

ZAŠTITA OD BUKE U SVAKODNEVNOM ŽIVOTU

Kralj, Valentina

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:457399>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-28**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu
Odjel Sigurnosti i zaštite
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Valentina Kralj

ZAŠTITA OD BUKE U SVAKODNEVNOM ŽIVOTU

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2024.

Karlovac University of Applied Sciences
Safety and Protection Department
Professional undergraduate study of Safety and Protection

Valentina Kralj

NOISE PROTECTION IN EVERYDAY LIFE

Final paper

Karlovac, 2024.

Veleučilište u Karlovcu
Odjel Sigurnosti i zaštite
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Valentina Kralj

ZAŠTITA OD BUKE U SVAKODNEVNOM ŽIVOTU

ZAVRŠNI RAD

Mentor: dr. sc. Slaven Lulić, prof. struč. stud.

Karlovac, 2024.



**VELEUČILIŠTE
U KARLOVCU**
Karlovac University
of Applied Sciences

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Trg J.J.Strossmayera 9
HR-47000, Karlovac, Croatia
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510
Fax. +385 - (0)47 - 843 - 579



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Stručni studij sigurnosti i zaštite

Usmjerenje: Zaštita na radu

Karlovac, 2024.

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Valentina Kralj

Matični broj: 0415621018

Naslov: Zaštita od buke u svakodnevnom životu

Opis zadatka:

Zadatak završnog rada je uz pomoć literature obraditi temu zaštita od buke u svakodnevnom životu. Prvi dio rada govori o utjecaju buke na čovjeka te o načinu mjerenja buke. Zatim se opisuju mjere zaštite od buke u raznim segmentima života poput prometa, industrijskih postrojenja, gradilišta, ugostiteljskih objekata te kućanstava.

Zadatak zadan:

03/2024.

Rok predaje rada:

05/2024.

Predviđeni datum obrane:

06/2024.

Mentor:

dr. sc. Slaven Lulić, prof. struč. stud.

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

Ivan Štedul, v. pred.

PREDGOVOR

Rad je nastao u svrhu izrade završnog rada za Stručni prijediplomski studij sigurnosti i zaštite na Veleučilištu u Karlovcu. Tijekom izrade rada koristila sam se različitim stručnim izvorima, literaturom te internetskim stranicama.

Željela bih se zahvaliti mentoru dr. sc. Slaven Lulić, prof. struč. stud. na svim sugestijama i pomoći tijekom izrade ovog rada. Također se zahvaljujem i ostalim profesorima s Veleučilišta u Karlovcu koji su mi nesebično podijelili svoje znanje i iskustvo.

Zahvaljujem se i svojoj obitelji i prijateljima što su vjerovali i bili uz mene.

Hvala Vam!

Valentina Kralj

SAŽETAK

U prvom dijelu rada je objašnjeno što je to buka te koji su negativni utjecaji buke na čovjeka. Nakon toga su objašnjeni postupci mjerenja buke. U radu su također opisane mjere zaštite od buke u raznim segmentima života poput prometa, industrijskih postrojenja, gradilišta, ugostiteljskih objekata te kućanstava.

KLJUČNE RIJEČI: buka, utjecaj buke na čovjeka, mjerenje buke, zaštita od buke

SUMMARY

In the first part of the paper, it was explained what noise is and what are the negative effects of noise on humans. After that, noise measurement procedures were explained. The paper also describes noise protection measures in various segments of life, such as traffic, industrial plants, construction sites, catering establishments and households.

KEY WORDS: noise, impact of noise on humans, noise measurement, noise protection

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. OSNOVNI POJMOVI.....	2
2.1. Valovi.....	2
2.2. Zvuk	3
2.3. Buka.....	4
2.3.1. Građa uha	5
2.3.2. Utjecaj buke na čovjeka	6
3. MJERENJE BUKE.....	7
3.1. Pravila pri mjerenju buke	9
3.2. Strateška karta buke	12
4. BUKA U SVAKODNEVNOM ŽIVOTU	13
4.1. Buka prometa	13
4.2. Buka industrijskih postrojenja	15
4.3. Buka gradilišta	16
4.4. Buka ugostiteljskih objekata.....	19
4.5. Buka iz kućanstva	20
5. ZAŠTITA OD BUKE	22
6. ZAKLJUČAK.....	23
7. LITERATURA	24
8. PRILOZI	26
8.1. Popis slika.....	26
8.2. Popis tablica	26

1. UVOD

Od buke se ne može pobjeći, ona je prisutna svuda oko nas, bilo da dolazi iz prometa, industrijskih postrojenja, građevinskih radova, ugostiteljskih objekata ili iz naših domova.

Njemački bakteriolog Robert Koch još je davne 1910. godine izjavio: *„Doći će vrijeme kada će buka postati jedan od najvećih neprijatelja čovjeka te će se protiv nje morati boriti kao što se borio protiv kuge i kolere.“*

Sada jedno stoljeće nakon stiglo je to vrijeme. Spoznavanjem svih negativnih i štetnih utjecaja buke kao ključno pitanje postavila se zaštita od buke.

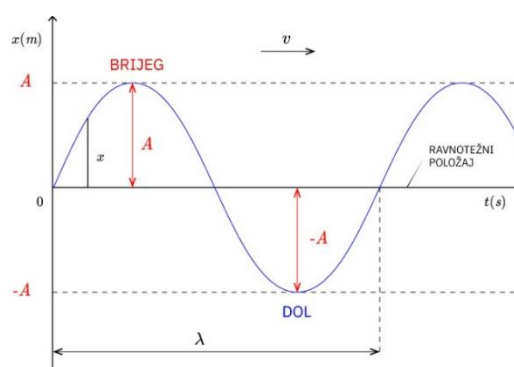
Svrha ovog rada je istražiti koji su to sve štetni utjecaju buke na zdravlje čovjeka te koje se metode zaštite od buke primjenjuju u svakom od segmenata života.

2. OSNOVNI POJMOVI

2.1. Valovi

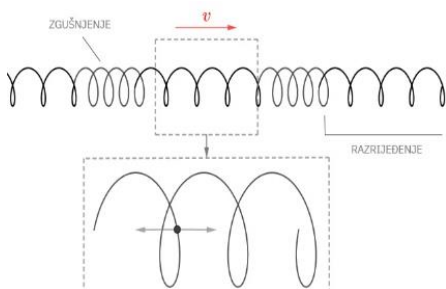
Valovima se prenosi energija s jednoga mjesta na drugo. Razlikujemo mehaničke, elektromagnetske i valove materije. Kod mehaničkih valova energija se prenosi uz pomoć čestica koje titraju, a sam val se širi kroz elastična sredstva gdje pomak jedne čestice uzrokuje i pomak susjednih čestica. Ovisno o smjeru titranja čestica razlikujemo transverzalni i longitudinalni val [1].

Transverzalni valovi (slika 1) su oni kod kojih čestica vala titra okomito na smjer širenja vala. Pomičemo li uže rukom gore – dolje ono će se oblikovati kao transverzalni val. Zapravo su transverzalni valovi karakteristični po svojim brjegovima i dolovima od kojih se sastoje [1].



Slika 1: Transverzalni val [1]

Svaki val opisujemo valnom duljinom, amplitudom, elongacijom te frekvencijom. Valna duljina (λ) predstavlja udaljenost između dva brjega odnosno dola te se mjeri u metrima. Amplituda (A) predstavlja udaljenost od ravnotežnog položaja do najviše točke brjega, odnosno najniže točke dola. Također se i amplituda mjeri u metrima. Elongacija (x) predstavlja bilo koju udaljenost čestica koje titraju od ravnotežnog položaja te se mjeri u metrima. Frekvencija (f) predstavlja broj titraja u određenom vremenu te se mjeri u hercima (Hz) [1].



Slika 2: Longitudinalni val [1]

Longitudinalni valovi (slika 2) su oni kod kojih čestica vala titra u smjeru širenja vala (lijevo – desno). Za njih su karakteristična zgušnjavanja i razrjeđivanja. Primjer ovakvog vala je zvučni val, odnosno zvuk [1].

2.2. Zvuk

Zvuk je longitudinalni val koji nastaje zbog periodičnog titranja čestica u elastičnom sredstvu. Brzina zvuka ovisi o vrsti sredstva kojim se širi te i o temperaturi samog sredstva. Tako je brzina širenja zvuka zrakom pri temperaturi od 25°C oko 343 ms⁻¹, dok u vodi 1 500 ms⁻¹, a u aluminiju 5 100 ms⁻¹. Time možemo zaključiti da je brzina zvuka veća što je materijal sredstva čvršći [1].

Valovima se prenosi energija kroz sredstvo, a ta energija (E) koja prolazi kroz jediničnu površinu (S) u određenom vremenu (t) naziva se jakost, odnosno intenzitet zvuka (I). Formula za jakost zvuka je:

$$I = \frac{E}{S \times t} \quad (1)$$

Mjerna jedinica jakosti zvuka je Wm⁻² (vat po metru kubnom). Najslabiji zvuk kojeg čovjek može čuti je $I_0 = 10^{-12}$ Wm⁻² te se naziva pragom čujnosti, a najjači zvuk je 10 Wm⁻² te on izaziva osjećaj boli [1].

Razina jakosti zvuka (L) je logaritamski omjer stvarne jakosti (I) i najniže jakosti zvuka koju čovjek može čuti (I_0). Formula za razinu jakosti zvuka je:

$$L = \log \frac{I}{I_0} \quad (2)$$

Mjerna jedinica razine jakosti zvuka je bel (B). Pošto je bel bezdimenzijska jedinica koja je jednaka logaritamskom odnosu dvaju intenziteta češće se upotrebljava deset puta manja jedinica, decibel (dB). Prag čujnosti jednak je 0 dB, a granica boli je oko 140 dB [1].

Ljudi mogu čuti samo frekvencije u rasponu od 16 Hz do 20 000 Hz. Zvuk čije je frekvencija ispod 16 Hz naziva se infrazvuk, a onaj iznad 20 000 Hz ultrazvuk. Infrazvuk čovjek može osjetiti kao titranje u tijelu. Mnogi uređaji poput bušilica i bas zvučnika proizvode infrazvukove. U prirodi se infrazvuk javljaju kod potresa, oluja, vodopada. Ultrazvuk se najviše koristi u medicini za snimanje organa te za razbijanje žučnih kamenaca. U prirodi ultrazvuk proizvode neke životinje poput šišmiša za lakšu orijentaciju [1].

2.3. Buka

Pod pojmom buka obično se smatra svaki neželjeni zvuk koji štetno djeluje na ljudsko zdravlje i sluh. Najviše razine buke dolaze iz prometa, građevinskih radova, industrijskih postrojenja te sporta i zabave. Smatra se da je čak 80 milijuna Europljana svakodnevno izloženo većim razinama buke od preporučene što stvara veliki problem za ljudsko zdravlje. Opasna razina buke je ona intenziteta većeg od 90 dB [2].

Svakodnevna razina buke mora biti puno niža od opasne razine buke zato su propisane najviše dopuštene ocjenske razine buke ovisno o zonama i vremenskom razdoblju [3].

Ovisno o vremenskom razdoblju postoje četiri indikatora buke. Indikator buke za razdoblje dan (L_{day}) se koristi za razdoblje od 7 do 19 sati. Indikator buke za razdoblje večer ($L_{evening}$) koristi se za razdoblje od 19 do 23 sati. Indikator buke za razdoblje noć (L_{night}) koristi se za razdoblje od 23 do 7 sati. Indikator buke za razdoblje dan-večer-noć (L_{den}) koristi se za cijeli dan [4].

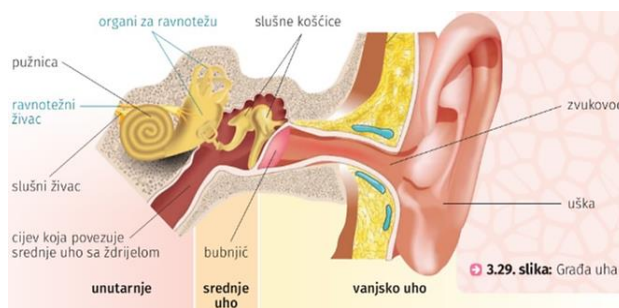
U tablici 1 su prikazane najviše dopuštene ocjenske razine buke u vanjskom prostoru. Iz vrijednosti u navedenoj tablici možemo zaključiti da su dopuštene razine buke najviše tijekom dana te postupno padaju za vrijeme večeri i noći. Također je dopuštena razina buke viša što manje ljudi boravi u toj zoni [3].

Tablica 1: Najviše dopuštene ocjenske razine buke u vanjskom prostoru [3]

Zone buke	Namjena prostora	Najviše dopuštene ocjenske razine buke dB (A)			
		L_{day}	$L_{evening}$	L_{night}	L_{den}
1.	Rekreativna	50	45	40	50
2.	Stambena	55	55	40	56
3.	Pretežito stambena	55	55	45	57
4.	Pretežito poslovna	65	65	50	66
5.	Gospodarska	65	65	55	67

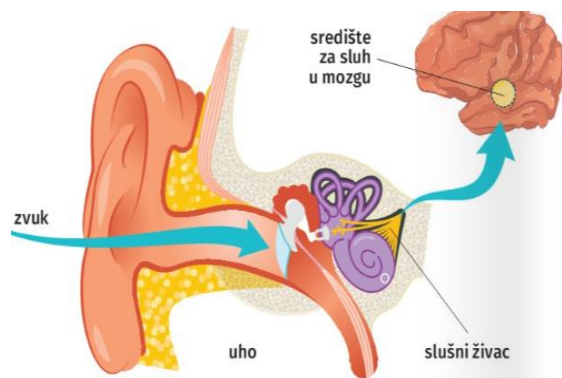
2.3.1. Građa uha

Kako bismo uopće čuli i doživjeli zvukove, a time i buku, najvažniji nam je organ uho. Građa uha (slika 3) se dijeli na unutarnje, srednje i vanjsko uho [5].



Slika 3: Građa uha [5]

Vanjsko se uho sastoji od zvukovoda i uške. Zvukovodom se prenose titraji zvučnih valova u uho, a zadaća uške je da usmjerava zvukove u zvukovod. Središnje uho je dio uha koji je smješten u šupljini lubanje. Taj dio uha je ispunjen zrakom koji dolazi iz ždrijela kroz cijev te se tu tlak srednjeg uha izjednačava s atmosferskih tlakom. Na ulazu u srednje uho nalazi se bubnjić u kojeg udaraju zvučni valovi. Titraji bubnjića se prenose i na slušne koščiće koje svojim titranjem pojačavaju zvuk koji može postati i do 20 puta jači od izvornog zvuka. Navedeno titranje se prenosi na pužnicu koja se nalazi u unutarnjem dijelu uha. Pužnica je kanalčić koji je ispunjen tekućinom te se u njoj unutrašnjosti nalaze i slušne



stanice s dlačicama. Titranjem tekućine u pužnici, slušne stanice pretvaraju podražaj u električni impuls. Ti impulsi putuju slušnim živcem u središte za sluh u velikom mozgu te tako čovjek čuje zvuk. Na slici 4 prikazano je opisano putovanje zvuka od uha do mozga [5].

Slika 4: Putovanje zvuka od uha do mozga [5]

Slušne stanice s dlačicama koje se nalaze u pužnici su jako važne za sluh. Naime te dlačice se mogu oštetiti tijekom visokog intenziteta buke što može dovesti do trajnog gubitka sluha. Ukoliko se oštete dlačice, sluh se više nikada ne može vratiti u prijašnje stanje [6].

2.3.2. Utjecaj buke na čovjeka

Da je buka štetna odavno je poznato. Prvi zapisi koji nam govore o tome su stari više od 5 000 godina, a to su zapisi iz zakona Ming-Tia gdje su se izvršavale smrtonosne kazne jakim zvukovima. O velikoj moć buke opisano je i u Bibliji gdje su zvukovima trube razrušeni zidovi Jerihona [\[6\]](#).

Svaki je čovjek drugačije osjetljiv na buku. Tako se kod nekih osoba može javiti naglušost već i pri kratkoj izloženosti buci, a dok kod druge osobe ta ista razina buke kroz dugi niz godina izazove samo malo oštećenje. Osim o individualnim karakteristikama osobe osjetljivost na buku ovisi i o jakosti, ritmu i sadržaju buke te i o duljini i vrsti izloženosti. Buka je štetnija što je jača i isprekidanija [\[2\]](#).

Posljedice buke dijele se na izravne i neizravne posljedice po zdravlje. Izravne posljedice odnose se na oštećenja sluha (naglušost i gluhoću) te na smetnje pri komunikaciji i ravnoteži. Neizravne posljedice odnosne se na poremećaje metabolizma, umor, razdražljivost te na smanjenje radne sposobnosti [\[2\]](#).

Buka izaziva i brojne druge posljedice. Dovodi do poremećaja spavanja i ponašanja što naposljetku može dovesti do društvene izolacije. Također utječe na razvoj kardiovaskularnih bolesti te dovodi do promjena krvnog tlaka, frekvencija pulsa i povećanja lučenja hormona. Ako je razina buke iznad 60 dB povećava se rizik za infarkt. Kronična izloženost buci dovodi do smanjenja pažnje, poteškoća pri komunikaciji, slabijeg pamćenja i motivacije. Kod razine buke iznad 80 dB javlja se agresivno ponašanje [\[2\]](#).

3. MJERENJE BUKE

Kako ne bi došlo do navedenih štetnih posljedica po zdravlje jako je važno mjeriti, odnosno kontrolirati razinu buke kako na radnom mjestu tako i na prostorima za stanovanje i rekreaciju. Kao što je prikazano u tablici 1 dopuštena razina buke u uredima, stambenim i rekreacijskim područjima je od 50 do 55 dB [2].

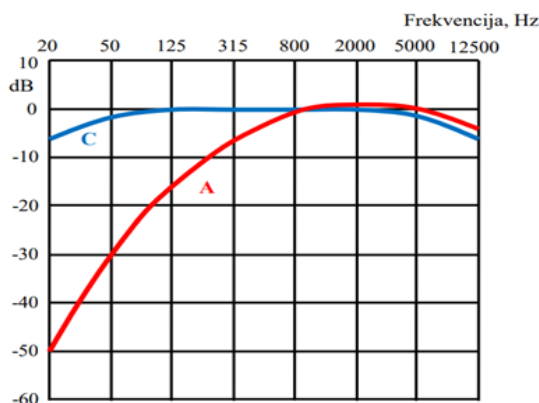


Instrument kojim mjerimo buku, odnosno zvuk naziva se zvukomjer (slika 5). Konstruiran je na način da simulira ljudsko uho i prikazuje što bliže i objektivne vrijednosti buke. Kako bi se dobila objektivna vrijednost buke zvukomjer mjeri razinu buke, frekvenciju te vrijeme trajanja [6].

Slika 5: Zvukomjer

Izvor: <https://hr.trotec.com/shop/mjera-razine-zvuka-sl400.html>

Zvukomjer zapravo mjeri zvučni tlak (p) što je i mjerna veličina zvuka. Za približavanje izmjerene vrijednosti zvučnog tlaka subjektivnom osjetu zvuka koristi se frekvencijsko vrednovanje. U svakom se zvukomjeru nalazi filter „A“ ili „C“ za vrednovanje. Prema karakterističnim frekvencijama navedenih filtra postoje krivulje „A“ i „C“ za frekvencijsko vrednovanje (slika 6). Krivulja „A“ otprilike slijedi karakteristike ljudskog uha na nižim frekvencijama, a krivulja „C“ predstavlja linearnu frekvencijsku karakteristiku u frekvencijskom području od 30 Hz do 8000 Hz [6].

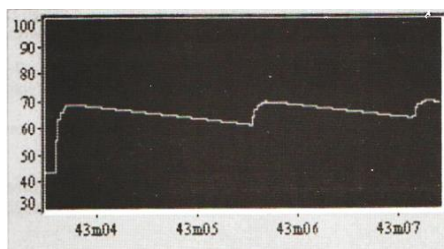


Slika 6: Krivulje „A“ i „C“ za frekvencijsko vrednovanje [6]

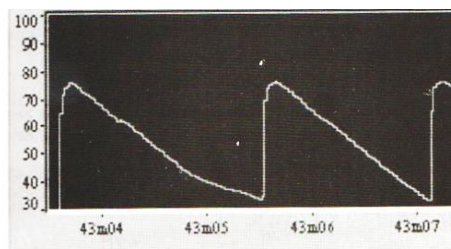
Razina buke uvijek varira, a zvukomjer ne može pratiti iznenadne promjene razine zvuka te iz tog razloga zvukomjer ima određenu vremensku konstantu. Mogući je odabir između tri vremenska vrednovanja:

- **Slow (S)** – stupanj tromosti je visok, a pokret na sučelju je spor s vremenom usrednjavanja oko 1 s
- **Fast (F)** – stupanj tromosti je nizak te daje brži pokret na sučelju s vremenom usrednjavanja oko 0,125 s
- **Impulse (I)** – ima malu vremensku konstantu porasta, ali veliku vremensku konstantu opadanja. Prikazuje na koji način ljudsko uho opaža razinu zvuka koja kratko traje
- „**Peak**“ – dodatna opcija koja mjeri trenutnu najvišu razinu zvučnog tlaka prilikom kratkog trajanja zvuka [\[6\]](#).

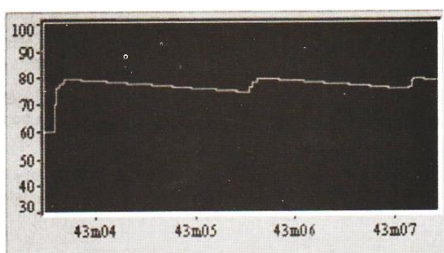
Oscilogrami na slici 7 prikazuju razliku u prikazivanju jednog te istog uzorka impulsne buke ovisno o vremenskom vrednovanju koji se koristi. Mjereni impuls je vrlo kratak jer su sve vrijednosti manje od maksimalne, „peak“ vrijednosti [\[6\]](#).



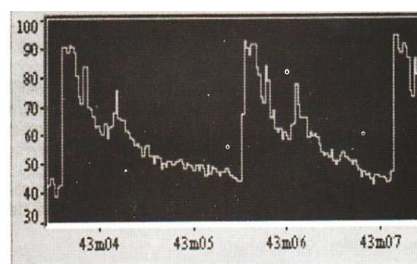
Slika 4.2. Uzorak impulsne buke ovisno o vremenskom vrednovanju Slow (S) 1.000 ms [2]



Slika 4.3. Uzorak impulsne buke ovisno o vremenskom vrednovanju Fast (F) 125 ms [2]



Slika 4.4. Uzorak impulsne buke ovisno o vremenskom vrednovanju Imp (I) 35 ms [2]

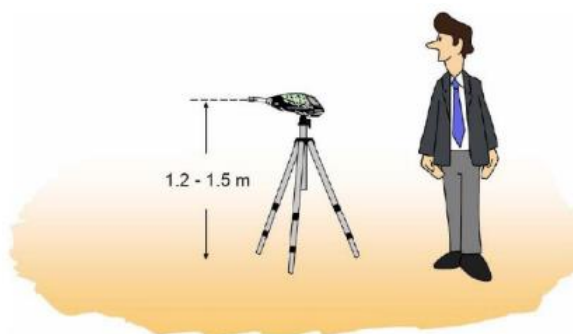


Slika 4.5. Uzorak impulsne buke ovisno o vremenskom vrednovanju Peak 20 μs [2]

Slika 7: Razlike u prikazivanju ovisno o vremenskom vrednovanju [\[6\]](#)

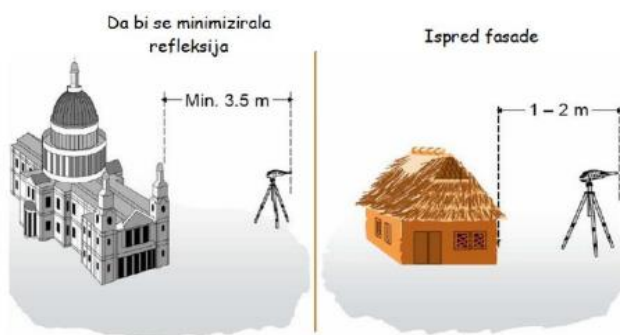
3.1. Pravila pri mjerenju buke

Postoji sedam pravila pri mjerenju buke. Prvo pravilo odnosi se na duža mjerenja buke. Za vrijeme dužeg mjerenja zvukomjer se treba nalaziti na stalku na visini od 1,2 do 1,5 m kao što je i prikazano na slici 8 [6].



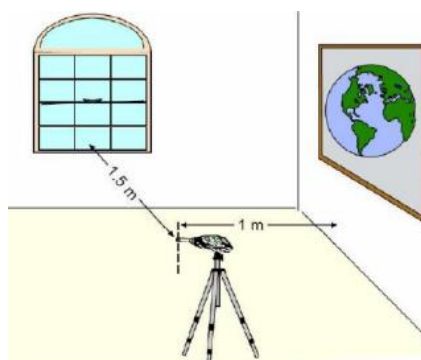
Slika 8: Zvukomjer na stalku [6]

Drugo pravilo odnosi se na mjerenje buke na vanjskom prostoru (slika 9). Naime, na vanjskom prostoru moguća je refleksija buke, odnosno promjena smjera širenja buke. Kako bi se smanjila refleksija buke prilikom mjerenja zvukomjer treba biti najmanje 3,5 m udaljen od objekta te 1 do 2 metra ispred fasade [6].

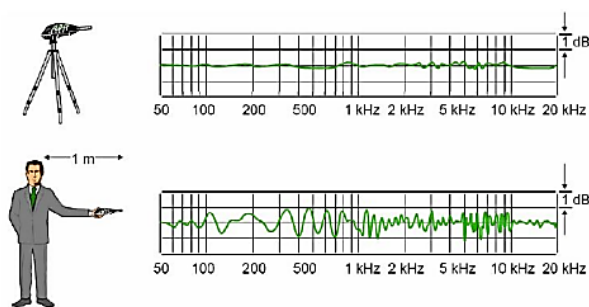


Slika 9: Mjerenje buke na vanjskom prostoru [6]

Treće pravilo govori o mjerenju buke u zatvorenom prostoru. Kao što je prikazano na slici 10 zvukomjer treba biti udaljen od prozora 1,5 m, a od zida jedan metar [6].



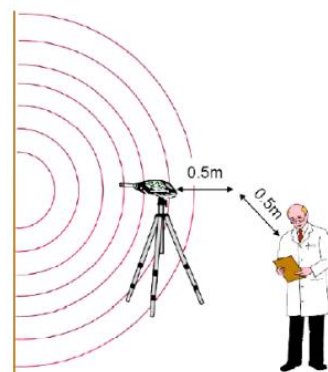
Slika 10: Mjerenje buke u zatvorenom prostoru [6]



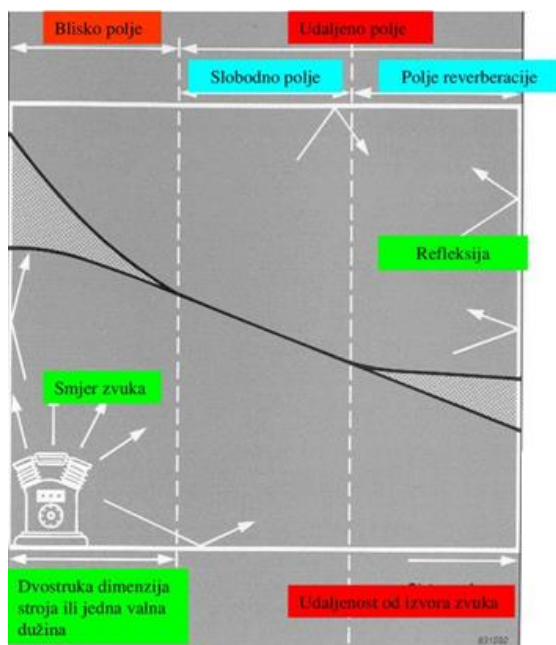
Slika 11: Utjecaj čovjeka na mjerenje buke [6]

Osoba koja mjeri buku negativno utječe na rezultate mjerenja što i prikazuje slika 11. Zato se preporučuje da za sva mjerenja, a ne samo duža, zvukomjer postavlja na stalak [6].

Peto pravilo je usko vezano s četvrtim pravilom. Iako je zvukomjer postavljen na stalku, osoba koja mjeri buku može negativno utjecati na rezultat mjerenja pa je potrebno da bude udaljena 1 m od zvukomjera na način prikazan na slici 12 [6].



Slika 12: Položaj čovjeka i zvukomjera [6]

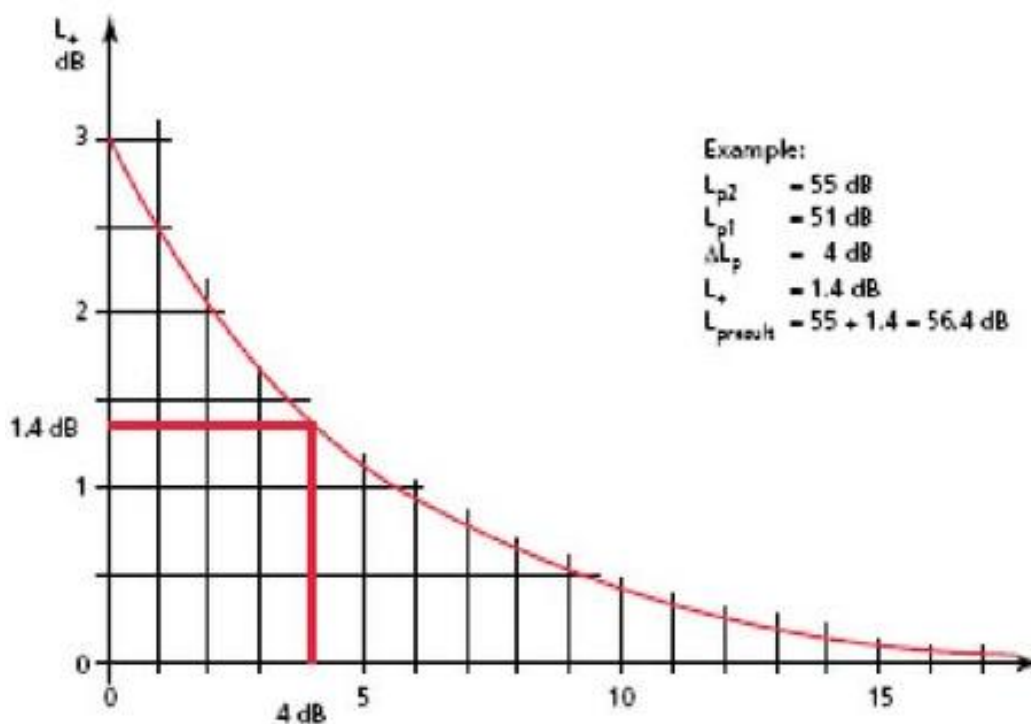


Slika 13: Mjerenje buke u stvarnoj prostoriji [6]

Šesto pravilo se odnosi na mjerenje buke u stvarnoj prostoriji (slika 13). Naime, u stvarnim uvjetima teško je odrediti položaj mjerenja buke pa se radi zaštite uha zvukomjer stavlja u visinu prirodnog položaja uha, a nivo izvora buke se mjeri u slobodnom polju [6].

Sedmo pravilo je zapravo postupak kojim se određuje ukupni nivo buke iz više izvora. Najprije se izmjeri nivo buke svih izvora. Zatim je potrebno pronaći razliku dva nivoa i navedenu razliku nanijeti na os apscisu, a zatim podići okomicu na korekcijsku krivulju. Od korekcijske krivulje povlači se horizontalala do osi ordinate. Očitanoj vrijednosti s osi ordinate pridodaje se vrijednost većeg nivoa buka kako bismo dobili ukupni nivo buke [6].

Navedeno sedmo pravilo lakše je shvatiti na primjeru i uz pomoć Dijagrama za izračun buke iz više izvora (slika 14). Uzmimo za primjer da je na prvom izvoru izmjereno 55 dB, a na drugom 51 dB. Razlika između ta dva nivoa je 4 dB te se s apscise podiže okomica na korekcijsku krivulju. Iz korekcijske krivulje se očitava vrijednost na ordinati od 1,4 dB. Navedenu razliku prebrojimo većem nivou, a to je u ovom slučaju 55 dB te ispadne da je ukupni nivo buke 56,4 dB [6].



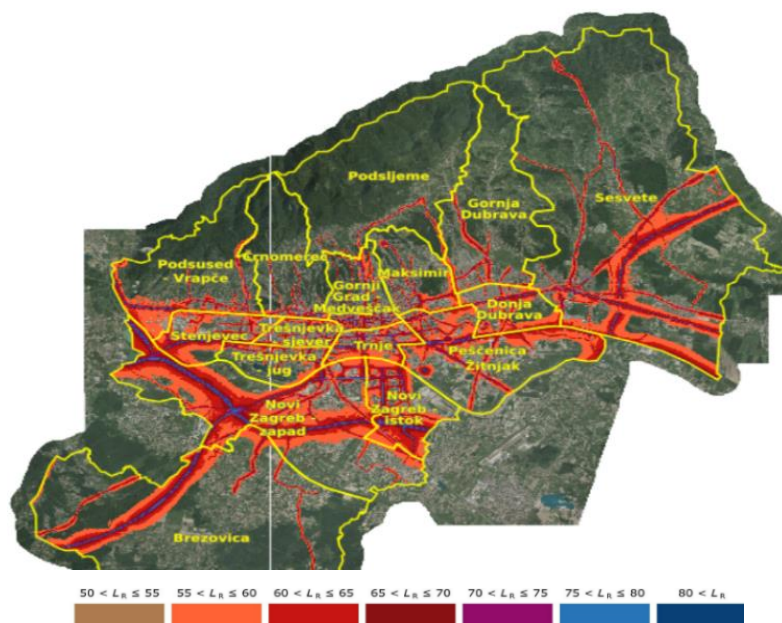
Slika 14: Dijagram za izračun buke iz više izvora [6]

3.2. Strateška karta buke

Na temelju izmjerenih vrijednosti buke na više područja iz različitih izvora izrađuje se Strateška karta buke. To je karta namijenjena za ocjenjivanje izloženosti stanovništva buci. Naseljena područja koja imaju više od sto tisuća stanovnika obavezni su izraditi Stratešku kartu buke svakih pet godina. Njena izrada je jako važna kako bi se utvrdili glavni izvori prekomjerne razine buke, a samim time kako bi se mogle donositi mjere zaštite [4].

Strateška karta buke sadrži tekstualni i grafički dio. Tekstualni dio mora sadržavati opis područja i provedenih mjera zaštite od buke te opis računalnih metoda koje su se koristile za izradu. Također mora sadržavati popis podataka za izradu akustičnog modela izvora buke, popis meteoroloških podataka te broj ljudi koji žive u stambenim jedinicama. Grafički dio izrađuje se na preslikama grafičkih dijelova prostornog plana [7].

Strateška karta buke Grada Zagreba (slika 15) prikazuje da je za razdoblja dan-večer-noć (L_{den}) prekomjernoj razini buke iz cestovnog prometa izloženo 26,7 % stanovnika, dok iz željezničkog prometa 2,9 %, te je 0,05 % stanovnika je izloženo prekomjernoj razini buke iz industrijskih pogona i postrojenja [8].



Slika 15: Strateška karta buke Grada Zagreba [8]

4. BUKA U SVAKODNEVNOM ŽIVOTU

Buka je svuda oko nas, a najviše razine buke dolaze iz prometa, industrijskih postrojenja, gradilišta, ugostiteljskih objekata te iz samih kućanstva.

4.1. Buka prometa

Istraživanja pokazuju da čak 80 % štetnih izvora buke dolazi iz prometa. U buku prometa ubraja se buka iz cestovnog, željezničkog, tramvajskog i zračnog prometa. Najviše razine buke dolaze iz cestovnog prometa [\[6\]](#).

Pri malim brzinama buku na vozilu stvara motor vozila dok pri višim brzinama buka se stvara zbog kontakta gume i površine. Što je glađa površina prometnice to je i razina buke manja. Emisija buke iz vozila ovisi i o kategoriji i vrsti vozila [\[9\]](#).

Buka vozila mjeri se dvama zvukomjera udaljenih 7,5 metara od lijeve i desne strane vozila. Tijekom mjerenja buke vozilo prolazi brzinom od 50 km/h u određenoj brzini, odnosno stupnju prijenosa. Ukoliko se radi o automatiku buka se mjeri u tri navrata pri brzinama od 30, 40 i 50 km/h [\[10\]](#).

U Hrvatskoj je dozvoljeno da osobni automobili proizvode buku do 75 dB, a teretna vozila i motocikli do 80 dB. Problem je što se navedene razine buke odnose na nova vozila, a ne i na ona vozila koja su već u prometu. Također Hrvatska nema zakonske regulative na osnovu koje bi sankcionirala prebučna vozila, a niti uređaje kojim bi mogla mjeriti buku vozila. Na osnovu zakona policija jedino može uputiti vozilo na izvanredni tehnički pregled te ako je razina buke vozila previsoka ono se isključuje iz prometa, a vozač se novčano kazni [\[10\]](#).

Mnogo drugih zemlja ima strože kazne i kontrole koje se odnose na buku u prometu. Tako u Švicarskoj postoje kamere s mikrofonom koje mjere buku vozila i slikaju vozače prebučnih vozila te oni dobiju vrlo visoke kazne [\[10\]](#).

Za smanjenje emisije buke iz prometa jako je važno planiranje naselja i cestogradnje te odabir prikladnog materijala za gradnju [6]. Također za smanjenje buka predlažu se kontrole i strože kazne bučnih vozila, smanjenje ograničenja vožnje te smanjenje broja vozila, odnosno upotreba javnog prijevoza [11].

Za zaštitu od buke cestovnog prometa grade se i zvučne barijere. Zvučne barijere (slika 16) su zvučne prepreke između izvora zvuka i ljudi. Razina buke koja prolazi kroz barijeru je barem za 10 dB niža od one oko zvučne barijere. Za koliko će zvučna barijera smanjiti razinu buke ovisi o obliku i materijalu barijere, frekvenciji, izvoru buke te položaju same barijere i izvora buke i ljudi [9].

Zvučne barijere dijele se na nasipe i zvučne zidove. Nasipi su izrađeni od zemljanih materijala poput kamena, zemlje ili šljunka. Za nasipe je potrebno više prostora jer nagib samog nasipa mora postepeno rasti zbog stabilnosti konstrukcije. Zvučni zidovi dijele se na panelne, zidne i samostojeće zidove koji mogu biti izgrađeni od raznih materijala, a najčešći su beton, drvo i metal [9].



Slika 16: Zvučne barijere

Izvor: <https://www.multivario.hr/ograde-protiv-buke/>

4.2. Buka industrijskih postrojenja

Buka industrijskih postrojenja podrazumijeva buku koja je nastala korištenjem strojeva, uređaja i opreme u svrhu proizvodnje [11].

Tijekom osmosatnog radnog vremena zaposlenici ne smiju biti izloženi buci većoj od 85 dB. Ukoliko je razina buke viša od 85 dB potrebno je smanjiti vrijeme izlaganja buci. Pravilo je da ako je razina buke viša za 3 dB od dozvoljene razine da se vrijeme izlaganja buci prepolovi. Znači ako bi razina buke bila 88 dB tada zaposlenici ne smiju biti izloženi buci duže od četiri sata, a ako je 91 dB ne smiju biti izloženi duže od dva sata [6].

Najučinkovitija mjera zaštite od buke je smanjiti razinu buke na samom izvoru. Tako bi sve strojeve koji proizvode buku u industrijskim postrojenjima trebalo zvučno izolirati, a poželjno je i prostorno odvojiti radnika od stroja izradom izoliranih kabina. Također i podlaganje ležišta strojeva gumom i oblaganje zidova šupljikavim materijalom može smanjiti razinu buke [6].

Ako nije moguće sniziti razinu buku na dozvoljenu razinu onda je potrebna upotreba osobnih zaštitnih sredstva za zaštitu sluha (slika 17). Jedno od sredstva za zaštitu sluha su čepići za uši. Oni se najčešće izrađuju od gume, plastike ili voštanog pamuka. Bolju zaštitu pružaju zaštitne slušalice (antifoni), a pri vrlo visokim razinama buke najbolje je koristiti zaštitnu kacigu s antifonom [6].



Slika 17: Osobna zaštitna sredstva za zaštitu sluha
Izvor: <https://delecto.hr/kategorija/zastita-glave/zastita-sluha/>

4.3. Buka gradilišta

Dozvoljene razine buke na gradilištima su nešto drugačije nego što je to prikazano u tablici 1 koja prikazuje najviše dopuštene vrijednosti buke u vanjskom prostoru. Tako je na gradilištu za razdoblje dan (L_{day}) i razdoblje večer ($L_{evening}$) dozvoljena razina buke 65 dB. U vremenskom periodu od 8 do 18 sati dopušteno je prekoračenje buke za 5 dB. Za razdoblje noć (L_{night}) razina buke ne smije prelaziti vrijednosti prikazane u tablici 1. Iznimno je dozvoljeno prekoračenje buke za razdoblje noć ako je to nužno zbog tehnološkog procesa gradilišta i to najviše u trajanju tri noći tijekom kontinuiranog razdoblja od 30 dana [3].

Buku na gradilištu stvaraju razni radni strojevi, oprema i metode rada. Kako bi se buka smanjila potrebno je koristiti tiše strojeve i opremu. Održavanjem strojeva i opreme se također smanjuje buka. Bitno je i samo rukovanje materijalom te odabir tiših metoda rada [6].

Jedan od bitnih zahtjevima za građevinu je i zaštita od buke. Građevine se projektiraju i izrađuju na način da osiguravaju da razina buke u građevini ne ugrožava zdravlje osoba koje u njima borave [13].

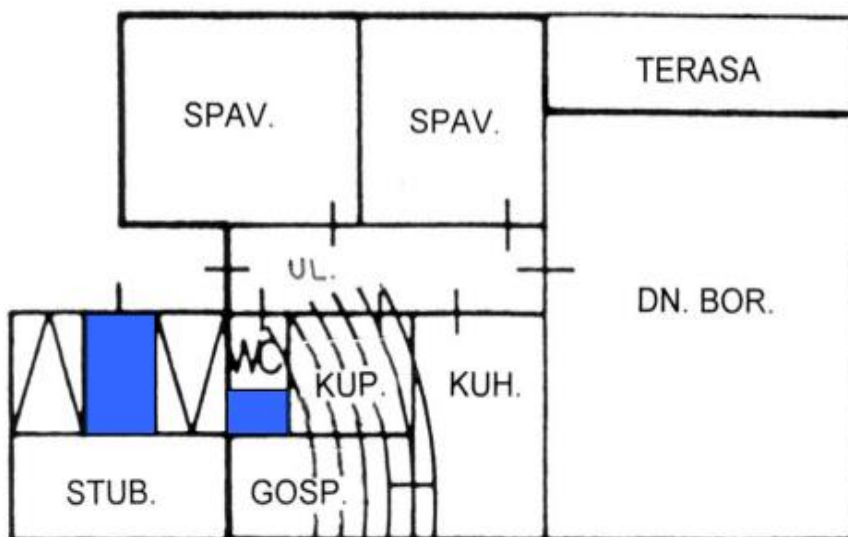
Tijekom projektiranja građevina prate se vrijednosti iz tablice 2 koja prikazuje najviše dopuštene ocjenske razine buke u zatvorenom prostoru. Navedene vrijednosti buke se odnose na prostorije u kojoj su zatvoreni prozori i vrata [3].

Tablica 2: Najviše dopuštene ocjenske razine buke u zatvorenom prostoru [3]

Zone buke	Namjena prostora	Vremensko razdoblje		
		L_{day}	$L_{evening}$	L_{night}
1.	Rekreativna	30	27	25
2.	Stambena	35	30	25
3.	Pretežito stambena	35	30	25
4.	Pretežito poslovna	40	35	30
5.	Gospodarska	40	35	30

Svaki novi izvor buke na građevini ne smije povećavati razinu buke za više od 1 dB. Razni servisni uređaji na građevinama povećavaju razine buke. Ovisno o trajanju buke servisnih uređaja buka se dijeli na stalnu i kratkotrajnu buku. Stalna buka odnosi se na grijanje i pumpe čija je dopuštena razina buke 30 dB. Kratkotrajnu buku stvaraju dizala i vodokotlići čija je dopuštena razina buke 35 dB [3].

Ukoliko se dogode greške u zaštiti od buke tijekom projektiranja naknadno ih je nemoguće ili jako skupo otkloniti. Zato je tijekom projektiranja jako važan razmještaj prostorija. Pošto velike razine buke stvaraju prometnice jako je važno da su spavaće sobe i dvorišta na dijelovima zgrade koje nisu uz samu prometnicu. U samim stanovima najvišu razinu buke stvaraju sanitarne prostorije odnosno kupaonice i kuhinje. Važno je da se sanitarne prostorije nalaze u jednom dijelu stana kako se buka ne bi širila po cijelom stanu. Također sanitarne prostorije se ne smiju naslanjati na zidove susjednih stanova. Na slici 18 je prikazan primjer povoljnog rasporeda prostorija u stanu [13].

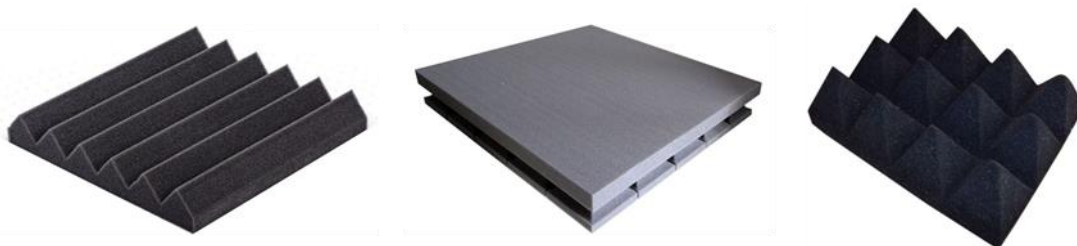


Slika 18: Povoljan raspored prostorija u stanu [13]

Osim razmještaja prostorija tijekom projektiranja i izgradnje građevina jako je važno odabir zvučne izolacije. Zvučna izolacija je zapravo svojstvo građevinske konstrukcije koje služi kako bi se smanjio prijenos buke između prostorija. Teži građevinski materijali poput betona i cigle teže provode zvuk te su zato oni odlični izolatori [14].

Kod međukatnih konstrukcija preporučuje se upotreba plivajućih podova koji se sastoje od gornje ploče koja „pliva“ na elastičnom sloju pluta, kamene vune ili stiropora. Postavljanjem kamene vune na zidove smanjuje se prijenos buke za više od 50 dB. Kako bi se smanjio prijenos buke izvana unutra preporučuju se trostruko ostakljeni prozori te što teža i masivnija vrata [14].

Na podovima i stropovima mogu se postaviti apsorberi (slika 19) koji smanjuju refleksiju zvuka. Postoje prozirni apsorberi koji su spužvasti i u njihovoj teksturi se zvuk gubi. Također razlikujemo membranske apsorbere u obliku čvrstih ploča te rezonantne u obliku šupljikavih ploča koje provode zvuk kroz rupice [14].



Slika 19: Apsorberi

Izvor: <https://decibel.shop/hr/collections/foam-acoustic-panels>

Nakon što je građevina izgrađena potrebno je izmjeriti buku odnosno ispitati zvučnu izolaciju. Za mjerenje buke potreban je izvor zvuka i zvukomjer. Najprije se mjeri buka u prvoj prostoriji gdje je i izvor zvuka, a zatim u drugoj do prostoriji u kojoj nije izvor zvuka. Što je razlika između navedena dva mjerenja veća to je i bolja izolacija. Kako bi se utvrdila izolacija međukatne konstrukcije koristi se toptalica, odnosno uređaj koji stvara udarni zvuk. Toptalica se postavlja na jednom katu dok se mjerenje odvija na drugom katu točno iznad prostorije u kojoj je toptalica. Što je razina buke manja to je bolja izolacija [14].

4.4. Buka ugostiteljskih objekata

Ugostiteljski objekti u kojima nije kao minimalni uvjet predviđeno izvođenje glazbe smiju u zatvorenom prostoru izvoditi glazbu do 65 dB, dok noćni klubovi do 90 dB. Buka od glazbe, ali i buka stvorena dolaskom i odlaskom posjetitelja ugostiteljskih objekata ne smije prelaziti dozvoljenu razinu buke na vanjskom prostoru [\[3\]](#).

Na vanjskom prostoru ugostiteljski objekti smiju koristiti elektroakustične i akustične uređaje do 24 sata. U svrhu organiziranja javnim događanja na otvorenom i u zatvorenom prostoru jedinice lokalne samouprave mogu ovisno o lokaciji događanja donijeti odluku kojom se do određene razine dozvoljava prekoračenje buke [\[4\]](#).

Mnogo je mladih osoba izloženo prekomjernim razinama glazbe. Istraživanja govore da je čak tri četvrtine mladih u opasnosti od trajnog oštećenja sluha, dok njih 15 % već imaju oštećenja sluha. U noćnim klubovima i na koncertima buka doseže do 120 dB, a takvoj je razini buke dopušteno izlaganje najviše pola sata tjedno [\[2\]](#).

Osim na posjetitelje noćnih klubova i koncerata glazba štetno utječe na zaposlenike, ali i na same glazbenike. Kako bi se smanjio štetan utjecaj postoji niz mjera. Za početak jako je važno projektiranje prostora te odabir prikladnog akustičnog materijala za gradnju. Jako su važne i mjere za zaštitu od buke na samim instrumentima i glazbenoj opremi. Moguće je postavljanje zvučnih zaslona kojima se štiti zaposlenike od prekomjernih razina buke. Glazbenici bi trebali koristiti osobnu zaštitnu opremu s neuravnoteženim frekvencijskim odazivom jer oni ravnomjerno prigušuju sve frekvencijske komponente. Korištenjem navedene osobne zaštitne opreme glazbenici izbjegavaju narušavanje odnosa između zvukova glazbenog instrumenta i čujnosti pojedinačnih instrumenta [\[15\]](#).

4.5. Buka iz kućanstva

Buka iz kućanstva podrazumijeva svu buku nastalu ljudskom aktivnošću u stambenom prostoru uključujući i buku nastalu korištenjem kućanskih aparata te puštanje preglasne glazbe, odnosno organiziranjem zabava [11].

Najbolja zaštita od buke u kućanstvu postiže se zvučnom izolacijom. Kao što je već navedeno najbitnije je projektiranje građevine kojom se određuje povoljan raspored prostorija te odabir zvučne izolacije. Za zaštitu od buke na zidove se postavlja kamena vuna, izrađuju se plivajući podovi te se ugrađuju trostruko ostakljeni prozori i što teža vrata [14].

Također i odabirom tiših varijanta kućanskih aparata smanjuje se razina buke u kućanstvu. Kućanske aparate trebalo bi redovito i servisirati kako ne bi počeli stvarati buku [16].

Ulaganje u zvučnu izolaciju je skupo, ali postoji i nekoliko jeftinijih načina kojima se može smanjiti buka u kućanstvu. Naprimjer umjesto skupocjene zamjene prozora moguće je kupiti cjenovno pristupačnije umetke za blokiranje zvuka. Navedeni umetci blokiraju čak 70 % zvuka koji dolaze izvana. Također je moguće zatvoriti praznine oko okvira prozora pomoću akustičnih brtva (slika 20). Akustičnu brtvu osim na prozore moguće je postaviti i na vrata [16].



Slika 20: Akustična brtva

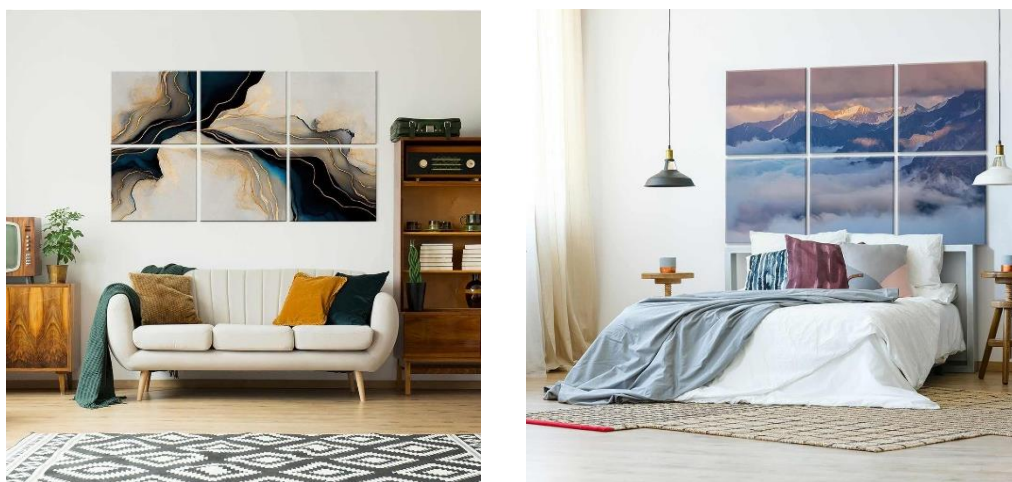
Izvor: <https://www.gitimo.hr/samoljepljiva-brtva-za-prozore-i-vrata-crna-p-10367.html>

Odabir materijala također utječe na zvučnu izolaciju. Tepisi od filca i memorijske pjene stvaraju dodatnu zvučnu izolaciju. Osim zvučne izolacije navedene vrste tepiha zadržavaju hladni zrak ljeti, a topli zrak zimi. Također i pamučni i vuneni jastuci dobro prigušuju buku [16].

Klasične zavjese također prigušuju buku, ali bolju zaštitu pružaju zavjese za smanjenje buke. Zavjese za smanjenje buke su izrađene od debljih materijala i teže su čime bolje apsorbiraju zvuk [16].

Postoje premazi za zidove koje upijaju zvukove srednjeg dometa. Na postojeće zidove se nanosi temeljni i završni premaz za smanjenje buke. Na navedene premaze moguće je koristiti uobičajene boje po izboru. Također postoje i tapete za smanjenje buke koje se lako montiraju i održavaju [16].

Za smanjenje velikih razina buka koriste se akustične pjenaste ploče, odnosno apsorberi. Postoje umjetničke akustične zidne ploče (slika 21) koje se odlično uklapaju u interijer kućanstva [16].



Slika 21: Umjetničke akustične zidne ploče

Izvor: <https://www.ubuy.hr/hr/product/AX5E6U446-art-acoustic-panels-6-pack-self-adhesive-large-wall-art-paintings-for-wall-decoration-sound-absorbing-panels-for-recording-studio-living-room-and>

5. ZAŠTITA OD BUKE

Općenito za zaštitu od buke koriste se strukturne mjere, mjera zaštite na izvoru buke, tehničke mjere, organizacijske mjere te se upotrebljavaju osobna zaštitna sredstva. Strukturne mjere odnose se na odgovarajuće projektiranje prostora kojim se smanjuje razina buke. Mjere zaštite na samom izvoru buke odnose se na korištenje tiše opreme i tiših metoda rada. Tehničkim se mjerama izolira i prigušuje buka dok se organizacijskim mjerama smanjuje vrijeme izloženosti buci. Ako se niti jednom od navedenih mjera ne može smanjiti razina buke na dopuštenu razinu potrebno je koristiti osobna zaštitna sredstva za zaštitu sluha [\[17\]](#).

Navedene mjere zaštite od buke svakodnevno se koriste u nekom od opisanih segmenata života. Tako se u prometu najviše upotrebljavaju mjere zaštite na samom izvoru jer se proizvode manje bučnija vozila te se smanjuje dozvoljena brzina vožnje [\[11\]](#). Također se u prometu upotrebljavaju tehničke mjere, odnosno zvučne barijere koje služe kao zvučna prepreka između buke i ljudi [\[9\]](#).

U industrijskim postrojenjima koriste se sve vrste mjera. Sama postrojenja trebaju biti izgrađena na način da smanjuju razinu buke. Također se trebaju koristiti što tiši strojevi, oprema i metode rada. Strojevi i opremu koji stvaraju prekomjerne razine buke potrebno je zvučno izolirati, a radnici moraju što manje vremena provesti u bučnim prostorima. Za industrijska postrojenja je karakteristična upotreba osobnih zaštitnih sredstva za zaštitu sluha zbog prekomjernih razina buke [\[6\]](#).

Na gradilištu se najviše koriste mjere zaštite na samom izvoru, odnosno upotrebljavaju se što tiša oprema i metode rada [\[6\]](#).

U ugostiteljskim objektima je jako važno projektiranje samih prostora i zvučna izolacija te mjere zaštite od buke na samoj opremi i instrumentima [\[15\]](#).

U kućanstvima su najvažnije strukturne mjere odnosno projektiranje i zvučna izolacija [\[14\]](#).

6. ZAKLJUČAK

Buka štetno utječe na čovjeka fizički, psihički, ali i socijalno. Glavna posljedica buke je oštećenje sluha, odnosno potpuni gubitak sluha. To stvara jako veliki problem jer se sluh više nikada ne može vratiti u prijašnje stanje [6]. Buka također utječe na razvoj kardiovaskularnih bolesti te dovodi do poremećaja spavanja, ali i poremećaja ponašanja što može dovesti do društvene izolacije [2].

S obzirom na to da je buka prisutna svuda oko nas i da smo svakodnevno izloženi prekomjernim razinama buke vrlo su važne mjere zaštite od buke u svim segmentima života. Najbolje mjere zaštite od buke su one preventivne koje se poduzimaju prije nego što buka nastane. To se odnosi na proizvodnju tiših strojeva, opreme, automobila i kućanskih aparata. Također je jako važno planiranja naselja i cestogradnje, ali i projektiranje samih građevina [11].

Postoji dugi niz mjera zaštite od buke za svaki od segmenata života, ali je jako važno da se te mjere i provode. Da bi se mjere provodile jako je važno educirati ljude o štetnostima buke. Premalo osoba zapravo zna koliko buka štetno utječe na zdravlje. Također smatram da bi se trebale uvesti strože kontrole i kazne za one koji se ne pridržavaju mjera zaštite od buke.

7. LITERATURA

- [1] Takač D., Kukuruzović A.-M.: „*Fizika 3*“, digitalni obrazovni sadržaj za treći razred opće gimnazije, Hrvatska akademska i istraživačka mreža – CARNET, 2020.
- [2] Klančnik M.: „*Utjecaj buke na zdravlje i radnu sposobnost*“, Javno zdravstvo, Vol. 7, 2013., No. 2, str 12 - 14
- [3] Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke s obzirom na vrstu izvora buke, vrijeme i mjesto nastanka, NN 143/2021
- [4] Zakon o zaštiti od buke, NN 14/2021
- [5] Banović A., Čiček M., Meštrović O., Mumelaš S., Petrač T.: „*Biologija 8*“, udžbenik iz biologije za osmi razred osnovne škole, Profil Klett, Zagreb, 2020.
- [6] Trbojević N.: „*Osnove zaštite od buke i vibracije*“, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2011.
- [7] Pravilnik o načinu izrade i sadržaju karata buke i akcijskih planova te o načinu izračuna dopuštenih indikatora buke, NN 146/21
- [8] Eko Zagreb: „*Strateška karta buke Grada Zagreba*“, <https://eko.zagreb.hr/strateska-karta-buke-grada-zagreba/2452>, pristupljeno 23. ožujka 2024.
- [9] Grubeša S., Petošić A., Suhanek M., Đurek I.: „*Zaštita od buke - zvučne barijere*“, Sigurnost, Vol. 61, 2019., No. 3, str 217 - 226
- [10] ORYX Asistencija: „*Buka vozila – Kolika je dozvoljena buka vozila i zašto policija ne kažnjava vozače prebučnih vozila?*“, <https://www.oryx-asistencija.hr/savjeti-za-vozace/aktualno/kolika-je-dozvoljena-buka-vozila-14085>, pristupljeno 06. travnja 2024.
- [11] Eko Zagreb: „*O izvorima buke*“, <https://eko.zagreb.hr/o-izvorima-buke/2186>, pristupljeno 13. travnja 2024.
- [13] Veršić Z.: „*Zaštita od buke u odvodnim sustavima zgrada*“, Seminar HKAIG, Rijeka, 2008.
- [14] Masatović M., Krušlja M.: „*Ispitivanje zvučne izolacije u novoizgrađenoj zgradi*“, Zbornik Veleučilišta u Rijeci, Vol. 5, 2017., No. 1, str 159 – 174

[15] Vedenik L.: „*Zaštita od buke u glazbenoj djelatnosti*“, Sigurnost, Vol. 50, 2008., No. 2, str 105 – 112

[16] Jutarnji list; Dom i dizajn: „*Jednostavni načini kako zvučno izolirati sobe (kako biste se doista mogli malo odmoriti)*“,

<https://www.jutarnji.hr/domidizajn/inspiracije/jednostavni-nacini-kako-zvucno-izolirati-sobe-kako-biste-se-doista-mogli-malo-odmoriti-15387806>, pristupljeno

19. travnja 2024.

[17] Hrvatski zavod za zaštitu zdravlja i sigurnost na radu: „*Buka – vodič za procjenu rizika malih i srednjih poduzeća*“, Zagreb, 2008.

8. PRILOZI

8.1. Popis slika

Slika 1: Transverzalni val [1].....	2
Slika 2: Longitudinalni val [1].....	2
Slika 3: Građa uha [5].....	5
Slika 4: Putovanje zvuka od uha do mozga [5].....	5
Slika 5: Zvukomjer.....	7
Slika 6: Krivulje „A“ i „C“ za frekvencijsko vrednovanje [6]	7
Slika 7: Razlike u prikazivanju ovisno o vremenskom vrednovanju [6].....	8
Slika 8: Zvukomjer na stalku [6].....	9
Slika 9: Mjerenje buke na vanjskom prostoru [6].....	9
Slika 10: Mjerenje buke u zatvorenom prostoru [6]	9
Slika 11: Utjecaj čovjeka na mjerenje buke [6]	10
Slika 12: Položaj čovjeka i zvukomjera [6].....	10
Slika 13: Mjerenje buke u stvarnoj prostoriji [6]	10
Slika 14: Dijagram za izračun buke iz više izvora [6].....	11
Slika 15: Strateška karta buke Grada Zagreba [8].....	12
Slika 16: Zvučne barijere	14
Slika 17: Osobna zaštitna sredstva za zaštitu sluha.....	15
Slika 18: Povoljan raspored prostorija u stanu [13]	17
Slika 19: Apsorberi	18
Slika 20: Akustična brtva	20
Slika 21: Umjetničke akustične zidne ploče.....	21

8.2. Popis tablica

Tablica 1: Najviše dopuštene ocjenske razine buke u vanjskom prostoru [3].....	4
Tablica 2: Najviše dopuštene ocjenske razine buke u zatvorenom prostoru [3]	16