

# Onečišćenje bukom

---

Miloloža, Martina

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Chemical Engineering and Technology / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:149:763851>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-17**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Chemical Engineering and Technology University of Zagreb](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET KEMIJSKOG INŽENJERSTVA I TEHNOLOGIJE**  
**SVEUČILIŠNI PREDIPLOMSKI STUDIJ**

**Martina Miloloža**

**ONEČIŠĆENJE BUKOM**

**ZAVRŠNI RAD**

**Voditelj rada: izv. prof. dr. sc. Marija Vuković Domanovac**

**Članovi ispitnog povjerenstva:**

**Izv. prof. dr. sc. Marija Vuković Domanovac**

**Dr. sc. Dajana Kučić, znan. sur.**

**Doc. dr. sc. Miroslav Jerković**

**Zagreb, rujan 2016.**

*Zahvaljujem se mentorici i profesorici Mariji Vuković Domanovac na svoj pomoći, potpori, stručnosti i strpljenju koje mi je pružila tijekom pisanja ovog rada. Također se zahvaljujem svojoj obitelji, posebno svojoj sestri, jer su bili uz mene i bodrili me protekle tri godine.*

## **SAŽETAK**

Onečišćenje bukom je sve raširenije i prisutnije zbog industrijalizacije, urbanizacije i rasta prometa. Najugroženija skupina su radnici koji su tijekom radnog vremena izloženi povišenim razinama buke. Urbanizacijom raste broj izloženih ljudi te se može reći da je buka nevolja modernog života. Za prometnu buku se danas smatra da najviše doprinosi opterećenju okoliša bukom.

U ovome je radu prikazana buka s obzirom na njene osnovne karakteristike, izvore, odnosno djelatnosti pri kojima je prisutna, kao i utjecaje kojima negativno djeluje na ljudsko zdravlje i okoliš. Upravo zbog toga neki buku nazivaju tihom ubojicom jer uzrokuje fizičke, fiziološke i psihičke posljedice. K tome treba nadodati da je znanje o ovome onečišćenju krhko. Buka je prisutna kako u otvorenim, tako i u zatvorenim prostorima te se raznim metodama njezina razina pokušava smanjiti na one zakonom propisane vrijednosti. Stoga su navedeni i zakonski okviri te mjere zaštite od buke.

Ključne riječi: buka, onečišćenje, industrija, promet, zakonski propisi, zaštita od buke

## **SUMMARY**

Noise pollution is becoming more widespread and more present due to industrialization, urbanization and increasing traffic. The most vulnerable are workers who are exposed to high levels of noise during their working time. The number of exposed people is growing because of urbanization, so we can say that the noise is a trouble of modern life. Now it is considered that noise from the traffic contributes the most on the environmental noise load.

In this thesis a noise is presented according to its basic characteristics, sources or activities in which it is present, as well as its influences on human health and the environment. This is why some noise called the silent killer because it causes physical, physiological and psychological consequences. It should be added that the knowledge about this pollution is insufficient. The noise is present both in the open and in enclosed spaces and various methods is being used to achieve values prescribed according to the law. Therefore, the legislative framework and noise protection measures are mentioned.

Key words: noise, pollution, industry, traffic, legislation, noise protection

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OPĆI DIO</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1. BUKA</b> .....	<b>3</b>
2.1.1. Podjela buke .....	3
2.1.2. Izvori buke .....	4
2.1.3. Mjerenje buke .....	5
<b>2.2. BUKA I ZDRAVLJE</b> .....	<b>7</b>
2.2.1. Slušni organi .....	10
2.2.2. Utjecaj buke na životinje .....	12
2.2.3. Vibracije .....	14
<b>2.3. ZAKONSKI PROPISI</b> .....	<b>17</b>
<b>2.4. ZAŠTITA OD BUKE</b> .....	<b>18</b>
<b>3. PREGLEDNI DIO</b> .....	<b>22</b>
<b>3.1. UTJECAJ BUKE U ZGRADARSTVU</b> .....	<b>22</b>
3.1.1. Crkvena zvona .....	24
<b>3.2. UTJECAJ BUKE U UGOSTITELJSTVU</b> .....	<b>25</b>
3.2.1. Tvornica kulture .....	26
<b>3.3. BUKA NA RADNIM MJESTIMA</b> .....	<b>27</b>
3.3.1. Elektrolučno zavarivanje .....	27
3.3.2. Hidroelektrana .....	29
3.3.3. Drvna industrija - pilana .....	29
3.3.4. Odjevna industrija.....	31
<b>3.4. BUKA U PROMETU</b> .....	<b>32</b>
3.4.1. Gradski prijevoz .....	34
3.4.2. Mjerenje buke kod motocikala .....	35
3.4.3. Razvijanje modela za predviđanje razine buke .....	36
3.4.4. Buka u zračnom prometu.....	37
<b>4. ZAKLJUČAK</b> .....	<b>41</b>
<b>5. LITERATURA</b> .....	<b>42</b>

## 1. UVOD

„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.“ Ove proročke riječi izrekao je Robert Koch krajem 19. stoljeća, a danas su one stvarnost. Prema izvješćima Svjetske zdravstvene organizacije uz onečišćenje vode i zraka buka se ubraja među jedno od tri najveća onečišćenja u okolišu.<sup>1</sup>

Ugrožavanjem jedne sastavnice okoliša utječe se na druge zbog međusobne povezanosti. Svaka je sa svojim obilježjima jedinstvena, ali se zajedno isprepliću. Tehnološkim napretkom i razvitkom buka je postala opasnost modernog načina života. Većinom joj se ne pridodaje važnost jer uzroci buke su uređaji i aktivnosti koje je stvorio čovjek te iz koristi prihvaćamo te zvukove. No ipak, sve to ostavlja posljedice na naše zdravlje,<sup>2</sup> a vidljive su posljedice i na životinjski svijet.

U cilju zaštite su doneseni brojni zakoni kojima se pokušava smanjiti buka na najmanju moguću razinu. To se postiže odgovarajućim tehničkim mjerama, kako u radnoj sredini gdje je obvezna upotreba osobnih zaštitnih sredstava, tako i u životnoj sredini.<sup>1,3</sup> Od 20 do 50 % radne populacije je izloženo buci većoj od 80 dB.<sup>4</sup> Brojna su radna mjesta na kojima se radnici susreću s neželjenim zvukovima, kao što su turbinska postrojenja, zračne luke, tvornice s bučnim strojevima (šivanje i sl.), u drvnjoj industriji, na brodogradilištima, u poljoprivredi (npr. vožnja u traktorima).<sup>5</sup>

Svaki dan 77 milijuna Europljana je izloženo buci koja prelazi razinu od 55 dB samo zbog prometa.<sup>4</sup> Prema statističkim podacima na našim prometnicama je veliki broj neadekvatnih vozila, tako su od 12 motocikala samo 4 ispravna,<sup>6</sup> što povećava razinu buke. Promet je veliki onečišćivač okoliša. Korištenje gradskog prijevoza je dobra alternativa, međutim i tramvaji koji se redovito ne održavaju uzrokuju buku i vibracije. Koliko su vibracije opasne, ukazuje podatak da uzrokuju bezbroj zdravstvenih tegoba, tzv. vibracijski sindrom.<sup>7</sup> Ove činjenice ukazuju da buka utječe na naš svakodnevni život, radnu sposobnost koja može biti smanjena za čak 20 %, te na raspoloženje.<sup>8</sup>

Kako bismo smanjili razinu buke, potrebno je dobro izolirati svoje domove, posebno zidove, prozore, odnosno promijeniti stolariju. I mi, ljudi, utječemo jedni na druge proizvodnjom vlastite buke. Kaže se da je najbolji onaj susjed koji svoju buku zadrži za sebe. Tako bismo se trebali ponašati, ali ponekad život u zgradama to ne dopušta. Zbog nedovoljno dobre izgradnje, nedostatka adekvatne izolacije, krivog

projektiranja, zidovi kao da su pretanki.<sup>9</sup> Ipak, pažljivim projektiranjem i uz odgovarajuće mjere zaštite moguće je i taj problem riješiti.

Problemi vezani s borbom protiv buke kompleksni su i zahtijevaju povećanje svijesti kod svakoga od nas. Nešto postaje problem tek onda kada toga postajemo svjesni i kada ostavlja neki nepoželjni učinak na ljudsko zdravlje ili okoliš. Najbolje se možemo boriti protiv nečega ako ga upoznamo. Svaki problem ima rješenje pa tako se i buka može smanjiti raznim djelovanjima.

U ovom radu prikazat će se buka kao onečišćenje. Široko je djelovanje buke pa tako je spomenuto zgradarstvo, ugostiteljstvo, ali i radna mjesta na kojima je buka prisutna. Zatim, utjecaj buke na zdravlje ljudi, ali i na životinje. Pomoću zakonskih okvira je regulirana razina buke te su, također, i ona opisana. Kao najveći izvor buke u današnje vrijeme je zasigurno promet. Stoga, s obzirom na zanimljiva istraživanja obradit će se i prometna buka.



## 2. OPĆI DIO

### 2.1. BUKA

Buka je fenomen prisutan u okolišu kojem smo izloženi od samoga rođenja. To je svaki zvuk koji može uzrokovati uznemirenje, nelagodu i psihološku napetost osobama koje su izložene. Širi se prema konceptu izvor – put prenošenja – primatelj. Zvuk koji predstavlja buku subjektivne je naravi i ovisi o primatelju jer isti se zvuk može različito percipirati. Onečišćenje bukom odnosno izloženost buci dovoljno jakog intenziteta je vrlo opasno jer dovodi do gubitka sluha koji može biti privremen pa onda i trajan. Buka ima matematičke, elektromagnetske, društvene i zdravstvene aspekte te se smatra onečišćenjem uzrokovanim ljudskom aktivnošću, odnosno slušno onečišćenje. Nekada je onečišćenje bukom bilo vezano samo za industriju, ali ubrzanim razvojem i tehnološkim napretkom to se mijenja te je prisutno i prešutno odobravanje zbog mišljenja da je to cijena napretka. Ometa čovjekov rad i odmor te ugrožava čovjekovo zdravlje i smanjuje kvalitetu života. Stoga se može reći da je buka sporo–djelujući otrov te javno–zdravstveni, ali i ekološki problem.

#### 2.1.1. Podjela buke

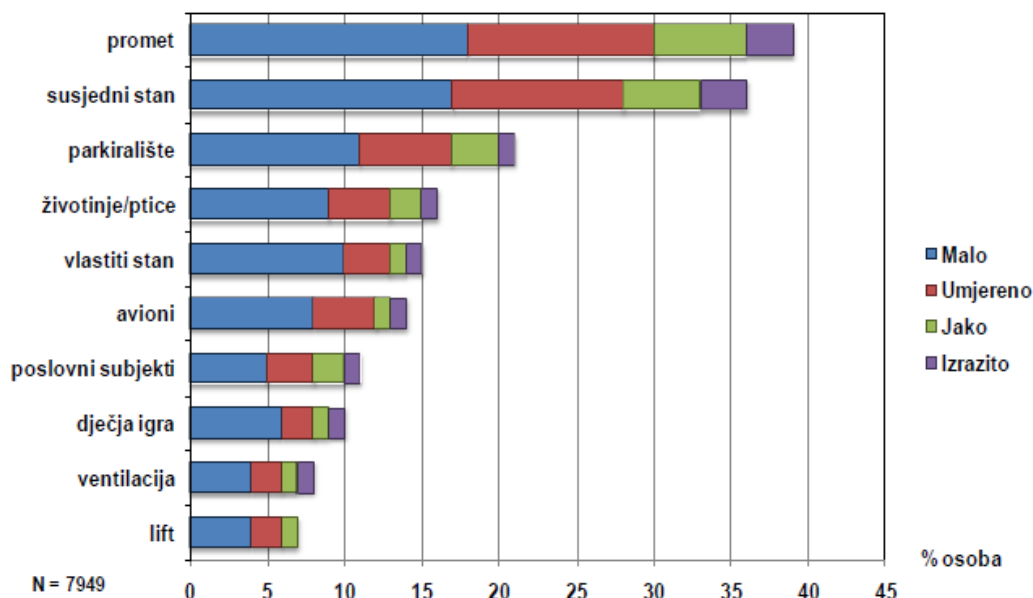
Buka se dijeli na kontinuiranu, isprekidanu i udarnu (impulsnu). Razina zvučnog vala i frekvencija konstantni su tijekom vremena te karakteriziraju kontinuiranu buku. Takva buka ne varira više od 5 dB tijekom detekcije, a kao primjer navodi se ventilator. Ako dolazi do promjene razine zvučnog vala i frekvencije, radi se o isprekidanoj buci. Ona je ponavljajuća i traje duže od sekunde s prekidima dužim od sekunde, primjerice zubarska bušilica. Impulsna ili udarna buka definira se kao zvučni događaj kratkog trajanja i relativno visokog zvučnog tlaka.<sup>10</sup> Opisuje ju promjena veća od 40 dB unutar 0,5 sekundi, a primjer je eksplozija bombe ili pucanj iz pištolja. Prema vremenskom trajanju, buka može biti kratkotrajna ili dugotrajna. Prema izgledu frekvencijskoga spektra, razlikuje se širokopojasna i uskopojasna buka te diskretan ton.

Normalno čujno područje zdrave osobe kreće se od 16 Hz do 20 000 Hz (20 kHz). Zvuk s frekvencijama ispod 16 Hz naziva se infrazvukom, a onaj iznad 20 kHz ultrazvukom. Razina zvuka se izražava u decibelima, a ovisi o jačini promjena tlaka

zraka. Najslabiji zvuk kojeg može osjetiti zdravo ljudsko uho ima pritisak oko 20  $\mu\text{Pa}$ , a najjači pritisak zvuka je oko milijun puta veći, oko 20 Pa. Intenzitet zvuka  $I$  definiran je kao promjena snage zvuka  $P$  po jedinici površine  $A$  u smjeru širenja vala ( $I = P/A$ ). Snaga zvuka  $P$  definira se kao količina energije  $E$  koja u sekundi prostruji kroz površinu veličine  $A$ , a izražava se u Watima ( $P = E/t$ ).

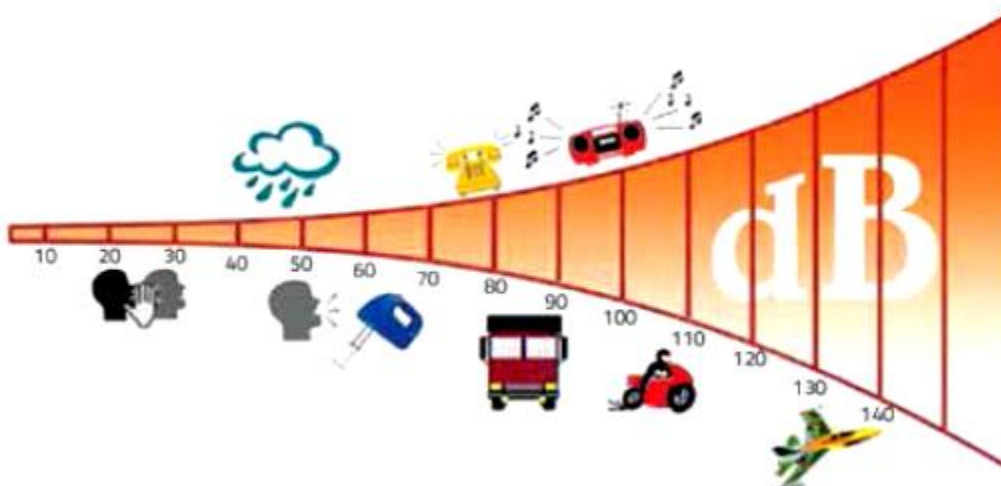
### 2.1.2. Izvori buke

Izvori buke su određena mjesta na kojima nastaje i odakle se počinje širiti zvuk. Većinom su to strojevi, uređaji, vozila, prilikom čije konstrukcije se nije vodilo računa o razini buke koju bi mogli proizvoditi, već je bilo važnije da rade ispravno i posluže svrsi kojoj su namijenjeni. Prema dostupnim podacima<sup>2</sup>, u SAD-u je 50 % radne populacije izloženo buci većoj od 80 dB. U Europskoj uniji 20 % radne populacije je izloženo buci opasnoj za zdravlje, a na području Republike Hrvatske 22 %. Postoje različiti okolišni uvjeti gdje možemo biti izloženi buci, ali najveći postotak ukazuje na promet kao što je vidljivo na slici 1. Nadalje, vanjskim izvorima se smatraju građevinski i javni radovi, industrija, te promet, i to do 80 % cestovni, a ostatak uključuje gradski (tramvaj), željeznički, brodski, avionski.



Slika 1. Izloženost ljudske populacije buci u okolišu.

Osim na radnom mjestu i u vlastitom domu, tj. u svakodnevnom životu (slika 2.), susrećemo se s izvorima buke kao što su klimatizacijski uređaji, kuhala za vodu, blenderi, perilice za rublje, posuđe, mikrovalne pećnice, pekači kruha, dječje igračke, televizori, odvodi vode u kupaonici. Sport, sportska natjecanja, te zabava, diskoteke i koncerti, također se mogu nazvati izvorima buke. Udar groma, slapovi, jaki udari valova, glasanje životinja smatraju se prirodni izvori buke.<sup>8</sup>



Slika 2. Izvori buke prisutni u svakodnevnom životu.

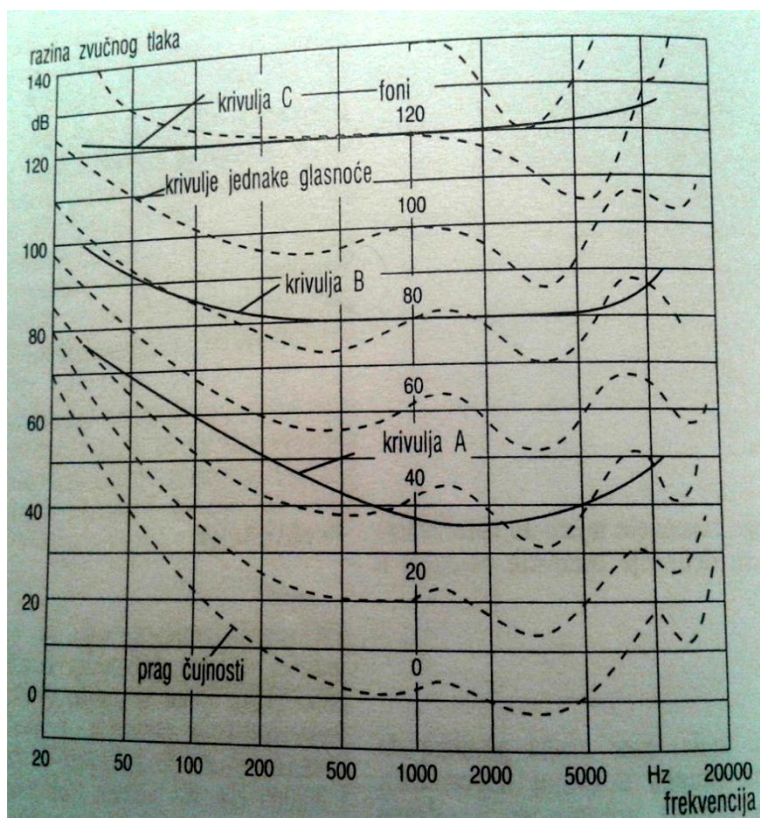
### 2.1.3. Mjerenje buke

Mjerenje buke se provodi pomoću instrumenta koji se naziva zvukomjer (slika 3). koji mjeri razinu zvučnog tlaka, a prima zvuk približno kao ljudsko uho.



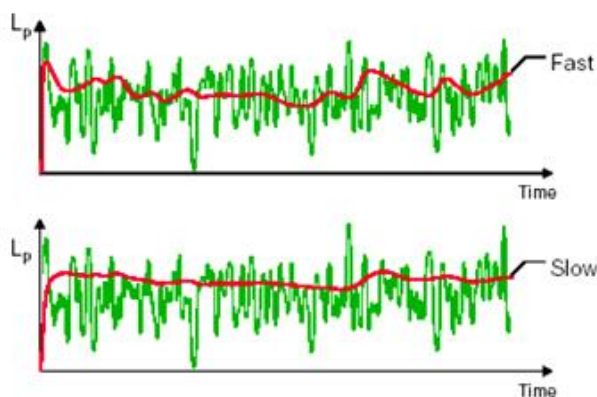
Slika 3. Zvukomjer

Kako bi se izmjerena vrijednost zvučnog tlaka približila subjektivnom osjetu zvuka, u zvukomjere se ugrađuju filtri koji odbacuju sve zvukove s frekvencijama izvan odabranog frekvencijskog intervala. Također, zvukomjeri imaju ugrađene elektronične krugove kojima osjetljivost varira s frekvencijom na isti način kao i uho i tako simuliraju jednake krivulje glasnoće. Stoga, razlikuju se tri standardizirana korekcijska filtra, A, B, C, a postoji i četvrti D filtar. Na slici 4. prikazane su frekvencijske karakteristike normiranih filtara A, B i C u usporedbi s krivuljama jednake glasnoće ljudskog uha. Filter A mjeri signal na način koji je obrnuto proporcionalan krivulji glasnoće kod niske razine zvučnog tlaka. Tada se mjerena vrednovana razina zvuka izražava u jedinicama dB(A). Korekcijski filtar B odgovara krivulji glasnoće kod srednje razine zvučnog tlaka. Korekcijski filtar C je linearan od 30 do 8000 Hz, a D je namijenjen mjerenju buke kod zrakoplova. Najviše se koristi filter A jer B i C ne odgovaraju subjektivnom osjetu buke, jer su izrađeni za čisti ton, a buka se gotovo uvijek sastoji od složenih tonova.



Slika 4. Frekvencijske karakteristike normiranih filtara A, B i C u usporedbi s krivuljama jednake glasnoće ljudskog uha.<sup>11</sup>

Postoje standardizirane dvije brzine detekcije odziva, F (brzo) i S (sporo), kako je prikazano slikom 5.<sup>11</sup> Ako se zvuk sastoji od odvojenih impulsa ili sadrži visok razmjjer udarne buke, koristi se vremenski odziv I koji omogućava detekciju i prikaz kratkotrajne buke na način na koji čovjek opaža impulsne zvukove. Ako je razina zvuka promjenjiva, mjerenje se mora ponavljati tijekom određenog razdoblja uzorkovanja. Na temelju uzorkovanja moguće je izračunati vrijednost koja se naziva ekvivalentna neprekidna razina zvuka,  $L_{eq}$ , koja ima isti sadržaj energije i isto potencijalno oštećenje sluha kao promjenjiva razina zvuka.



Slika 5. Prikaz standardiziranih brzina detekcije odziva.

Mjerenje buke se provodi radi utvrđivanja razine buke, procjene štetnog djelovanja buke na čovjeka te radi planiranja mjera za smanjivanje buke. Buke karakteriziraju tri veličine: razina zvučnog tlaka, frekvencija i vremensko trajanje. S obzirom na te karakteristike ovisi izbor mjernog uređaja te odgovarajuće mjerne procedure.

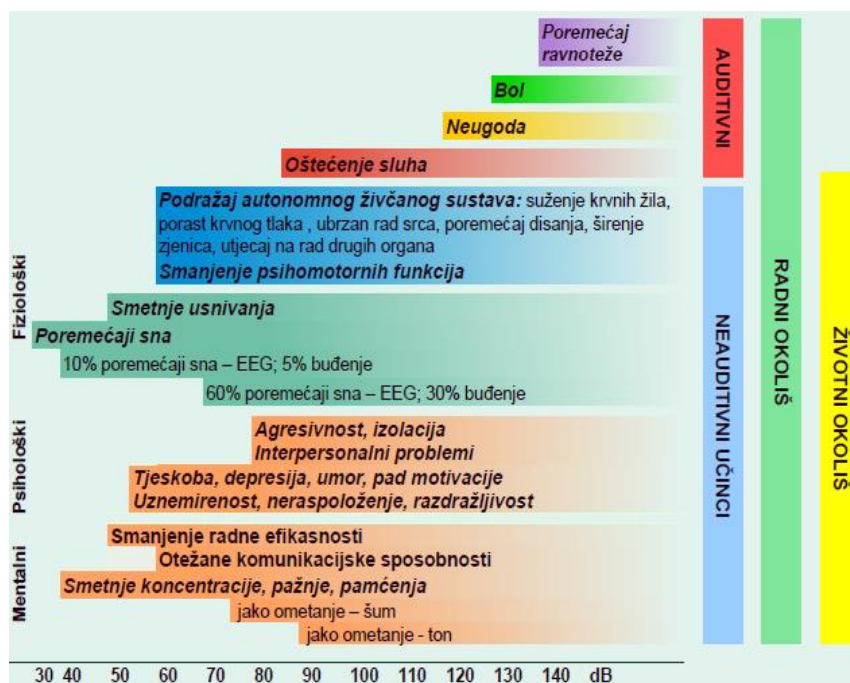
### 2.2. BUKA I ZDRAVLJE

Učinak buke na ljude dijeli se na direktni učinak na slušatelja, tj. problemi vezani za osjetilo sluha te na psihološko/sociološki učinak. Uvijek je primarno djelovanje na slušni organ, ali dugotrajnim izlaganjem posljedice se mogu osjetiti za cijeli organizam. Djelovanje buke se dijeli na auralno i ekstraauralno:<sup>10</sup>

- Auralno ili auditivno djelovanje izražava se preko izravnog oštećenja slušnog organa. Granica za zaštitu organa sluha za osmosatno dnevno izlaganje je 85 dB(A). Pri razinama buke višim od 160 dB(A) dolazi do akustičke traume.

- Ekstraauralne ili neauditivne posljedice djelovanja buke su neizravne posljedice buke. Utječu na organe (srce) i tjelesne sustave (živčani sustav, hormonski sustav).

Buka snažno utječe na kvalitetu života što se vidi na slici 6. Broj izloženih ljudi je sve veći. Oko 50 milijuna ljudi koji žive u gradskim sredinama izloženo je pretjeranim razinama buke prometa po noći, a za 20 milijuna ljudi noćna buka prometa ima štetan utjecaj na zdravlje.<sup>2</sup> Upravo je cestovni promet glavni izvor onečišćenja bukom u gradovima. Svaki dan 77 milijuna Europljana je izloženo buci koja prelazi razinu od 55 dB samo zbog prometa.

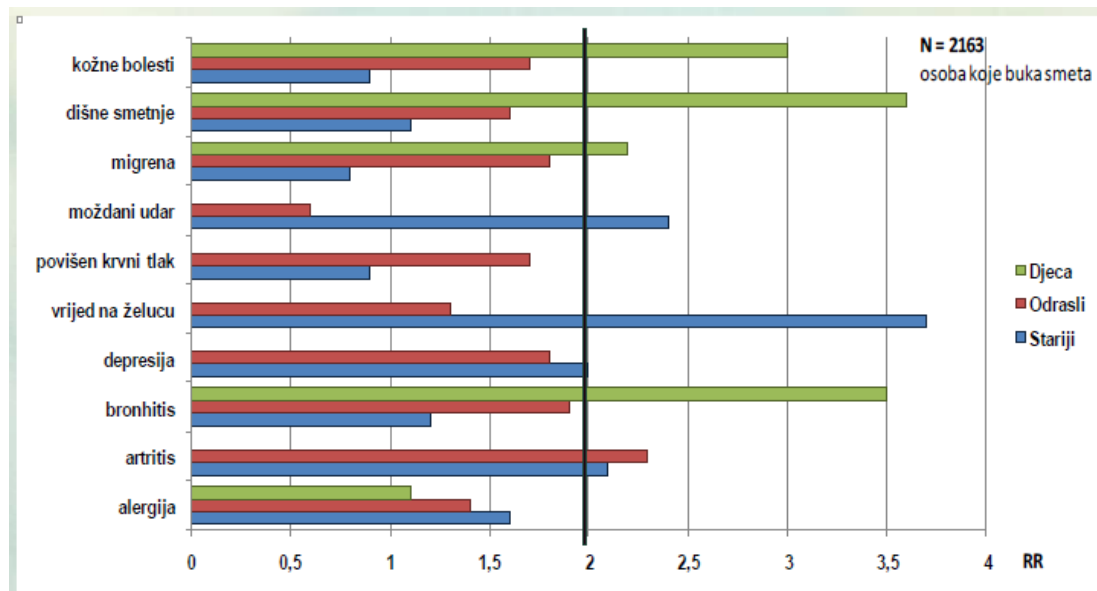


Slika 6. Štetni učinci buke s obzirom na različiti okoliš.

Prema Svjetskoj zdravstvenoj organizaciji, SZO, dugotrajna izloženost može uzrokovati povišeni krvni tlak i srčani udar. Preporučuje se razina buke ispod 30 dB za dobar noćni san, a pojedinačna buka ne bi smjela prelaziti 45 dB jer se javlja problem nedovoljnog sna. No ipak, kako buka može uznemiriti san, tako ga može i potaknuti. To ovisi o frekvenciji novih, neobičnih zvukova. Osoba u laganom snu može podnijeti buku od 30 do 40 dB u odnosu na budnu osobu, a u dubokom snu može podnijeti 50 – 80 dB prije nego ju zamijeti. Nadalje, dolazi do povećane razine

stresa, psihičkih problema, smetnje pri govoru. Uočen je i učinak buke na provedbu zadataka. Ako zadaci zahtijevaju čujne signale, buka može omesti izvršavanje zadataka. Kontinuirani zvukovi ne ometaju izvršenje zadatak ukoliko je razina niža od 90 dB. Buka može dovesti do povećanja promjenjivosti brzine rada te do smanjenja preciznosti rada. Zbog snižene koncentracije manja je produktivnost odraslih na poslu, ali i djece u školi. Djeca koja žive u blizini željezničkih pruga, aerodroma ili velikih prometnica, prema istraživanju SZO-e, lošije rješavaju testove znanja iz jezika, teže pamte gradivo i slabije čitaju.<sup>8</sup>

Osim što negativno utječe na kardiovaskularni sustav, prevelika razina buke utječe i na probavni sustav tako što uzrokuje poremećaje cijevne peristaltike, vrijed želuca i dvanaesnika (slika 7.). Isto tako, može prouzročiti metaboličke i endokrine poremećaje (povećane razine hormona poput adrenalina, noradrenalina), vrtoglavice, mučninu, povraćanje.<sup>2</sup> Osjetljivost na buku ovisit će o karakteristikama buke (jakost, ritam), individualnim karakteristikama izložene osobe što se odnosi na životnu dob, stanje organa sluha, te o duljini, vrsti i režimu izloženosti (položaju osobe prema izvoru buke, prisutnost ili neprisutnost buke u vrijeme odmora).<sup>4</sup>

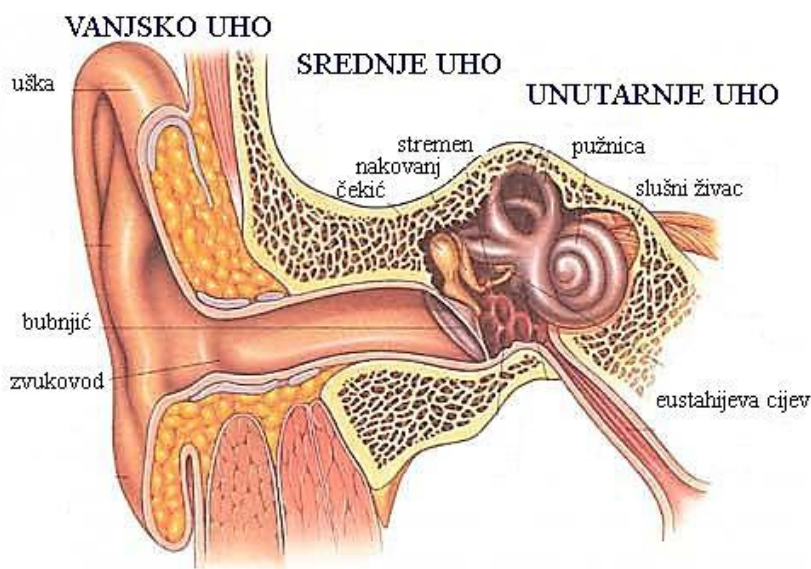


Slika 7. Moguće bolesti koje izaziva buka kod čovjeka.

Ako je osoba trajno izložena povišenoj buci, može razviti simptome kroničnog umora te razviti bukom izazvanu neurozu.

### 2.2.1. Slušni organi

Uho je organ koji služi za detektiranje zvučnih valova te sakuplja i prenosi informacije o zvuku.



Slika 8. Dijelovi ljudskog uha.

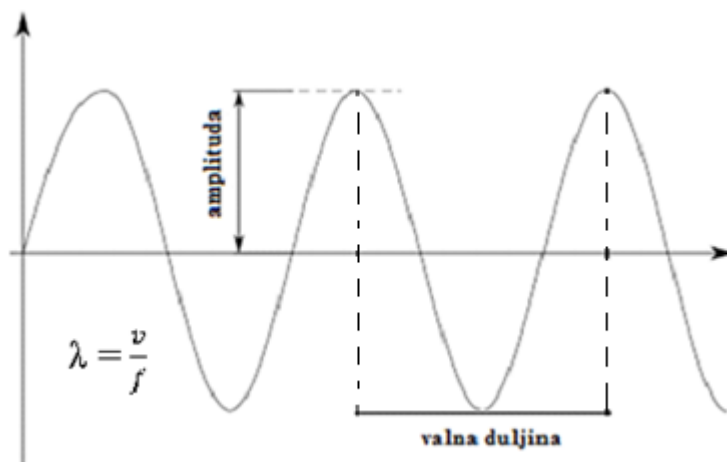
Uho je dakle slušni organ koji se sastoji od vanjskog, srednjeg i unutarnjeg uha (slika 8.). Vanjsko uho čine uška i zvukovod i oni dovode zvuk do srednjeg uha. Na početku srednjeg uha nalazi se bubnjić, zatim tri koščice i eustahijeva cijev koja izjednačava tlak u srednjem uhu. Unutarnje uho sastoji se od tri dijela: pužnice, koja je savijena dva i pol puta, predvorja i polukružnih kanalića.<sup>10</sup> To nam je glavni organ pomoću kojega primamo zvučne valove, tj. prijamno mjesto.

Zvuk je promjena tlaka koja se prenosi na mirujući zrak. Zvuk se širi u obliku vala, longitudinalnog ili transverznog, ovisno o mediju kroz kojeg se širi. O vrsti medija ovisi i brzina širenja vala. Broj titraja u jedinici vremena (sekundi) naziva se frekvencija ili visina vala. Mjeri se u hercima, Hz. Razmak između dva susjedna brijega ili dola je valna duljina,  $\lambda$  koja se izražava kao kvocijent brzine zvuka,  $v$  i frekvencije,  $f$  što je prikazano na slici 9. Viši tonovi jače oštećuju sluh nego niži.

Ljudsko uho prima zvuk preko ušne školjke koja hvata zvučne valove i provodi ih ušnim kanalom do bubnjića. Iza bubnjića je eustahijeva cijev koja pojačava



zvuk. U pužnici tako pojačani zvučni valovi pokreću trepetljike te se stvoreni električki podražaji šalju do slušnih živaca.

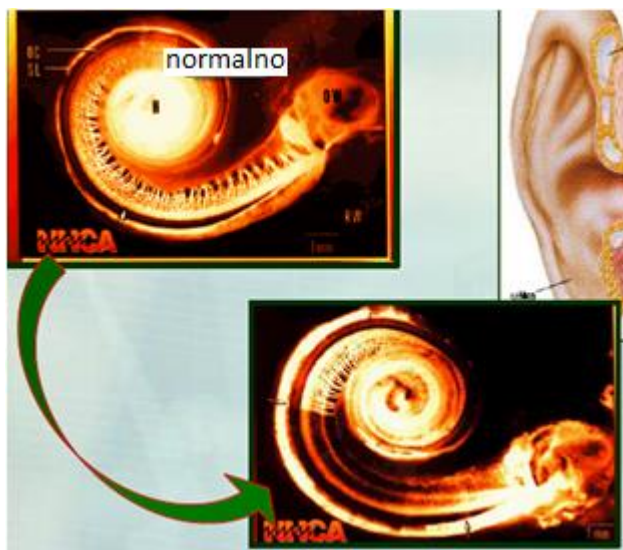


Slika 9. Glavne sastavnice zvučnog vala.

Nakon industrijske revolucije, pa sve do danas, je ljudsko uho sve više opterećeno raznim umjetnim zvukovima koje se nije stiglo prilagoditi. Reakcije su vidljive iznad 60 dB, a dulje izlaganje buci iznad 80 dB trajno oštećuje sluh.<sup>8</sup> Slušne stanice unutarnjeg uha ne mogu se obnavljati pa kada jednom nastupi naglušnost, nastaje trajno oštećenje sluha. Prema ISO, International Organization for Standardization, nema rizika za oštećenje sluha ako je radnik izložen osam sati buci razine 70 dB tijekom cijelog životnog vijeka.<sup>2</sup> Ipak, može doći do akustične traume, puknuća bubnjića, poremećaja položaja slušnih košćica ili do oštećenja osjetnih stanica unutarnjeg uha te tinitusa (zujanje u ušima). Razlika između zdravog i oštećenog uha vidljiva je na slici 10.

Gubitak sluha može se podijeliti u dvije faze.<sup>10</sup> U prvoj fazi ili TTS (Temporary Threshold Shift) fazi dolazi do laganog gubitka sluha koji se nakon vremena odmora povlači. Povezan je s zvonjavom u uhu, prigušenjem zvuka i osjećajem nelagode, a događa se unutar prva dva sata izloženosti. Istraživanja pokazuju da nema oštećenja osjetljivih stanica, već se samo uho umara. Ako nema TTS-a nakon dva do osam sati izloženosti nema ni PTS-a. Pri učestalijoj izloženosti buci i ako nema oporavka bazne linije sluha nakon sat ili dva, nastaje kronični gubitak sluha, PTS (Permanent Threshold Shift), koji je trajan zato što su se oštetile osjetljive stanice. Gubitak sluha je rezultat živčanog oštećenja koje uključuje ozljedu osjetljivih

stanica smještenih u unutrašnjem uhu. Procjenjuje se kako četvrtina ukupnog broja osoba s gubitkom sluha zapravo ima gubitak sluha uzrokovan bukom.



Slika 10. Prikaz normalnog (neoštećenog) i oštećenog uha.

Zadnjih 20 godina oštećenja sluha u mladima su se udvostručila te ih ima 5 % kod mlađih od 18 godina. Danas 15 % mlađih ima oštećenja sluha u usporedbi s njihovim roditeljima.<sup>8</sup> SZO upozorava da sve više mladih ima problema sa sluhom zbog preglasnog slušanja glazbe. Popularnost prijenosnih audio uređaja, slušanje glasne glazbe, posjećivanje bučnih koncerata i multipleks kina sa zvučnim efektima značajno povećavaju udio mladih koji imaju oštećenje sluha ili šum u uhu.

### 2.2.2. Utjecaj buke na životinje

Nažalost, buka koju proizvodi čovjek prijetnja je i životinjama što potvrđuje sljedeća tvrdnja. Pet tisuća životinja godišnje umire od srčanog udara izazvanog eksplozijom petardi. Ugrožene su i morske, ali i kopnene životinje pa se može reći da je ogromna prijetnja za bioraznolikost. Onečišćenje bukom bi moglo prisiliti životinje da napuste svoja uobičajena mjesta parenja i hranjenja. Određenim nivoima buke koja nastaje u industriji, gradska buka od vozila ugrožava i životinje u nacionalnim parkovima. Intenzivno se proučava utjecaj buke na morske životinje, rakove, kitove, glavonošce, ribe. Morskim životinjama je sluh glavno osjetilo pri orijentaciji, lovu i

socijalnoj komunikaciji. U moru zvuk putuje pet puta brže, nego u zraku i naziva se podvodnim zvukom.<sup>8</sup>

Zvukovi se dijele prema podrijetlu na prirodne i antropogene. Prirodni se smatraju zvukovi valova te glasanje raznih morskih životinja. Antropogeni zvukovi su zvukovi naftnih bušotina, raznih plovila, kojih je iz godine u godinu sve veći broj, sonara, podmornica. Izrazito su štetni jer mogu omesti komunikaciju između majki i mladunaca, onemogućiti pronalazak plijena, partnera ili bijeg od predatora, dezorijentirati životinju te ju navesti na krivi smjer, prouzročiti ozljede organa.

Masovna nasukavanja kitova bila su povod za znanstvena istraživanja, a češća su od 1961. od kada je američka ratna mornarica počela koristiti jače sonare. Zvukovi sonara su slični zvukovima koje stvaraju neke vrste kitova što im je bitno zbog navigacije, lova, komunikacije s drugim članovima. Tako, kada čuju sonar dezorijentirani su, prebrzo izranjaju iz vode što ih može navesti da se nasukaju ili umiru od dekompresijske bolesti. Istraživanjima je dokazano da kljunasti i oštrokljuni kitovi te orka imaju slabiji ulov, nižu stopu razmnožavanja i veću smrtnost. Izloženi buci imaju povišenu razinu hormona stresa, koji dovodi i do slabljenja imunološkog sustava. Isto tako, imaju i probleme u međusobnoj komunikaciji, izbjegavanju opasnosti poput sudara s brodovima ili zapetljavanje u ribarske mreže. Na obale američke savezne države Oregon 2004. i 2008. godine plutalo je tisuće mrtvih lignji, kao i 2001. i 2003. godine na sjeverozapadnoj obali Španjolske. To je bio više nego dovoljan razlog za zabrinutost. Na tehničkom sveučilištu u Barceloni provedeno je istraživanje na 87 glavonožaca: lignje, sipe, hobotnice. Izlagali su životinje niskofrekventnim (50 do 400 Hz) zvukovima slabog intenziteta. Pokazano je da čak i pri kratkotrajnim izlaganjima takvim zvukovima dolazi do oštećenja stanica statocista jer nastaju cijele rupe. Te stanice životinjama služe za održavanje ravnoteže. Ujedno, njihovo oštećenje ima negativne posljedice na životne aktivnosti, tj. teže im je naći partnera, imaju smanjenu sposobnost za lov, za bijeg od predatora.

Na ribe također utječe podvodna buka. Dokazano je da zvukovi seizmičkih topova za pronalaženje nafte oštećuju sluh riba u krugu od 30 kilometara, a mogu uzrokovati i potpuni gubitak sluha. Znanstvenici su proučavali tropske ribice i zaključili su da i kratkotrajno izlaganje antropogenim zvukovima dovodi do dezorijentacije riba te one odlaze prema neprirodnim zvukovima umjesto prema grebenima. Tada se mogu naći u područjima gdje nema dovoljno zaliha hrane i skrovišta za bijeg od predatora. Uočene su i promjene u ponašanju: zadržavaju se u

većim dubinama, imaju smanjenu ili povećanu aktivnost, grupiraju se u veće grupe. Sve to dovodi do promjene njihovog prirodnog staništa i do smanjenja ukupnog ribljeg fonda. Posljedice osjećaju i rakovi kod kojih se oštećuju unutarnji organi, deformiraju spolni organi, zaostaje embrionalni razvoj, i uočene su male ličinke, povišena razina stresa te unutarnje krvarenje.

Pretjerana buka štetna je i na kopnu. Ptice koje žive u bučnom okruženju moraju glasnije pjevati. Troše previše vremena u nadmetanju s bukom. Samim time, imaju manje vremena za hranjenje, a i troše prevelike količine energije. Ptice gnjezdarice ostavljaju svoja gnijezda, a jaja i mladi su ostavljeni predatorima. Zbog naftnih i plinskih bušotina buka šteti pticama koje se glasaju nižim frekvencijama jer su ti zvukovi slični zvukovima iz bušotina. U nacionalnom parku Big Bend u SAD-u je mirno i tiho, ali u blizini je vojna baza i zrakoplovi su nadlijetali nad tim područjem, što je utjecalo na gniježđenje sokola. Životinje ovise o komunikaciji sa svojim članovima, a ako se to poremeti njihova egzistencija je upitna.

### 2.2.3. Vibracije

Vibracije su mehaničke oscilacije sustava s malim amplitudama dok su oscilacije općenito periodičko gibanje bilo koje amplitude. Najčešće se pod pojmom vibracija misli na harmonijsko gibanje, a to je gibanje kod kojeg se položaj ili brzina, ubrzanje mijenja po zakonu sinusoide ili kosinusoide. Proučavanje vibracija ima veliko značenje u strojarstvu, građevinarstvu, brodogradnji, gradnji zrakoplova i drugim granama tehnike.

Upotreba motornih pila, industrijska sječa drva, zakivanje metala, rudarski radovi primjeri su poslova gdje je moguće oštećenje zdravlja vibracijama. Vibracije koje se s mehaniziranih sredstava rada prenose na rukovatelje predstavljaju veliki problem. Tako prenesene smanjuju udobnost i učinkovitost rukovatelja, a izlaganje vibracijama iznad određenih granica može izazvati trajne i nepovratne posljedice na zdravlje čovjeka.<sup>7</sup> Može doći do poremećaja u krvožilnom, živčanom ili mišićno-koštanom sustavu šake ili ruke. Čitava skupina profesionalnih bolesti koje su posljedica dugotrajnog izlaganja povišenim razinama vibracija naziva se „vibracijski sindrom“.<sup>7</sup> Vibracijski sindrom predstavlja ozbiljan zdravstveni problem kako u Republici Hrvatskoj, tako i u svijetu. Većina profesionalnih sjekača u šumarstvu ima problem s nekom od posljedica vibracijskog sindroma. Prvi registrirani podaci

datiraju s početka 19. stoljeća nakon uvođenja prvih pneumatskih alata u francuskom rudarstvu. Danas se procjenjuje da ima više milijuna zaposlenika koji su svakodnevno izloženi vibracijama koje se sa strojeva prenose na sustav šaka-ruka.

Promjene koje se mogu dogoditi, mogu biti reverzibilne ili mogu prijeći u trajna oštećenja. Treba izbjegavati pothlađivanje šaka utopljavanjem pomoću rukavica ili zagrijavanjem. Dugotrajna izloženost vibracijama visokih frekvencija može dovesti do poremećaja krvotoka koji se manifestira povremenim napadajima bljedila (slika 11.) jednog ili više prstiju, a kada se krvotok ponovno uspostavi, najčešće zagrijavanjem, prsti pocrvene i budu bolni.<sup>7</sup>

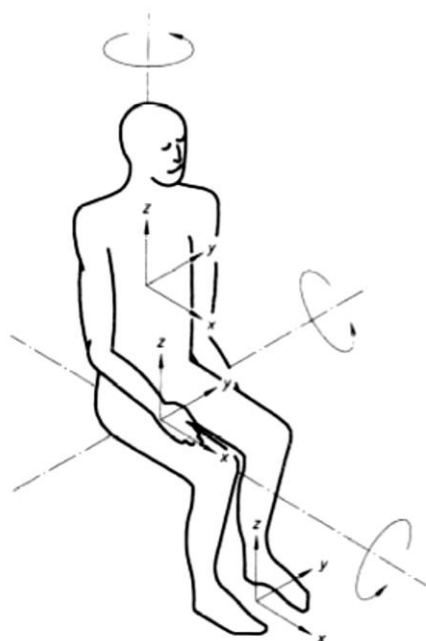


Slika 11. Bljedilo prstiju zbog poremećaja krvotoka.

Nadalje, kod zaposlenika mogu se pojaviti i neurološki poremećaji. Dolazi do utrnulosti, obamrlosti prstiju i šaka, smanjenja osjeta dodira i temperature. Slabost mišića, bol i smanjenje mišićne snage u šakama i rukama, degenerativne promjene u kostima šake, zglobovima prstiju i ručnog zgloba, lakta i ramena. Ako je izloženost vibracijama dugotrajna, najčešće se narušava radna sposobnost, povećan je rizik od ozljeda te dolazi do ometanja aktivnosti svakodnevnog života. Potrebno je skraćivanje dnevne izloženosti vibracijama ili premještanje na drugo radno mjesto.

Svakodnevno, vibracije proizvodi vlak jer se šire po tračnicama i mogu se čuti na velikim udaljenostima. Putnički vlak više smeta jer stvara više visokofrekvencijskog zvuka od onoga sporijeg teretnog. Dizala u zgradama prenose se kroz cijelu zgradu i zrače kao uzdušni zvuk. Stoga, kompletni pogon dizala mora se izolirati od zgrade elastičnim temeljenjem. Nadalje, vibracije brijaćeg aparata prenose se na staklenu ploču koja zrači puno zvuka. Prije zdravice se želi utišati uzvanike

udarcem nekog predmeta, primjerice noža o čašu. Pri udarcu čaša zazvoni, ali dodir prigušuje čašu pa pri udarcu ne zvoni.<sup>1</sup>



Slika 12. Prikaz pravaca djelovanja vibracija.

Mehaničke vibracije javljaju se kao posljedica gibanja traktora, rada motora, rada elemenata transmisije te rada priključnog stroja. Također, radna brzina traktora značajno utječe na nastanak mehaničkih vibracija. Vibracije se prenose na rukovatelja preko sjedala, poda traktorske kabine, upravljača, ručica i komandi za upravljanje, a smjerovi prenošenja su prikazani na slici 12. Negativno djelovanje očituje se u smanjenju njegove koncentracije, djeluje na središnji živčani sustav te može izazvati profesionalna oboljenja (kralješnica, želudac).<sup>5</sup> Konstantna izloženost visokim vrijednostima vibracija može izazvati bol u stomaku i grudima, nedostatak daha, mučninu, vrtoglavicu, a moguće su i još ozbiljnije posljedice odnosno poremećaj psihomotornog, fiziološkog i psihološkog sustava radnika. Kao najveći i najozbiljniji problem navodi se poticanje vibriranja unutarnjih organa ljudskog tijela. Može doći i do pojave rezonancije kada se te frekvencije podudare s frekvencijama samih organa što narušava njihovo normalno funkcioniranje. Pojedine studije ukazuju kako je oko 10 % svih vozača traktora tijekom osmosatnog radnog vremena izloženo razinama iznad dnevne granične vrijednosti. U slučaju prekovremenog radnog vremena, taj postotak raste na 27 %.<sup>5</sup> Vibracije koje utječu na trup radnika smanjuju se pomoću

ogibljena sjedala. Za poljoprivredne traktore rješenja su sustavi ogibljena prednje i/ili zadnje osovine, ogibljenje kabine i ogibljena oruđa. Brojni poljoprivrednici nisu svjesni koje probleme i učinke na zdravlje vožnja u traktoru može izazvati. To je njihovo „radno mjesto“ i logično je da provode puno vremena u njemu, ali trebali bi imati na umu kako se zaštititi. Potrebna bi bila edukacija i razvijanje svijesti kod poljoprivrednika o utjecajima vožnje u traktorima i vibracijama koje posljedično nastaju.

### **2.3. ZAKONSKI PROPISI**

Problematika buke u Republici Hrvatskoj je pod nadležnošću Ministarstva zdravlja. Zakonom o zaštiti od buke<sup>12</sup> se utvrđuju mjere u cilju izbjegavanja, sprječavanja ili smanjivanja štetnih učinaka na zdravlje ljudi koje uzrokuje buka u okolišu. Strategija zaštite od buke Republike Hrvatske ima postavljene prioritete ciljeve koje provodi kroz cjeloviti set instrumenata poznatiji pod nazivom „4M“.<sup>4</sup> Taj sustav obuhvaća mjerenje, monitoring, mapiranje i management. Prvenstveno, mjerenje podrazumijeva provođenje akustičnih mjerenja u cilju što točnije karakterizacije promatranih izvora buke u okolišu. Pri ocjenjivanju i mjerenju bitna je usklađenost s međunarodnim (ISO), europskim (EU) i hrvatskim (HRN) normama. Kontinuiranim praćenjem vremenske promjenjivosti razina buke promatranih izvora ostvaruje se monitoring, a izradom karata buke i akcijskih planova provodi se mapiranje. Mapiranjem se ustanove su kritična područja i koliko je ljudi izloženo nedozvoljenim razinama buke. Zatim se preporučuju mjere zaštite preko akcijskih planova koji bi se primijenili na ugroženom području. Mjerama zaštite od buke želi se smanjiti postojeća na dopuštenu razinu. Podaci koji se koriste za izradu karata buke i akcijskih planova dostavljaju se Ministarstvu zdravlja te ono vodi evidenciju i dostavlja korištene podatke Europskoj komisiji. Management obuhvaća korištenje svih instrumenata u jednom cjelovitom sustavu. Zaštitu od buke su obvezni provoditi i osigurati njezino provođenje tijela državne uprave, jedinice lokalne i područne (regionalne) samouprave te pravne i fizičke osobe koje obavljaju registrirane djelatnosti. Upravni nadzor obavlja ministarstvo, a sanitarna inspekcija ministarstva obavlja inspeksijski nadzor. Za nepoštivanje zakona, propisane su i novčane kazne. Da bi se emisija buke mogla što bolje pratiti i smanjivati, uz krovni zakon na snazi su

i brojni pravilnici. Osim Pravilnika<sup>13</sup> i Pravilnika<sup>16</sup>, postoji i Pravilnik o mjerama zaštite od buke izvora na otvorenom prostoru (NN 156/08), Pravilnik o djelatnostima za koje je potrebno utvrditi provedbu mjera za zaštitu od buke (NN 91/07), Pravilnik o uvjetima glede prostora, opreme i zaposlenika pravnih osoba koje obavljaju stručne poslove zaštite od buke (NN 91/07) itd. Propisane su granične vrijednosti buke s obzirom na različite prostore i djelatnosti. Također je propisana i zaštita od buke, obveza korištenja osobnih zaštitnih sredstava, obveze poslodavaca. Na taj su način zakonskom regulativom obuhvaćena brojna područja te je potrebno pridržavanje istih u praksi.

### 2.4. ZAŠTITA OD BUKE

Stručni poslovi zaštite od buke su poslovi utvrđivanja i provedbe mjera radi sprječavanja ili smanjivanja i otklanjanja opasnosti od buke za zdravlje ljudi.<sup>12</sup> Mjere za zaštitu od buke se dijele na primarne i sekundarne. Primarno se smanjuje buka na izvoru. Sekundarne mjere obuhvaćaju smanjivanje rasprostiranja buke, zaštitu na mjestu imisije te ekonomske mjere i regulativu. Na kojim će se strojevima ili dijelovima strojeva provesti mjere zaštite od buke ustanovljava se ispitivanjem.

Zakonskim mjerama su određene granične vrijednosti buke koje služe kao mjera predostrožnosti, ali i obveza koju treba ispuniti. Inženjersko – tehnološka rješenja podrazumijevaju planski pristup pri upotrebi zemljišta i izgradnji te razvoj proizvoda koji stvaraju manje razine buke. Organizacijsko – planskim mjerama izabiru se manje bučni strojevi i tehnološki procesi. Konstrukcijskim zahtjevima se nastoji spriječiti ili smanjiti udaranje dijelova strojeva jedan o drugi te zamijeniti bučne metalne dijelove tišim plastičnim. Dijelovi strojeva mogu olabaviti i svojim neispravnim radom ili trenjem proizvesti jake zvukove. Zvukovi trenja mogu nastati i zbog nedovoljnog podmazivanja. Stoga je neophodno redovito održavanje i remont postrojenja čime se postiže kontrola i ispravnost svih izvora buke. Također, na rad strojeva se utječe uvođenjem dodatnih stanki radi njihovog oporavka te vremenski se ograničava rad bučnih strojeva.

Nadalje, treba imati na umu i pravilan raspored objekata, strojeva i pogona. Primjerice, ne postavljati izvor buke u kut prostorije, već treba biti jednako udaljen od svih zidova. Na putu rasprostiranja buke postavljaju se određene prepreke kako bi se



ometali putovi kojim se prenosi buka, npr. oklopi. Bučni strojevi se oklapaju kada nije moguće smanjiti njihovu emisiju buke. Oklop treba biti od lima ili gipsanih građevinskih ploča, a unutrašnjost treba obložiti apsorberajućim materijalima. Porozni materijali kao što su spužva i mineralna vuna, imaju jako dobra apsorpcijska svojstva. Primjenom tih materijala postiže se akustično oblaganje prostorija. Jako vibrirajući strojevi mogu se postaviti na odvojena postolja s elastičnim spojevima te odvojiti od ostalih dijelova.

Na mjestu prijama treba pokušati spriječiti imisiju buke. Građevinsko – planske mjere obuhvaćaju prostorno odvajanje izvora buke, radnih mjesta i zaštićenih prostorija. Na taj se način dobivaju zvučno izolirane kabine. Nadalje, stavljaju se određene pregrade, zvučne barijere, upotrebljava se metoda izolacije, kao što je ugradnja dvoslojnih ili troslojnih prozora. Svojstvo zida da sprječava prolaz zvuka mjeri se indeksom zvučne izolacije u dB. Odnos jakosti reflektiranog prema jakosti zvuka koji je prošao kroz zid određuje indeks zvučne izolacije.<sup>9</sup> Postignuta zvučna izolacija računa se prema jednadžbi:

$$\text{ZVUČNA IZOLACIJA} = L_1 - L_2 + 10\log(S/A) \quad [\text{dB}]$$

gdje je  $L_1$ -razina zvuka u prostoriji izvora,  $L_2$ -razina zvuka u prostoriji prijama,  $S$ -površina prijamne prostorije,  $A$ -apsorpcija prijamne prostorije i  $10\log(S/A)$ -ispravak zbog apsorpcije.

Zvučno se izoliraju, najčešće, zidovi, vrata, prozori. No, upotreba zvučne izolacije u zgradarstvu uglavnom se razmatra kao posljednja varijanta zbog visoke cijene. Cijena iznosi otprilike 15 % od cijene samog objekta ako je vanjska razina buke od 75 do 77 dB.<sup>14</sup> Metode smanjenja buke kod prometa moguće je smještanjem prometnica u usjeke i izgradnjom tunela.<sup>14</sup> Tuneli se grade u urbanim zonama, ali rijetko se primjenjuje jer su cijene održavanja visoke. Oblaganje zidova nadvožnjaka još je jedna metoda zaštite kojom se postiže smanjenje i do 10 dB.<sup>14</sup> Kod prometnica se najčešće koriste zvučne barijere. Definiraju se kao zvučno neprozirne prepreke između izvora zvuka i promatrača preko kojih ili oko kojih se zvuk širi.<sup>15</sup> Primjenom barijera dovoljne visine i dostatne duljine, postiže se efekt smanjenja i do 15 dB.

U industriji mjere zaštite od buke ne bi smjele povisiti troškove održavanja. Pokušava se postići kompromis između akustičnih i praktično mogućih rješenja uz

prihvatljivu računicu. Ekonomske mjere u prometu obuhvaćaju naknade za vozila čija je razina buke veća od propisane, poticanje za smanjenje razine buke, formiranje cijene goriva. No, razvojem tehnologije postižu se novi, tiši modeli automobila kao i njihove opreme čime se postiže smanjenje buke. Hibridna vozila su primjer takvih vozila jer su toliko tihi pri malim brzinama da to čak stvara problem za sigurnost pješaka. No, tiša vozila se smatraju luksuznija i manje stresna.

Zaštita na mjestu primatelja provodi se i nošenjem zaštitnih sredstava koja su prikazana na slici 13. Ponajviše to se odnosi na radnike koji obavljaju djelatnosti pri povišenoj razini buke.



Slika 13. Osobna zaštitna sredstva za zaštitu sluha.

Svakodnevno su u svijetu milijuni radnika na svojim radnim mjestima izloženi višim razinama buke nego što je to dopušteno. Prema dostupnim podacima,<sup>3</sup> u SAD-u je preko 50 % radne populacije izloženo buci većoj od 80 dB(A), a 20 % iznad 90 dB(A). U Europi je izloženo više od 30 % radne populacije. To ostavlja posljedice na zdravlje radnika. Dolazi do oštećenja sluha te je ono svrstano na listu profesionalnih bolesti. Oštećenje sluha u SAD-u osjeća 20 % radne populacije, 7 % je priznatih profesionalnih bolesti u EU, a u našoj republici je samo 5 % priznatih profesionalnih bolesti.<sup>3</sup> No, osim što može doći do naglušnosti i gluhoće, konstantne prevelike razine buke utječu i na radnu sposobnost jer smanjuju koncentraciju radnika, dovode do prijevremenog umora što posljedično izaziva stres. Radnici opisuju buku kao nelagodu. Na temelju toga može se zaključiti da se smanjuje učinkovitost radnika, vrijeme obavljanja zadataka te pristup s kojim radnik pristupa svojim obvezama jer buka utječe na motivaciju i raspoloženje prilikom rada. Stoga na poslodavcima je da ublaže sve moguće simptome buke i da se pobrinu za zaposlenike. Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu<sup>16</sup> obvezuje poslodavce u raznim djelatnostima da

utvrde mjere i sredstva u zaštiti radnika od rizika za njihovo zdravlje i sigurnost. Obvezni su radnicima omogućiti odgovarajuću i dobro prilagođenu osobnu opremu za zaštitu sluha. Propisana zaštitna oprema su ušni štitnici (naušnjici), ušni čepići i otoplastika.<sup>16</sup> Ušni štitnici koriste se prilikom kratkotrajnog boravka u bučnim prostorima, kod impulsne buke, na radnim mjestima na kojima je potrebno uz zaštitu sluha osigurati i prepoznavanje upozoravajućih zvučnih signala, te na kojima je potrebna mogućnost komunikacije. Kao dodatno sredstvo za prigušivanje i kod trajne izloženosti buci koriste se ušni čepići. A otoplastika se izrađuje prema individualnim mjerama korisnika.

Osobnu zaštitu moraju koristiti zaposlenici koji su na svom radnom mjestu kontinuirano izloženi nekom izvoru buke. Oprema za zaštitu sluha treba biti odabrana s obzirom na određeni posao koji radnik obavlja. Treba biti dovoljno udobna i da se radnik može na nju priviknuti te mu mora pružati adekvatnu zaštitu. Učinkovitost osobne zaštitne opreme se uvelike smanjuje ako oprema radniku ne pristaje ili ju radnik ne nosi cijelo osmosatno radno vrijeme. Zbog toga, poslodavci moraju osigurati odgovarajuća zaštitna sredstva, ali i omogućiti izbor samim zaposlenicima. Odabrana oprema mora biti optimalna. Ne smije pružati nedostatnu zaštitu da dođe do oštećenja sluha, ali ni preveliku zaštitu zbog mogućnosti komunikacije i čujnosti zvuka upozorenja. Razina zvučnog signala opasnosti ili upozorenja mora biti 10 dB viša od postojeće razine buke na ispitivanom radnom mjestu.<sup>12</sup>

### 3. PREGLEDNI DIO

#### 3.1. UTJECAJ BUKE U ZGRADARSTVU

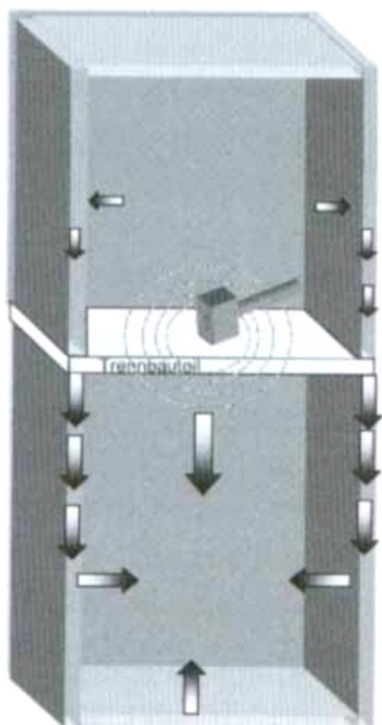
Prema pravilniku o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave<sup>13</sup> propisane su razine buke na gradilištu. Dnevna buka ekvivalentna razina buke iznosi 65 dB(A). U razdoblju od 8 do 18 sati dopušta se prekoračenje ekvivalentne razine buke od dodatnih 5 dB(A). U boravišnim prostorijama stanova dopuštene ekvivalentne razine buke iznose 40 dB(A), a dopuštena su prekoračenja za 10 dB u razdoblju između 8 i 18 sati. U cilju zaštite ljudskog zdravlja i dobrobiti i osiguravanja nesmetanog funkcioniranja unutarnjeg tržišta propisuju se norme za emisiju buke, postupci za utvrđivanje sukladnosti, označavanje, tehnička dokumentacija i prikupljanje podataka o emisiji buke u okoliš uzrokovane opremom za uporabu na otvorenom.

S obzirom na lokaciju, buka može nastati u prostoriji u kojoj se boravi, npr. ured, a buka proizlazi iz raznih uređaja, printer, rad kućišta računala. Zatim, zračna buka koja se prenosi izvana ili druge prostorije, a preko građevinskih konstrukcija može se prenijeti vibracijska buka. Prema zakonu o prostornom uređenju i gradnji<sup>17</sup> bitni zahtjevi za građevinu su mehanička otpornost i stabilnost, zaštita od požara, higijena, zdravlje i zaštita okoliša, sigurnost u korištenju, zaštita od buke, ušteda energije i toplinska zaštita. Građevina mora udovoljavati ovim zahtjevima u predviđenom roku svoga trajanja uz redovitu uporabu i održavanje.

Pri izboru lokacije zgrade, projektiranju i određivanju elemenata zgrade moraju se poštivati zahtjevi za zaštitu od buke. Treba osigurati zaštitu od vanjske buke, od zračne i udarne buke unutar zgrade, od ugrađene opreme u zgradi, od povećane odječnosti, ali i zaštitu okoliša od buke za zgradu vezanih izvora buke.<sup>9</sup> Prije bilo kakvih radova mora se izmjeriti razina buke kako bi se znalo koje se mjere moraju poduzeti. Po završetku gradnje provodi se ocjenjivanje, odnosno mjerenje, izračunavanje ili procjenjivanje vrijednosti indikatora buke ili s njim povezanog štetnog utjecaja.

Najveći dio zvuka koji pada na zid se reflektira, drugi dio se apsorbira, a treći dio prolazi kroz zid.<sup>1</sup> Stoga je od velike važnosti međukatna konstrukcija, što je prikazano slikom 14., jer se udarac prenosi na način da se jedan dio reflektira prema gornjoj površini konstrukcije, a preostali dio se prenosi kao zvuk udara na donju

površinu, tj. na nečiji strop. Kako bi se ublažio prijenos udarca, najčešće se koristi zvučna izolacija.

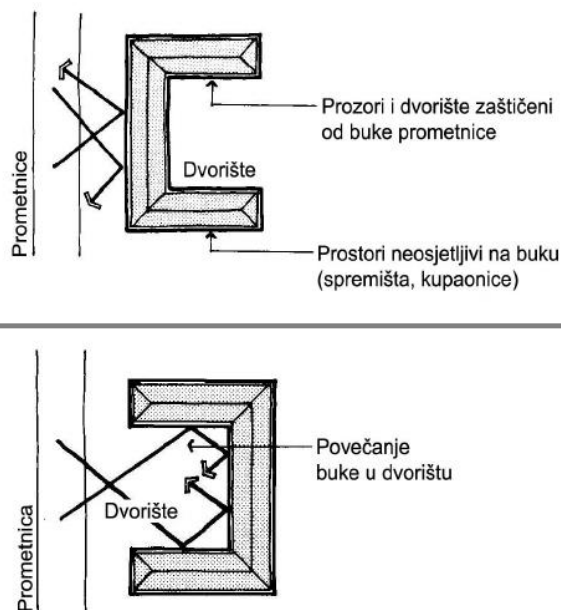


Slika 14. Prijenos udarca.

Prema Zakonu za zaštitu od buke<sup>12</sup>, posebna zvučna izolacija je zvučna izolacija zgrade kombinirana s takvim sustavom za ventilaciju i/ili kondicioniranje zraka koji osigurava visoke vrijednosti zvučne izolacije od buke okoliša.

Na zvučnu izolaciju utječu površinska masa, elastičnost, bočni građevinski elementi te propusnost građevinske pregrade na zrak. Utjecaj na prolaz zvuka i jačinu buke ima izolacija, instalacijske cijevi, spuštene strop, razdjelni građevinski elementi ili lagane predstjenke uz zidove.<sup>9</sup> Kroz sve te elemente različito se širi, odbija i reflektira. Za zaštitu se rade jednostruke pregrade, odnosno akustični građevinski elementi izvedeni od betona, opeke ili drva. Dvostruke pregrade se rade rjeđe jer su neekonomične, a njima se povećava izolacijska moć.

Što se tiče izgradnje stambenih zgrada treba obratiti pozornost na razmještaj soba u stanovima, ali i na izgled same zgrade. Uz prometnicu treba biti jedan dio zgrade, a ne dvorište, kako je prikazano na slici 15., a stubište i dnevni boravak trebaju biti prema prometnici kako bi spavaće sobe bile u mirnom dijelu, tj. dvorištu.



Slika 15. Orijehtacija stambene zgrade u odnosu na izvor buke.

#### 3.1.1. Crkvena zvona

Zakon o zaštiti od buke<sup>12</sup> ne obuhvaća buku iz vjerskih objekata pa u nekim mirnim naseljima ili dijelovima grada to predstavlja problem. Tijekom dana tri puta zvone crkvena zvona. Ujutro u šest sati je pozdravljenje, zatim u podne i navečer u 19 sati. Zvona zvone za umrle, a nedjeljom i dodatno kao poziv na misu. Neke crkve imaju i vanjske zvučnike kako bi se i ispred crkve čulo slavljenje. To je problem zato što, tvrde stanari, preglasna i prerana zvonjava utječe na odmor, odnosno san. Nekima je nedjelja jedini dan kada mogu duže spavati. Jednom kada se prekine san, ne može se nastaviti spavati istom kvalitetom. Nedovoljno sna utječe na raspoloženje, koncentraciju. Upravo zato, san je bitan za zdrav život i potreban je svima kvalitetan odmor. Pogotovo, ako se radi o malim mjestima u kojima ljudi provode godišnji odmor.

Primjer je crkva u Utrinama u Zagrebu koja je smještena između visokih stambenih objekata. Premda ima samo jedno zvono, buka je dovoljna da se poremeti san i da se stanari požale. Prijedlozi rješenja su da jutarnje pozdravljenje ne bude prije 7 sati, da se glasnoća zvonjenja stiša, a da se vanjske zvučnike koristi prilikom blagdana, odnosno velikog broja okupljenih vjernika. Isto tako, okolni stanovnici,

kojima smeta buka, mogu koristiti čepiće za uši kako bi prigušili, koliko je to moguće, zvonjavu.

Da postoje slični slučajevi i u drugim zemljama, pokazuje primjer iz Indonezije. Tamošnji potpredsjednik mjeri razinu buke iz džamije jer mu smeta buka koja nastaje kada se puštaju snimljene molitve preko zvučnika. U pet termina dnevnih molitvi ulice preplave neusklađeni zvukovi iz džamija, a tijekom ramazanskog posta puštaju se i pozivi na molitve, ali i na obrok kojeg vjernici jedu prije zore.

Navođenjem ovih primjera, uočava se koliko je buka ukorijenjena u svakodnevnom životu. Naviknut ćemo se na one zvukove kojima smo stalno okruženi, ali u svakom slučaju prevelike razine buke se trebaju kontrolirati. Udruga „Želim miran život“ se u gradu Zagrebu upravo zalaže za takve ciljeve. Neprofitna su organizacija koja želi pomoći građanima objašnjavajući, ukazujući na probleme, ali i pružajući izvor teorijske osnove za razumijevanje tematike buke. Nudi mogućnost posudbe zvukomjera te prijavljivanja eventualnih novih izvora buka te na taj se način razmjenjuju iskustva i produbljuje odnos, ali i suradnja, između udruge i građana.

## 3.2. UTJECAJ BUKE U UGOSTITELJSTVU

Prvi slučaj ometanja bukom zabilježen je u radionici oružja 1378. zbog potresanja pregradnih zidova. Dugo vremena su i kovači bili kažnjavani zbog buke i prisiljeni ukloniti kovačnice iz stambenih zona. Danas su to objekti za obavljanje ugostiteljske djelatnosti ili se pružaju ugostiteljske usluge u kojima nije predviđena glazba. Dozvoljena razina buke u navedenim objektima je najviše do 65 dB(A). Objekti koji rade noću i predviđena je glazba, dopuštena razina je 90 dB(A).<sup>13</sup>

Klubovi u kojima DJ-evi puštaju glazbu često prelaze dopuštene granice, a posljedice osjećaju i sami glazbenici. Prema rezultatima istraživanja provedena na 23 DJ-a koji rade u uvjetima razine zvuka od 96 dB(A), 13 % ispitanika ima gubitak sluha, a čak 74 % pate od tinitusa.<sup>18</sup> U takvim radnim uvjetima zaposlenici klubova trebali bi koristiti sredstva za zaštitu sluha, a samo 16 % zaposlenika i koristi.<sup>18</sup> Ovi podaci su zabrinjavajući te osobe koje se bave glazbom ipak trebaju razmišljati o zaštiti sluha jer imaju povećani rizik od mogućih štetnih posljedica.

Kako buka utječe na glazbenike i zaposlenike, normalno je da će smetati i okolnim stanarima. Ugostiteljski objekti bi trebali biti osigurani da zvuk koji se u njima čuje ne ugrožava zdravlje, ne remeti noćni mir i uvjete za odmor. Zbog

nedovoljne izolacije, buku čuju i više nego je potrebno. Posebno je problem tijekom turističke sezone jer su tada noćni izlasci duži. Uporaba elektroakustičkih i akustičnih uređaja na otvorenom u objektima registriranim za obavljanje ugostiteljske djelatnosti dopuštena je najdulje do 24 sata, osim ako vrijeme uporabe tih uređaja aktom nadležnog tijela općine, grada i grada Zagreba nije drukčije određeno.<sup>12</sup> Iako je propisano zakonom, dopušta se dulji rad tijekom turističke sezone, posebno na moru. Tada slučajevi između stanara i ugostitelja se znaju često zakomplicirati pa jedini način za rješavanje ostaje sudskim putem.

#### 3.2.1. Tvornica kulture

Prema pravilniku<sup>13</sup> propisane su vrijednosti dopuštene razine buke u prostorima za zabavu, sport, rekreaciju što se vidi u tablici 1.

Tablica 1. Dopuštene vrijednosti u prostorima za zabavu.

<i>Namjena prostora</i>	<i>Najviša dopuštena ekvivalentna razina buke, dB(A)</i>
Koncertne dvorane, kazališta i slične prostorije	25
Kina, čitaonice, izložbene prostorije, predavaonice, učionice i slične prostorije	35

Tvornica kulture u Zagrebu je prostor u kojem se održavaju razne glazbene večeri za zabavu. Bila je zatvorena jer je radila bez rješenja o zaštiti od buke. Naime, za vrijeme koncerata buka je iznosila iznad 90 dB. Tvornica je bila bez dobre zvučne izolacije, no sagradili su čvrsti zid s izolacijom u prostoru i dvorištu tako da su postavili dvostruka izolacijska vrata te ventilacijske otvore. Ipak, i stanari rade probleme jer ne žele dozvoliti mjerenje buke u svojim stanovima. Takvo ponašanje može dovesti do već spomenutih sudskih postupaka. No ipak, u obranu kulturnoga dobra okupili su se brojni glazbenici te tako iskazali podršku za daljnji rad.

Zanimljivi podatak, prema provedenom istraživanju,<sup>18</sup> vezan za osobe koje se bave glazbom (glazbenici, DJ-ovi, audio inženjeri) pokazuje da je mogućnost gubitka sluha jednaka kao kod osoba koje rade u tvornicama s bučnim strojevima. Od 480



profesionalaca, točnije audio inženjera, koji su sudjelovali u istraživanju, njih 10 % pokazivalo je izražen gubitak sluha uzrokovan bukom.

### 3.3. BUKA NA RADNIM MJESTIMA

Buka je popratna pojava svih ljudskih aktivnosti, a nadasve izražena je na radnim mjestima. Brojna su radna mjesta na kojima su zaposlenici izloženi većim razinama buke od zakonski propisane. Najviša dopuštena dnevna ili tjedna osobna izloženost buci radnika iznosi 85 dB(A).

Tablica 2. Najviša dopuštena ekvivalentna razina buke s obzirom na različite poslove.<sup>13</sup>

<i>Opis posla</i>	<i>Najviša dopuštena ekvivalentna razina buke <math>L_{A,eq}</math> u dB(A)</i>
Najsloženiji poslovi upravljanja, rad vezan za veliku odgovornost, znanstveni rad	35
Rad koji zahtjeva veliku koncentraciju i/ili preciznu psihomotoriku	40
Rad koji zahtjeva često komuniciranje govorom	50
Lakši mentalni rad te fizički rad koji zahtjeva pozornost i koncentraciju	65

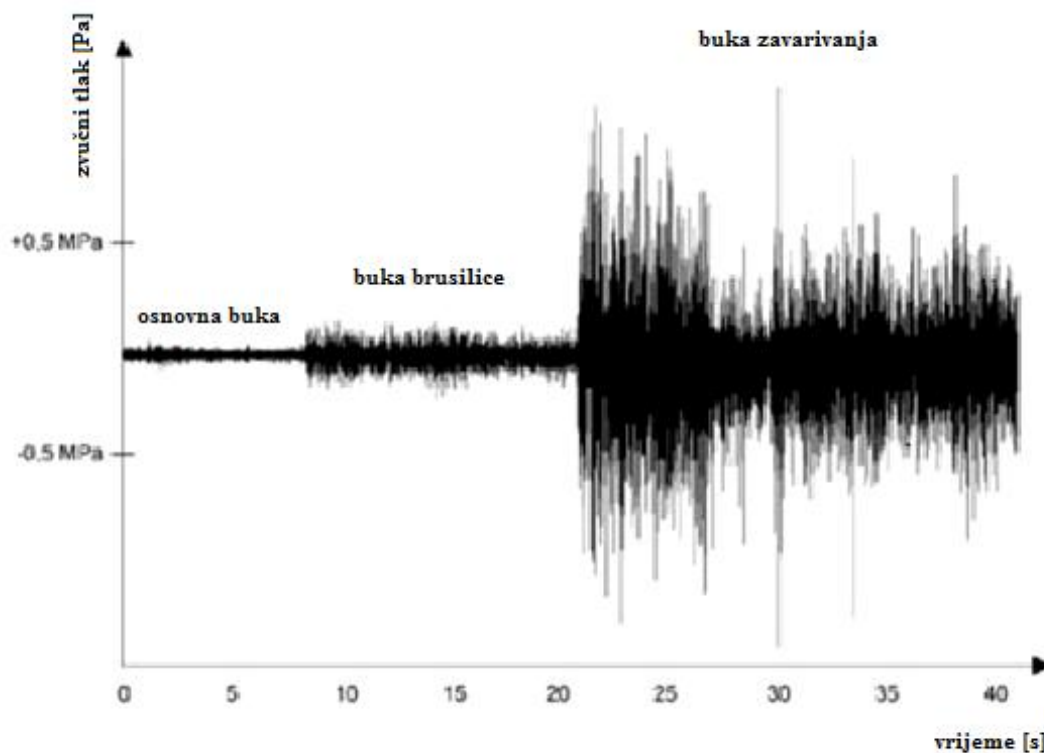
Različiti poslovi zahtijevaju različite dopuštene razine buke (tablica 2.), ali ako je intenzitet veći od 85 dB, moraju se poduzeti odgovarajuće mjere radi smanjenja razine i zaštite zaposlenika. U nastavku su prikazana istraživanja na radnim mjestima pri elektrolučnom zavarivanju, u hidroelektrani, u pilani te pri procesu šivanja.

#### 3.3.1. Elektrolučno zavarivanje

Elektrolučno zavarivanje obuhvaća više postupaka taljenja osnovnog i dodatnog materijala toplinskom energijom koja se oslobađa u električnom luku. Čujni zvuk koji je uzrokovan fizikalnim promjenama kod zavarivanja može biti neugodan ili

čak smetati, ali je kod velikog broja procesa zavarivanja nužan izvor informacija tijekom procesa zavarivanja. Zbog toga zavarivači u pravilu ne upotrebljavaju zvučnu zaštitu. Zavarivačima su vid, dodir i sluh elementarni prirodni senzori preko kojih oni upravljaju postupkom zavarivanja.<sup>19</sup>

Cjelokupni uređaj za zavarivanje se sastoji od više dijelova. Stoga, zavarivač je izložen ne samo buci prilikom zavarivanja, već i buci ostalih dijelova opreme. S opterećenjem cjelokupnog uređaja i početkom zavarivanja, zavarivač je izložen osnovnoj buci, radnoj buci uređaja i buci procesa zavarivanja. Prema istraživanju,<sup>19</sup> najveća buka je od zavarivanja što se vidi na slici 16.



Slika 16. Snimak buke na radnom mjestu zavarivača.

Opasnost za zdravlje zavarivača je velika jer zvučni impulsi nisu dovoljno dugi kako bi ih ljudsko uho moglo identificirati i ne mogu se aktivirati biološki mehanizmi za zaštitu sluha. Također, buka je impulsna i ima elemente ultrazvuka. Te činjenice su zabrinjavajuće te pozivaju zavarivače na povećan oprez.

#### 3.3.2. Hidroelektrana

U hidroelektrani, gdje je buka bila iznad dopuštenih granica, projektom se smanjila reflektivna buka akustičnom obradom dijela zidova i stropa, ugradnjom izolacijske i pomične barijere na poziciji ograde platforme turbine, zvučnom izolacijom dijela cijevi turbine, izolacijom poklopca prema generatoru, izradom prethodne i završne karte buke prostora.<sup>20</sup>

Utvrđeno je da je razina buke veća u slučaju rada postrojenja u podopterećenju, a razlika između najvećeg i najmanjeg opterećenja iznosi 6 dB. Mjerenja razine buke provedena su duž prostora, uz same uređaje i prema izlazu te u okolnim vanjskim prostorima unutar strojarnice. Izmjerene vrijednosti su bile različite s obzirom gdje se mjerilo. Pa tako u prostoru oko turbinu vrijednost se kretala od 95 do 97 dB, a podopterećenjem vrijednost je od 97 do 101 dB.

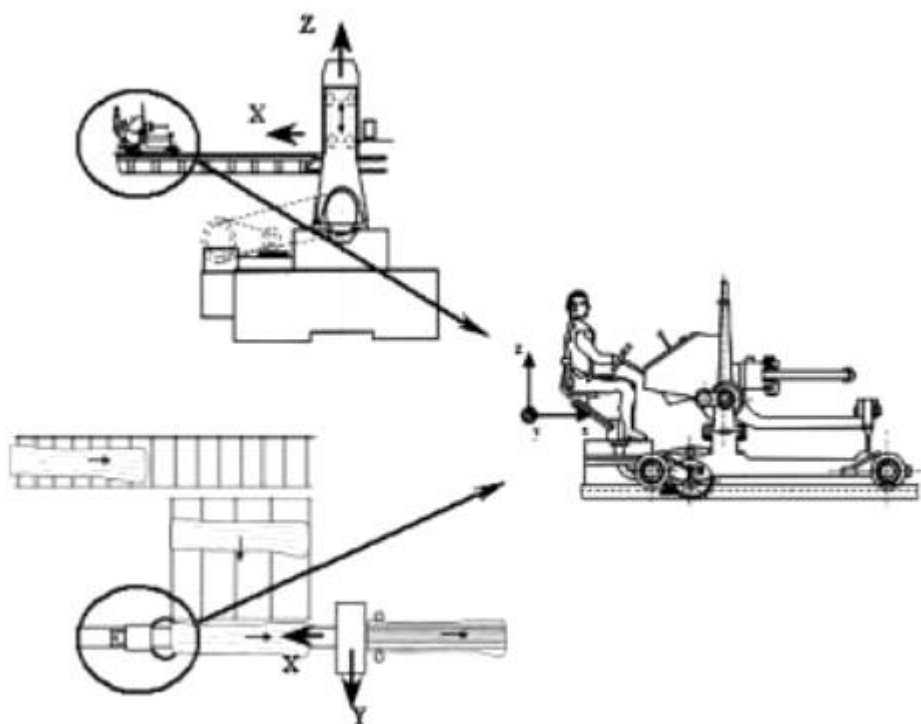
Postavljanjem apsorpcijske obloge na pojedine slobodne plohe zidova i stropa postiže se smanjenje vrijednosti. Izravna zvučna zaštita u obliku apsorpcijsko – izolacijskih panela s potrebnom konstrukcijom upotrebljena je na cijevi turbine, ispod platforme za hodanje i otvoru prema generatoru. Time je postignuto smanjenje razine buke za 5 dB, a kod platforme za hodanje razina je smanjenja za 3 do 4 dB.<sup>20</sup>

#### 3.3.3. Drvna industrija - pilana

U drvnoj industriji je također potencijalna opasnost za zdravlje zaposlenika. Tijekom mehaničke obrade drva, odnosno piljenja, javljaju se buka i vibracija. Prema istraživanju, radnici u pilanama smatraju buku u pogonima najuznemiravajućim činiteljem u njihovu radu. Osim što utječe na sluh radnika, stvara ima i osjećaj socijalne izoliranosti, povećava stres što utječe na smanjenje učinka radnika. Uz rad većine strojeva vezana je i pojava vibracija koje nastaju tijekom rada i u praksi ih je teško izbjeći. Obično se pojavljuju zbog promjenjivog djelovanja proizvodnih tolerancija, zazora, kontakata među dijelovima strojeva pri kotrljanju i trenju te zbog neuravnoteženih sila u rotirajućim i povratnim dijelovima.<sup>21</sup>

Rukovatelju jarmače pri radu ustanovljena je razina buke  $L_{A,eq} = 92$  dB(A), što je za 7 dB(A) više od dopuštenoga. Takva razina buke utječe i na zamor i na prosudbe radnika. Stoga, radnik bi trebao koristiti sredstva za zaštitu od buke ili provoditi najviše šest sati u takvoj radnoj sredini. Položaj koordinatnog sustava za mjerenje

vibracija koje se prenose na tijelo u radu u pilani prikazan je na slici 17. Izmjerena razina buke u kabini rukovatelja tračne pile iznosila je 82 dB(A). Iako razina ne prelazi dopuštene vrijednosti, trebalo bi razinu smanjiti jer rukovatelj odlučuje o mnogim parametrima što zahtjeva pozornost i koncentraciju. Dodatna zvučna izolacija kabine se nudi kao rješenje.



Slika 17. Položaj koordinatnog sustava za mjerenje vibracija u pilani.

Na radnom mjestu pomoćnog radnika razina buke iznosi 100 dB(A) što ukazuje na obaveznu upotrebu zaštitnih sredstava, tj. antifona koji smanjuje razinu buke za 20 – 30 dB kako ne bi nastala trajna oštećenja sluha kod tih radnika. Ujedno, tolika razina buke može utjecati i na raspoloženje i na radnu sposobnost radnika, a svaka komunikacija ili alarmiranje u takvim uvjetima je otežano.<sup>21</sup>

Radnici u pilani izloženi su intenzivnoj buci i nedovoljno nose zaštitna sredstva te imaju značajan gubitak sluha što barem djelomično uzrokuje češće ozljeđivanje na radu. Prema još jednoj studiji, izmjerena razina buke je od 69 do 103 dB. Od 58 pilanskih radnika 37 % ima gubitak sluha veći od 25 dB, a u skupini radnika koja radi na održavanju 24 % ima gubitak sluha veći od 25 dB. Uporaba zaštitnih sredstava nije zadovoljavajuća jer je 43 % radnika izjavilo da je ne

primjenjuju.<sup>21</sup> Potrebno je uvesti i provoditi dobro prilagođen program za osposobljavanje radnika za rad na siguran način i za očuvanje sluha.

### 3.3.4. Odjevna industrija

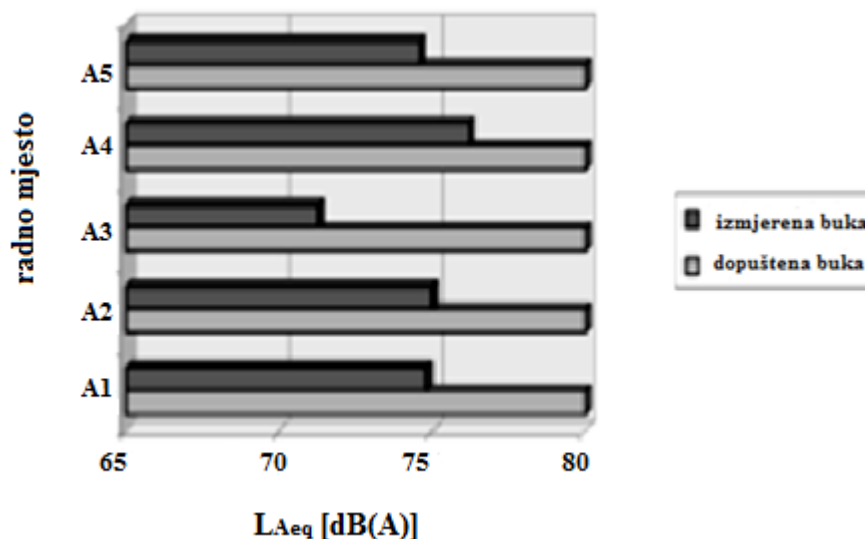
Problem buke postoji u proizvodnim pogonima odjevne industrije. Najčešći razlozi visokoj razini buke su vrste šivaćih strojeva, konstrukcija, starost, način održavanja i ispravnost mehaničkih i pogonskih dijelova.<sup>22</sup> U pogonu površine 400 m<sup>2</sup> s 54 šivaća stroja provedeno je istraživanje radi utvrđivanja postojanja visoke razine buke. Zidovi i strop bili su obloženi gipsanim pločama, podna površina prekrivena laminatom, a klima se uključivala samo za vrijeme pauze.



Slika 18. Prikaz šivaćih strojeva odabranih za mjerenje intenziteta buke.<sup>22</sup>

Analizom buke pet šivaćih strojeva (slika 18.) utvrđeno je da se ona kreće između 71,3 i 76,2 dB(A) u osmosatnom radnom vremenu tijekom tri dana (slika 19.).<sup>22</sup> Prema subjektivnim doživljajima, radnice su buku ocijenile kao neugodu zbog osjećaja umora za vrijeme rada te ukazale na smanjenje koncentracije i motivacije, ali bez zdravstvenih problema. Izvođenje tehnoloških operacija šivanja može se svrstati u

skupinu poslova koji su pretežno rutinski fizički rad sa zahtjevom na točnost i praćenje okoline sluhom s najvišom dopuštenom razinom buke od 80 dB(A).



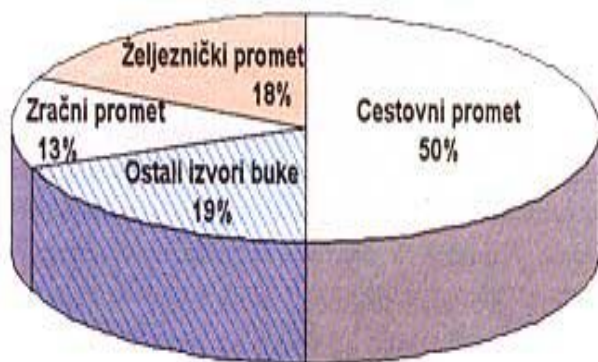
Slika 19. Prikaz ekvivalentne i dopuštene razine buke na radnim mjestima.

Buka na radnim mjestima predstavlja veliku opasnost za radnike. Povećana je mogućnost od ozljeda na radu jer su radnici izolirani od okoline i teže uočavaju zvukove upozorenja. Radnici su tome doskočili znakovnim jezikom što jedan od načina komuniciranja pri bučnim radnjama. Moraju biti zaštićeni osobnim sredstvima zaštite jer na taj način štite svoje zdravlje, ali veliki broj ih ne koristi jer se ne mogu priviknuti. Stoga, potrebna je edukacija samih zaposlenika kao i inzistiranje na upotrebi zaštitnih sredstava. Poslodavci također trebaju biti informirani te spremni osigurati sve što je potrebno jer samim time štite zdravlje svojih zaposlenika, ali i povećavaju njihovu koncentriranost, motivaciju za rad te učinkovitost. Provođenje ovakvih istraživanja je korisno jer se time ukazuje na brigu za radnike, a ujedno naglašava se važnost kontrole i mjerenja razina buke koja treba biti unutar propisanih graničnih vrijednosti. Ulaganjem u izolaciju i strojeva i postrojenja to se može postići.

### 3.4. BUKA U PROMETU

U urbanim sredinama buka cestovnog prometa ima značajnu ulogu u onečišćenju okoliša i utjecaju na ljudsko zdravlje. Buka u cestovnom prometu je najrasprostranjenija vrsta buke i u urbanim sredinama predstavlja ozbiljan ekološki

problem. Od početka stoljeća pa do danas prometna se buka povećala osmerostruko. Na buku uzrokovanu prometom otpada čak 80 % od svih izvora buke u većim urbanim sredinama. Od toga, cestovni promet uzrokuje 50 % buke, 18 % željeznički, a 13 % zračni promet kao što je prikazano na slici 20.<sup>23</sup> Cestovni promet ima dominantnu ulogu i u stalnom je porastu.



Slika 20. Udjeli pojedinih izvora buke.

U posljednjih desetak godina u Republici Hrvatskoj stopa rasta cestovnog prometa je izraženija nego u drugim europskim zemljama.<sup>23</sup> Tome idu u prilog obnavljanja postojeće cestovne mreže te izgradnja novih autocesta što uzrokuje povećanje razina buke u zonama oko prometnica. Nadalje, naglo se povećao i broj vozila zbog carinskih povlastica i povoljnijih mogućnosti kupnje. No, buka se nije znatnije povećala jer se radi o novim modernijim vozilima.

Tri su skupine buke koja nastaje u prometu:<sup>23</sup> buka od prolaza vozila kroz medij, buka rada vozila i buka od interakcije pneumatika i vozne površine.

U urbanim sredinama brzine vozila variraju i zbog toga je potrebno djelovati i na smanjenje buke uzrokovane radom motora kao i one od interakcije pneumatika i vozne površine. Djelovanje koje se odnosi na poboljšanje konstrukcije vozila obuhvaća niz mjera vezanih za smanjenje buke motora, prijenosnog mehanizma, pneumatika vozila. Povišene razine buke su posljedica konstrukcije vozila te interakcije vozila i vozne površine. Primjerice, pri brzini vozila od 40 km/h veći utjecaj na razinu buke ima rad motora, dok pri brzini većoj od 50 km/h dominaciju preuzima buka od interakcije pneumatika i vozne površine.<sup>22</sup> Stoga, raznim mjerama pokušava se reducirati buka od interakcije pneumatika i vozne površine. To se postiže smanjenjem brzine vozila, održavanjem vozni površina i vozila, upravljanjem

prometnog opterećenja te uvođenjem određenih zabrana kojima se utječe na ponašanje vozača.

Neminovno je kako ponašanje vozača utječe na druge. No upitno je koliko smo toga svjesni i koliko smo spremni platiti da bi zaštitili svoje zdravlje. To se razlikuje se od zemlje do zemlje. Istraživanje se provelo u pet europskih zemalja: Engleskoj, Finskoj, Njemačkoj, Nizozemskoj i Španjolskoj. Željelo se utvrditi koliko su stanovnici spremni platiti da bi se smanjili zdravstveni problemi uzrokovani prometnom bukom. Percepcija rizika za zdravlje i stavovi ljudi o buci te njihova zabrinutost za zaštitu okoliša i onečišćenje, uvelike utječu na spremnost plaćanja. Prema provedenom istraživanju,<sup>24</sup> Nizozemci su najmanje zabrinuti za onečišćenje okoliša te im prometna buka najmanje smeta. Pet do sedam puta veću osjetljivost imaju Španjolci te najviše su zabrinuti za stanje okoliša. Teže se mogu opustiti u bučnom okruženju i najviše ih ometa buka prometa. S obzirom na ovo istraživanje zaključilo se da ljudi koji su spremni platiti više su oni koji su osjetljivi na prometnu buku ili su joj bili izloženi, oni koji brinu o stanju okoliša te koji se teže mogu opustiti u bučnim prostorima. Stoga, ne razmišljamo dovoljno o buci, a počnemo tek onda kada na „vlastitoj koži“ osjetimo posljedice.

#### 3.4.1. Gradski prijevoz

Gradski prijevoz se nudi kao odlična alternativa za prijevoz. Iako je pozitivna strana smanjenje onečišćenja okoliša, vožnja tramvaja može biti bučna. Tako, tramvaj na uglu Šubićeve i Zvonimirove ulice u Zagrebu prolazi s prevelikom popratnom bukom. Neki stanari opisuju da su decibeli skoro do granice bola. Glasna škripa tračnica izaziva neugodu u 180 kućanstava i okolnih tri zgrada, koliko je zahvaćeno na tome području. Prolazak se osjeti kao blagi potres, a ostavlja bezbroj posljedica. Neke od posljedica su podrhtavanje podova, poplavljeni podrumi, parketi puni pukotina, a i dijelovi namještaja dolaze do polovice soba. Razlog tome se navodi težina novih tramvaja koji su dvostruko teži od starih, ali i prebrza vožnja. Dopušteno je 5 km/h, no brojni su slučajevi kada vozači „hvataju“ zeleno pa prekorače dopušteno ograničenje i samim time efekt se povećava. Iz ZET-a poručuju da će smanjiti vibracije jer će krenuti u obnovu tračnica, no na to treba pričekati. Ujedno je to i područje velike automobilske gužve. Pridošlice u tom području, većinom se požale na nenasnosnu buku. Starosjediocima, naravno, to više i ne predstavlja veliki problem jer



su se navikli na takvo okruženje. Upravo to ukazuje na činjenicu da nakon duže izloženosti podražaju dolazi do promjene fizičkih karakteristika srednjeg uha i neuroloških fenomena, adaptacije i zamora. Dolazi do, takozvane, slušne adaptacije ako se uho dugotrajnije i neprestance izlaže zvučnom podražaju.

#### 3.4.2. Mjerenje buke kod motocikala

Kao što je prikazano na slici 21., na zagrebačkim ulicama je provedena akcija mjerenja buke ispušnih sustava motocikala koju su zajedno proveli djelatnici policije i tehničko osoblje Centra za vozila Hrvatske.<sup>6</sup> Povod akciji je bilo konstantno žaljenje građana na buku koja nastaje na gradskim ulicama prolaskom motocikala.



Slika 21. Mjerenje buke kod motocikala.<sup>6</sup>

Mjerenje može biti statičko ili u vožnji. Vozilo mora sadržavati identifikacijsku naljepnicu na kojoj je napisana homologacijska vrijednost emisije buke i broj okretaja pri kojem se može izvršiti mjerenje. Savjetuje se provođenje mjerenja na asfaltiranim parkiralištima van stanica za tehnički pregled. U zamišljenom pravokutniku oko motocikla na udaljenosti tri metra ne smije postojati nikakva fizička prepreka. Podizanjem vozila na središnje nogare izvršava se ispitivanje dok se pogonski kotač vrti u zraku. Zatim se postavlja fonometar pokraj ispušne cijevi na udaljenosti od 0,5 metara, u horizontalnu ravninu pod kutom od 35° do 55°.<sup>6</sup> Upali se motor i zagrije na radnu temperaturu tako da se postigne potrebni

broj okretaja te se nakon dvije do tri sekunde očita razina buke na fonometru. Ako je izmjerena vrijednost veća za 3 dB(A) od homologacijske (referentne) vrijednosti, to se tolerira. Odnosno, na tehničkom pregledu takvi motocikli se smatraju ispravnima. Nažalost, u velikom broju slučajeva ovakav opisani način mjerenja neće biti moguć jer veći broj motocikala ima automatski mjenjač, a nema ni srednje nogare ni mjerač broja okretaja motora. Tada se mjerenje zasniva na subjektivnom zapažanju buke i ocjeni je li vozilo preglasno, što dovodi do krivih procjena.

Sam proizvođač motocikala na pločici na okviru mora definirati buku koja ne smije prelaziti 80 dB. U ovoj akciji, policija je uspoređivala izmjerenu vrijednost s onom na pločici, odnosno s homologacijskom vrijednošću. Vršena su bila tri mjerenja pa uzeta srednja vrijednost ako motocikl nije imao originalni ili homologirani ispuh. Ukupno je ispitano 12 motocikala, od toga samo četiri su bila ispravna.<sup>6</sup> Ovakve akcije se trebaju provoditi jer se ovom akcijom dokazalo da je na našim cestama veliki broj bučnih i neispravnih motocikala. Zabrinjavajuće je što se ostavlja prostora za zloupotrebu. Nije čudno da je na prometnicama veliki broj vozila s prekoračenom razinom buke kada se nadzornicima, osobama koje trebaju provesti mjerenje, dopušta da s obzirom na svoju subjektivnu procjenu odrede da li je razina buke prevelika.

#### 3.4.3. Razvijanje modela za predviđanje razine buke

Mreža autocesta je važan dio gospodarstva svake države i može se usporediti s ulogom nervnog sustava u ljudskom tijelu.<sup>25</sup> Druga po veličini cestovna mreža na svijetu je indijska cestovna mreža s više od 4,32 milijuna kilometara. Teretni promet je zastupljen s oko 65 %, a putnički s 35 %.<sup>25</sup> Brzi porast broja cestovnih vozila karakterizira, ali i uvjetuje razvoj kako cestovne mreže tako i infrastrukture, industrijalizacije i urbanizacije. Takav razvoj prometa ostavlja brojne ozbiljne posljedice. Izražena zakrčenost prometa uzrokuje onečišćenja zraka i bukom uz promjenu klime, a javljaju se i ozljede u cestovnom prometu.

Zbog onečišćenja bukom provodilo se istraživanje na državnoj autocesti s gustim prometom i sa četiri kraka u vremenu 6:00 do 19:00 sati. Na svakoj lokaciji obavljena su po četiri niza mjerenja, što znači ukupno 16 mjerenja na četiri lokacije. Terenskim ispitivanjima su se ispitivali parametri kao što su intenzitet prometa, trenutačna brzina za svaku kategoriju vozila, razina buke, vanjska temperatura i na površini kolnika i relativna vlaga. Kategorije vozila su vozila na dva i tri kotača,

osobna, terenska, dostavna vozila te autobusi i kamioni. Brzina je određena za svaku kategoriju vozila pomoću ručnog brzinomjera. Temperatura je određena pomoću ručnog laserskog termometra. Prosječna razina buke na analiziranim lokacijama u uvjetima neprekinutog prometa na cesti s četiri kraka iznosila je 79,7 dB(A) što je više od prihvatljive propisane granice od 75,0 dB(A).<sup>25</sup> Postoji određena ovisnost između parametara i ekvivalentne razine buke pa tako je zaključeno da u svim kategorijama vozila povećanje trenutane brzine dovodi i do odgovarajućeg porasta ekvivalentne razine buke.

Model za predviđanje ekvivalentne razine buke izveden je na temelju podataka prikupljenih u uvjetima neprekinutog toka prometa po četverotračnoj autocesti. Multilinearna regresijska jednadžba za predviđanje ekvivalentne razine buke izvedena je pomoću sljedećih podataka: ukupan broj vozila, postotak vozila s dva kotača, trenutna brzina vozila s dva kotača, trenutna brzina ostalih vozila, vanjska temperatura, temperatura na površini kolnika i relativna vlaga. Provedena mjerenja omogućila su kreiranje izraza za predviđanje buke po kategorijama vozila bazirana na trenutnoj brzini. Ustanovljeno je da je postotak razlika između očitanih i izračunatih veličina praktički zanemariv. Stoga, se model može koristiti za predviđanje razine buke na sličnim cestovnim prometnicama u Indiji.<sup>25</sup>

Prometna se buka može mjeriti, ali i predvidjeti. Mjerenja su složena i dugotrajna, a ne mogu se provoditi prilikom projektiranja novih cesta, već se koriste modeli za predviđanje prometa. Uostalom, analizom i modeliranjem prometne buke omogućuje se jednostavnije planiranje ekološki prihvatljivih cestovnih prometnica.

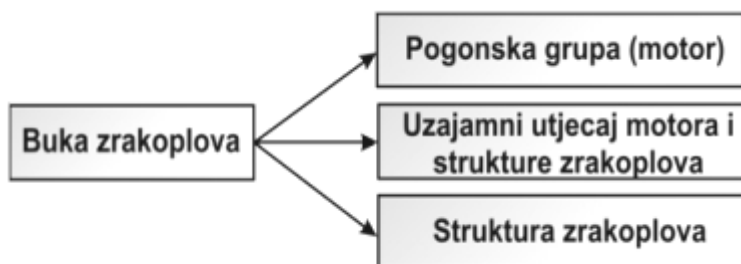
#### 3.4.4. Buka u zračnom prometu

Najsigurnija, ali i najmlađa grana prometa s visokom razinom točnosti je zračni promet. Uvođenje turbo-mlaznih motora je ubrzalo njen razvoj, ali i rezultiralo bukom zbog velike snage takvih motora. Kada su letjeli prvi mlazni zrakoplovi, buka je bila veliki problem. Modernizacija i unaprjeđenje kreće od 1950. do 1995., a od 1980. pa do danas je razvijeno najviše modernih zrakoplova.<sup>26</sup> Svaki noviji model bio je tiši, s reduciranom razinom buke.

Kao regularna članica Europske unije, Republika Hrvatska mora pratiti standarde te tako zračne luke trebaju uvesti praćenje buke koju stvaraju zrakoplovi, tj. trebaju izrađivati karte buke i minimizirati buku u zonama zračnih luka. Zračna luka

Split je pokrenula pilot projekt praćenja razine buke. Do sada kod nas ne postoji niti jedna potpuna studija o redukciji buke.<sup>26</sup> Zračna luka Zagreb je luka s najviše letova jer ipak se ostvaruje najveći međunarodni godišnji transport, a za nju i okolno područje se nije nikada definirala u potpunosti razina buke.

Prema provedenom istraživanju,<sup>26</sup> zaključeno je da zračna luka Zagreb zadovoljava sve ekološke norme vezane za buku. U slučaju zrakoplova buka nastaje u nekoliko segmenata, a to su polijetanje, slijetanje i vožnja po tlu. Dijeli se na onu iz zračnog i kombiniranog prometa. Odnosno, buka koja nastaje pri letovima i buka koja nastaje pri radnjama na tlu. Buka koju proizvodi zrakoplov može se podijeliti u tri grupe. U prvu grupu pripada buka koju proizvodi pogonska grupa, u drugu međusobni utjecaj motora i strukture zrakoplova, a u treću samo struktura zrakoplova, što je prikazano na slici 22.



Slika 22. Osnovne komponente buke zrakoplova.

Zahvaljujući razvoju nove tehnologije i njene primjene u zrakoplovstvu može se reći da su promjene na pogonskim grupama i napredak pri dizajniranju zrakoplova pridonijeli smanjenju buke na prihvatljivu razinu. Izvori buke na zrakoplovu prikazani su slikom 23. Pri polijetanju glavni izvor buke je motor, a pri slijetanju buka motora se smanjila te izjednačila s bukom koju proizvodi struktura zrakoplova. Današnja tehnologije dopušta testiranje svakoga dijela opreme pa samim time se već pri projektiranju zrakoplova uzima u obzir redukcija buke.

Buka u zoni zračne luke predstavlja ozbiljan problem za lokalno stanovništvo koje živi u njenoj blizini. Širenjem gradova stambena naselja se sve više približavaju području zračne luke zbog čega razina buke postaje sve veća. Bez obzira na to radilo se o buci zrakoplova pri slijetanju i polijetanju ili buci zrakoplova koja nastaje na Zemlji, mjesne vlasti moraju na što bolji način zaštititi okolno stanovništvo. Neke

operativne procedure obuhvaćaju: unaprjeđenje uzletno-sletne staze i pomicanje pragova, preferiranje drugih zračnih ruta i ukidanje onih koje uzrokuju veliku buku, izrada zvučnih barijera i izolacija zgrada te zabrane slijetanja zrakoplova koji nisu u skladu sa standardima vezani za buku. Postoje i zemaljske zabrane, a to su uvođenje zvučnih barijera, minimalno vrijeme kretanja na voznim stazama, ograničenje na rad motora dok je zrakoplov na zemlji.



Slika 23. Izvori buke na zrakoplovu.

U urbanim sredinama povećana razina buke predstavlja konstantan problem. U većini gradova pokušava se postići smanjenje do zakonom propisanih razina, ali to nije svaki put moguće postići. Potrebno je uložiti puno vremena, truda u istraživanje koja je zaštita najučinkovitija s obzirom na okolnosti. Proces analiziranja zahtijevaju znatna financijska sredstva što je, u nekim zemljama kao primjerice kod nas, određena vrsta kočnice i zapreke za provođenje istih. No ipak, u Francuskoj je od 1971. do 1982. uloženo 2,7 milijuna eura, u Njemačkoj od 1978. do 1983. oko 4,0 milijuna eura, a u Velikoj Britaniji od 1989. do 1995. oko 6,5 milijuna eura.<sup>14</sup> I danas se ulaže u razne projekte kojima se dolazi do zaključaka koje metode pružaju najbolji učinak smanjenja buke.

U RH se zaštita od buke provodi samo za autoceste. Iz navedenih se primjera uočava da su sve veće pritužbe građana na prevelike razine buke. Najviše se ističu zbog nedostatka zaštitnih barijera, zbog prevelike buke koje proizvode motorna vozila. Strogim zakonodavstvom i kontinuiranim monitoringom može se regulirati razina buke kod motornih vozila. Država i jedinica lokalne samouprave trebaju

osigurati odgovarajuću zaštitu od buke. Uređenjem i zamjenom vozne površine kolnika, održavanjem, podmazivanjem, brušenjem vozne površine tračnica, preusmjeravanjem prometa, postavljanjem zvučnih barijera ili apsorbirajućim panelima to mogu postići. Manjak novčanih sredstava ne smije biti izgovor jer njihova ključna zadaća je omogućavanje svojim građanima kvalitetan i što je moguće tiši život. Smanjenje buke se postiže: ograničavanjem dopuštene brzine kretanja, velikim novčanim kaznama u slučaju prekršaja, u slučaju neodržavanja vozila te ograničavanjem prometa u vremenu i prostoru. Navedenim postupcima utjecalo bi se na ponašanje vozača, a određenim tečajevima i edukacijom treba razvijati svijest da shvate kako njihovo ponašanje uvelike utječe na druge, a naravno i na njih same.

Svatko od nas se može naći u ulozi i vozača i žrtve, ali ključno je, da bez obzira koju ulogu imamo, potrebno je naše ponašanje usmjeriti prema zadržavanju vlastite buke za sebe. Lako je optuživati druge, ali prvenstveno trebamo krenuti od sebe i svojim postupcima biti primjer drugima, a ujedno ih i na taj način motivirati na promjenu. Neophodna je suradnja svih tijela, od države, lokalne zajednice, grada, nevladinih udruga pa sve do građana. Svaki problem ili onečišćenje treba što više stručnih osoba kako bi se pronašlo što bolje rješenje. Onečišćenje bukom se sigurno neće smanjiti upiranjem prsta i okrivljavanjem drugih, već kontinuiranim nastojanima, na razne načine i udruživanjem raznih subjekata za poboljšanjem.

## 4. ZAKLJUČAK

Na temelju saznanja o utjecaju i posljedicama koje uzrokuje buka može se zaključiti sljedeće:

- Buka je globalni problem, ne poznaje granice i širi se.
- Onečišćenje bukom uzrokuje oštećenje sluha, ometa komunikaciju, otežava prijam zvučnih alarmnih signala, izaziva pojavu umora, smanjuje koncentraciju i sigurnost na radu te izaziva neurovegetativne reakcije.
- U urbanim sredinama promet se smatra najvećim onečišćivačem okoliša.
- Poštivanje zakonskih propisa je od velike važnosti, jer zaštita od buke postaje prioritet zbog brojnih utjecaja na ljudsko zdravlje i sve većeg broja raznovrsnih izvora.
- Iako izaziva brojne zdravstvene probleme, ne pridaje joj se dovoljno značaja, te je neophodna edukacija kako bi se podigla svijest i postigla određena razina znanja o ovome onečišćenju.
- Mladi istraživači trebaju ulagati u svoje znanje i poticati poduzimanje mjera zaštite te ukazivati na probleme i pronalaziti nova rješenja kako bi naš okoliš postao zdraviji, odnosno što ugodniji i tiši.

## 5. LITERATURA

1. Fricke J., Moser L. M., Scheurer H., Schubert G., Schall- und Schallschutz – Grundlagen und Anwendungen (Zvuk i zaštita od buke. Osnove i primjene), Physik-Verlag, Weinheim, 1983
2. Babisch W., Transportation noise and cardiovascular risk: Updated Review and synthesis of epidemiological studies indicate that the evidence has increased, *Noise & Health* 30 (8), (2006), 1-29
3. Varžić D., Primjena osobne opreme za zaštitu sluha, *Sigurnost* 52 (3), (2010), 263-274
4. Resanović B., Vranjković M., Orsag Z., Buka okoliša – javnozdravstveni problem, *Hrvatski časopis za javno zdravstvo* 28 (3), (2011), 1-8
5. Cvetanović B., Cvetković M., Cvetković D., Procjena rizika po zdravlje vozača od vibracija nastalih pri eksploataciji traktora, *Poljoprivredna tehnika* 3, (2014), 21-29
6. Mjerenje buke na vozilima L kategorije, blatobrani motocikla i mopeda, *Centar za vozila Hrvatske*, III/8, 2037 – 2/2011
7. Poplašen D., Vibracije koje se prenose na šake i ruke, *Sigurnost* 55 (4), (2013), 389 – 391
8. Klančnik M., Utjecaj buke na zdravlje i radnu sposobnost, *Javno zdravstvo*, 7/2, 2013
9. HRN U.J6.201/89 - Akustika u građevinarstvu. Tehnički uvjeti za projektiranje i građenje zgrada
10. Alberti P. W., *The Pathophysiology of the ear*, World Health Organisation, 2010
11. Hübner G., Rieger W., Schallintensitätsmeßverfahren zur Schalleleistungsbestimmung in der Praxis (Postupak mjerenja zvučne jakosti pri određivanju zvučne snage u praksi), BAU-Fb 550, 1988
12. Zakon o zaštiti od buke (NN 30/09, 55/13, 153/13, 41/16)
13. Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi borave i rade (NN 145/04, 46/08)
14. Lakušić S., Dragčević V., Rukavina T., Mjere za smanjenje buke od prometa u urbanim sredinama, *Građevinar* 57 (1), (2005), 1-9



15. Kinsler L. E., Frey A. R., Coppens A. B., Sanders J. V., *Fundamentals of Acoustics*, John Wiley & Sons, New York (3), (1982), 176 - 185
16. Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (NN 46/08)
17. Zakon o prostornom uređenju i gradnji (NN 76/07)
18. Axelsson A., Lindgren F., Does pop music cause hearing damage?, *Audiology*, 16, (1977), 432 - 437
19. Polajnar I., Prezelj J., Mišina N., Čudina M., Buka na radnom mjestu zavarivača, *Sigurnost* 49 (2), (2007), 113-124
20. Trbojević N., Ikonić M., Džambas I., Prikaz ispitivanja i model reduciranja buke u turbinskom postrojenju hidroelektrane, Projekt modeliranja naprednih proizvodnih struktura kod inteligentne proizvodnje uz potporu Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske, 2009
21. Đukić I., Goglia V., Buka i vibracija pri radu jarmača i tračnih pila trupčara, *Drvena industrija* 58 (1), (2007), 19-22
22. Kirin S., Lauš K., Istraživanje razine buke u tehnološkom procesu šivanja, *Sigurnost* 53 (3), (2001), 243-250
23. Lakušić S., Dragčević V., Rukavina T., Pregled europske regulative o buci od cestovnog prometa, *Građevinar* 55 (6), (2003), 349-356
24. Istamto T., Houthuijs D., Lebret E., Willingness to pay to avoid health risks from road – traffic – related air pollution and noise across five countries, *Science of the Total Environment* 497 – 498, (2014), 420 - 429
25. Pachiappan Y., Govindaraj B., Regresijsko modeliranje onečišćenja prometnom bukom, *Građevinar* 65 (12), (2013), 1089-1096
26. Drljača M., Vrbanc M., Bernacchi Ž., Implementiranje sustava za mjerenje buke na zračnoj luci Zagreb, *Suvremeni promet* 25 (5), (2005), 356-360

## **ŽIVOTOPIS**

Martina Miloloža rođena je 19. 01. 1995. godine u Osijeku. Pohađala je osnovnu školu Grigor Vitez u Osijeku gdje je završila i Opću gimnaziju. Upisala je Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije 2013. godine. Nakon završetka preddiplomskog studija planira upisati diplomski studij te tako dalje unaprjeđivati svoje znanje. U slobodno vrijeme voli čitati, trčati, kuhati.