanja od najmanje 15 minuta u toku radnog vremena, kada u prostorijama nije bilo korisnika.

Za mjerenje nivoa buke korišten je prenosni analizator sa oktavnim filterima za analizu⁸, tip 2270, proizodač, Brüel & Kjaer, Danska. Kalibracija instrumenta izvršena je prije mjerenja, kalibratorom Brüel & Kjaer, tip 4231. Za sistematičan prikaz, analizu i arhiviranje mjerenja korišten je PC program Evaluator type 7815 PC Software.

Rezultati mjerenja nivoa buke (L_{Aeq}) izraženog u decibelima (dB) za karakteristične prostorije predmetnih zgrada prikazani su u Tabeli 2 [8] kao i najviši dopušteni nivoi buke koju na radnom mjestu stvaraju neproizvodni izvori buke (uređaji za ventilaciju ili klimatizaciju, susjedna organizacija, ulični saobraćaj i sl.) zavise od vrste djelatnosti, a propisani su Pravilnikom [5].

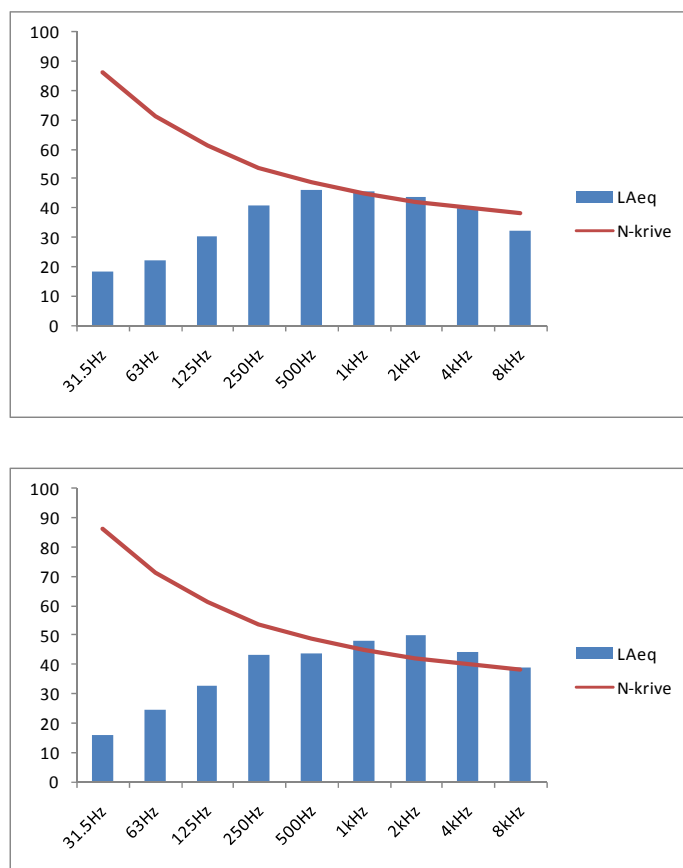
Tabela 2. Rezultati mjerenja buke u radnoj sredini u zgradama Univerziteta u Banjoj Luci

Prostorija	Institucija	Mjerna tačka	Izmjereni nivoi L_{Aeq} [dB]	Dopušteni nivoi L_{Aeq} [dB]
Grafički atelje	Rektorat	1	52,4	60
		2	48,3	
		3	44,3	
Biblioteka		1	48,5	55
		2	43,5	
		3	52,0	
Kancelarija (Rektorat)		1	41,4	55
Učionica br. 1	Filološki	1	51,1	50
Učionica br. 2		1	54,0	50
Učionica	AGF	1	43,0	50
		2	41,6	
		3	47,9	
Kancelarija		1	44,1	55

⁸ Korišteni instrument ispunjava IEC standarde.

Izmjerene vrijednosti nivoa buke ne prelaze vrijednosti propisane Pravilnikom [5] osim u učionicama na Filološkom fakultetu, gdje nivo izmjerene buke prelazi dozvoljene vrijednosti za 1,1 dB i 4,0 dB. Razlika između vrijednosti izmjenog nivoa buke i nivoa buke propisanog za odgovarajuću vrstu posla je dovoljno velika da je zaposleni mogu opaziti, što može uticati na gubitak koncentracije, zamor ili razdražljivost.

S obzirom na to da u prostorijama Filološkog fakulteta buka prelazi dozvoljene vrijednosti, u skladu sa Pravilnikom, potrebno je izvršiti oktavnu analizu buke. Na Slici 2 prikazani su oktavni opsezi frekvencijskog spektra i vrijednosti N-krive u kojima nivo buke prelazi propisanu vrijednost, a kao što se može vidjeti sa slike vrijednost izmjenog nivoa buke prelazi vrijednost propisanu Pravilnikom u području srednjih i viših frekvencija.



Slika 2. Oktavni opsezi frekvencijskog spektra u učionici br. 1 i učionici br. 2 na Filološkom fakultetu i vrijednosti N-krive

Imajući u vidu da su oktave sa centralnim frekvencijama od 500 Hz, 1 kHz i 2 kHz najznačajnije za dobro razumijevanje govora, može se zaključiti da je dobra razumljivost narušena.

5. ZAKLJUČAK

U cilju analize akustičkog komfora na banjalučkom univerzitetu, koja je uslijedila nakon realizacije naučno-istraživačkog projekta „Energetska efikasnost u graditeljstvu“ [6], sprovedena je anketa zaposlenih i izvršeno mjerenje nivoa buke u nekoliko odabranih reprezentativnih prostorija u svakoj zgradi. Dok je analiza rezultata mjerenja pokazala da je izmjereni nivo buke u granicama propisanim zakonom u prostorijama Rektorata, AU i AGF-a, rezultati sprovedene ankete pokazuju da buka ipak ometa rad pojedinih zaposlenih. Nasuprot tome, u odabranim učionicama na Filološkom fakultetu, izmjerena vrijednost premašuje dozvoljene vrijednosti za 1,1 dB odnosno 4 dB što može da se odražava jedino na psihičko stanje organizama kroz efekte kao što su gubitak koncentracije, zamor ili razdražljivost [8], a što je ujedno u skladu sa rezultatima sprovedene ankete. S obzirom na to da je doživljaj buke svakog pojedinca veoma subjektivan osjećaj, a za analizu sprovedenih mjerenja su kao referentne uzete zakonom propisane vrijednosti za određenu vrstu posla, očekivano je da se anketa ne slaže u potpunosti sa mjerenjem. Osim toga, ovaj rad predstavlja polaznu osnovu za budući naučno-istraživački rad u kojem bi trebalo anketirati veći broj zaposlenih kako bismo dobili statistički pouzdan rezultat sa aspekta ankete i takođe pored nivoa buke izmjeriti i druge fizičke parametre koji definišu akustički komfor prostorije kako bismo izveli krajnji zaključak o akustičkom komforu zaposlenih na banjalučkom univerzitetu.

6. LITERATURA

- [1] Jablanović M, Jakšić P, Kosanović K. (2003) Uvod u ekotoksikologiju, Univerzitet u Prištini, Priština
- [2] Vilems V. M, Šild K, Dinter S. (2006), Građevinska fizika – priručnik Deo II, Građevinska knjiga d. o. o., Beograd
- [3] <http://www.unibl.org/index.php?firmaid=1&idsek=88>, preuzeto: 6. 4. 2012.
- [4] <http://maps.google.com/>, preuzeto: 6. 4. 2012.
- [5] Pravilnik o merama i normativima zaštite na radu od buke u radnim prostorijama, Službeni list SFRJ, broj 21, 1992.
- [6] Preradović Lj, Đajić V. (2011) Analitičko-statističke tehnike u savremenim istraživanjima, Arhitektonsko-građevinski fakultet, Banja Luka
- [7] Stanković M, Preradović Lj, Pucar M, Petković S, Krstić-Furundžić A, Antunović B. Naučno-istraživački projekat Energetska efikasnost u graditeljstvu, Banja Luka, 2011.
- [8] Antunović B, Janković A, Dekić R, Ocjena uticaja buke u objektima Univerziteta u Banjoj Luci, Naučno-stručni skup „Arhitektura i Urbanizam, Građevinarstvo, Geodezija –Juče, Danas, Sutra“, Banja Luka, 2011., str. 539-548.