

# Utjecaj buke na čovjeka i mjere zaštite od buke na radnom mjestu

---

**Detković, Lucija**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Metallurgy / Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:115:464360>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-28**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Metallurgy University of Zagreb - Repository of Faculty of Metallurgy University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
METALURŠKI FAKULTET

LUCIJA DETKOVIĆ

UTJECAJ BUKE NA ČOVJEKA I MJERE ZAŠTITE OD BUKE NA RADNOM MJESTU

ZAVRŠNI RAD

Sisak, rujan 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
METALURŠKI FAKULTET

LUCIJA DETKOVIĆ

UTJECAJ BUKE NA ČOVJEKA I MJERE ZAŠTITE OD BUKE NA RADNOM MJESTU

ZAVRŠNI RAD

Voditelj:

Prof.dr.sc. Anita Begić Hadžipašić

Članovi Povjerenstva za ocjenu i obranu završnog rada, uključujući i zamjenskog člana:

prof.dr.sc. Ljerka Slokar Benić, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet – predsjednica,

prof.dr.sc. Anita Begić Hadžipašić, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet – članica,

prof.dr.sc. Ladislav Lazić, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet – član,

izv.prof.dr.sc. Ivan Jandrlić, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet – zamjenski član

Sisak, rujan 2023.



KLASA: 602-03/23-05/04

URBROJ: 2176-78-23-01- 157

Sisak, 13. rujna 2023.

Temeljem točke IX. Naputka o završnom radu i završnom ispitu Pravilnika o studiranju na preddiplomskim studijima i diplomskom studiju Metalurškog fakulteta i članka 20. Statuta Metalurškog fakulteta, Fakultetsko vijeće na svojoj 11. redovitoj sjednici u akad. god. 2022./2023. od 13. rujna 2023. godine (t. 3), a na prijedlog Povjerenstva za nastavu, donosi sljedeću

## ODLUKU

### o odobravanju teme, imenovanju voditelja i Povjerenstva za ocjenu i obranu završnog rada

#### I.

Studentici sveučilišnog prijediplomskog studija *Sigurnost, zdravlje na radu i radni okoliš* u redovitom statusu **LUCIJI DETKOVIĆ** (0124124897) za voditeljicu završnog rada pod naslovom "Utjecaj buke na čovjeka i mjere zaštite od buke na radnom mjestu" ("The effect of noise on humans and measures of protection against noise at the workplace") imenuje se **prof. dr. sc. Anita Begić Hadžipašić**.

#### II.

Studentici iz točke I. ove Odluke imenuje se Povjerenstvo za ocjenu i obranu završnog rada u sastavu:

1. prof. dr. sc. Ljerka Slokar Benić, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet – predsjednica,
2. prof. dr. sc. Anita Begić Hadžipašić, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet – članica,
3. prof. dr. sc. Ladislav Lazić, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet – član.

Za zamjenskog člana imenuje se izv. prof. dr. sc. Ivan Jandrlić, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet.

#### III.

Ova Odluka stupa na snagu danom donošenja.

#### IV.

Protiv ove Odluke može se uložiti prigovor Fakultetskom vijeću Metalurškog fakulteta u roku 8 dana od dana primitka iste.

#### Dostavljeno:

- 1 x Lucija Detković
- 4 x voditeljica i članovi Povjerenstva
- 1 x Studentska referada
- 1 x Tajništvo
- 1 x pismohrana Fakultetskog vijeća
- 1 x pismohrana

Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet  
Aleja narodnih heroja 3; p.p.1; HR - 44103 Sisak  
tel.: +385(0)44 533378; 533379; 533380; 533381  
faks: +385(0)44 533378  
e-mail: dekanat@simet.hr; url: www.simet.unizg.hr

Vršitelj dužnosti dekana  
Metalurškog fakulteta

  
prof. dr. sc. Nikola Mrvac

*Lucija*

IME: Lucija

PREZIME: Detković

MATIČNI BROJ: 0124124897

Na temelju članka 19. stavak 2. Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu dajem sljedeću

## IZJAVU O IZVORNOSTI

Izjavljujem da je moj **završni** / diplomski / doktorski rad pod naslovom:

**Utjecaj buke na čovjeka i mjere zaštite od buke na radnom mjestu**

izvorni rezultat mojeg rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.

Sisak, 15.09.2023.

(vlastoručni potpis)

*Izrazi koji se koriste u ovoj Izjavi, a imaju rodno značenje, koriste se neutralno i odnose se jednako i na ženski i na muški rod.*

## Zahvala

Zahvaljujem se profesorima, magistrima te doktorima znanosti na Metalurškom fakultetu u Sisku. Zahvaljujem im se na prenesenom znanju koje ću koristiti tijekom života. Posebne zahvale idu mojoj voditeljici prof.dr.sc Aniti Begić Hadžipašić koja je ukazala puno povjerenje i na susretljivosti i svim savjetima bez kojih bi ovaj rad bio nedovršen.

Jedan dio zahvala ide i dečku Hrvoju, hvala na svakoj riječi podrške što nije odustao kada ja nisam pronašla izlaz. A bilo je takvih trenutaka, bilo ih je...

Drugi dio zahvale ide mojoj mami, bez koje ne bih bila sad tu s ovim radom u ruci, znam koliko se žrtvovala da budem ovdje. I mome ocu, znam da bi bio ponosan na mene. Zahvaljujem se i svojim prijateljima, a oni znaju tko su!

Hvala Vam, od srca.

# UTJECAJ BUKE NA ČOVJEKA I MJERE ZAŠTITE OD BUKE NA RADNOM MJESTU

## SAŽETAK

Buka je svaki neželjeni zvuk koji utječe na sluh, ali i na ljudsko zdravlje, tako što uzrokuje psihičke i fizičke smetnje. Ona loše utječe na naše živote, kao i na našu okolinu te je moramo pravovremeno prepoznati, analizirati i smanjiti. Buka koja na radnom mjestu utječe na zdravlje radnika može uzrokovati profesionalne bolesti, zbog čega dolazi do narušavanja zdravstvene sposobnosti radnika, ali i smanjenje produktivnosti industrijskih postrojenja. Kako bi se utvrdio i vrednovao rizik kod izloženosti buci, obavezno se moraju provesti mjerenja buke. Mjerenja je potrebno u odgovarajućim periodima planirati i provoditi od strane ovlaštenog stručnjaka, a mjerni instrumenti moraju biti pouzdani, kalibrirani i u dobrom stanju. Mjerenja se moraju provesti za sva radna mjesta i za sve osobe koje će možda biti izložene buci. U okviru procjene rizika određuje se stvarna izloženost buci za svakog radnika koji sudjeluje u radnom procesu. Ukoliko vrijednosti premašuju one određene Zakonima i pravilnicima, preporučuju se odgovarajuće mjere zaštite od buke. U ovom radu izmjerene su vrijednosti buke na različitim radnim mjestima u industriji za gospodarenje otpadom. Prilikom analiziranja rezultata vidljiva su prekoračenja dopuštenih vrijednosti za buku u zatvorenoj kabini radnog stroja i buku u otvorenoj kabini viličara na ruti kroz postrojenje te je preporučena primjena sredstava za zaštitu sluha i upotreba osobne zaštitne opreme.

**Ključne riječi:** buka, profesionalne bolesti, mjere zaštite od buke, osobna zaštitna oprema, legislativa

## THE EFFECT OF NOISE ON HUMANS AND MEASURES OF PROTECTION AGAINST NOISE AT THE WORKPLACES

### ABSTRACT

Noise is any unwanted sound that affects hearing, as well as human health, by causing mental and physical disturbances. It has a bad effect on our lives, as well as on our environment, and we must recognize, analyze and reduce it in a timely manner. Noise that affects the health of workers at the workplaces can cause occupational diseases, which can impair the health of workers, as well as reduce the productivity of industrial plants. In order to determine and evaluate the risk of exposure to noise, noise measurements must be carried out. Measurements must be planned and carried out at appropriate intervals by an authorized expert, and the measuring instruments must be reliable, calibrated and in good condition. Measurements must be carried out for all workplaces and for all persons who may be exposed to noise. As part of the risk assessment, the actual exposure to noise is determined by Laws and Regulations, appropriate noise protection measures are recommended. In this work, noise values were measured at different workplaces in the waste management industry. When analyzing the results, the permissible values in the waste for noise in the closed cabin of the working machine and the noise in the open cabin of the forklift on the routine through the plant were exceeded, and the use of hearing protection and the use of personal protective equipment were recommended.

**Keywords:** noise, occupational diseases, noise protection measures, personal protective equipment, legislation.

## POPIS SLIKA

<b>Slika 1.</b> Sinusoidalni val [7] .....	3
<b>Slika 2.</b> Vrijednosti zvučnog tlaka u Pa i pripadajuće vrijednosti u dB za različite izvore zvuka [10] .....	4
<b>Slika 3.</b> Refleksija zvučnog vala [8,11] .....	5
<b>Slika 4.</b> Upad zvuka [2] .....	6
<b>Slika 5.</b> Građa uha [12] .....	7
<b>Slika 6.</b> Pomak praga čujnosti [9] .....	9
<b>Slika 7.</b> Ovisnost gubitka sluha o čovjekovoj dobi i frekvenciji [9] .....	10
<b>Slika 8.</b> Negativan utjecaj buke na čovjeka [13] .....	12
<b>Slika 9.</b> Uređaji za mjerenje buke: a) zvukomjer i b) dozimetar [18,19] .....	13
<b>Slika 10.</b> Visina postavljanja mikrofona pri mjerenju buke zvukomjerom [20] .....	14
<b>Slika 11.</b> Mjerenje buke na otvorenom prostoru [20] .....	14
<b>Slika 12.</b> Preporučena udaljenost operatera od stalka [20] .....	15
<b>Slika 13.</b> Položaj operatera u procesu mjerenja zvuka [20] .....	15
<b>Slika 14.</b> Osobna zaštitna sredstva za zaštitu od buke [27] .....	19
<b>Slika 15.</b> Strateška karta buke grada Siska [30] .....	20

## POPIS TABLICA

<b>Tablica 1.</b> Brzina zvuka u različitim sredstvima pri temperaturi od 20°C [7] .....	3
<b>Tablica 2.</b> Utjecaj buke na ljudsko tijelo [17] .....	12
<b>Tablica 3.</b> Etape procjene rizika [22] .....	17
<b>Tablica 4.</b> Matrica procjene rizika [22] .....	17
<b>Tablica 5.</b> Dopuštene razine buke s obzirom na djelatnost [24] .....	21
<b>Tablica 6.</b> Dopušteno vrijeme izlaganja buci s obzirom na vrijeme trajanja buke [26] .....	22
<b>Tablica 7.</b> Rezultati mjerenja buke u firmi koja se bavi gospodarenjem otpadom .....	24



## Sadržaj

1. UVOD .....	1
2. TEORIJSKI DIO .....	2
2.1. Osnovni pojmovi i definicije .....	2
2.1.1. Zvuk i osobine zvuka .....	2
2.1.2. Zvučni tlak i razina zvučnog tlaka .....	4
2.1.3. Valna svojstva zvuka .....	5
2.1.4. Zvučna izolacija i indeks zvučne izloacije .....	5
2.2. Uho i njegova građa .....	6
2.3. Vrste i izvori buke .....	7
2.4. Djelovanje buke na čovjeka .....	8
2.4.1. Auralno .....	8
2.4.2. Ekstraauralno .....	9
2.4.3. Mehanizam djelovanja buke i stupnjevi naglušnosti .....	10
2.5. Učinci na zdravlje čovjeka .....	11
2.6. Mjerenje i ocjenjivanje buke .....	13
2.7. Procjena rizika od buke .....	16
2.8. Mjere zaštite od buke .....	18
2.9. Primjena propisa RH u cilju zaštite zdravlja radnika od buke .....	19
3. EKSPERIMENTALNI DIO .....	23
3.1. Općenito o firmi koja se bavi gospodarenjem otpadom .....	23
3.2. Radna mjesta na kojima je provedeno mjerenje buke .....	23
4. REZULTATI I RASPRAVA .....	24
5. ZAKLJUČAK .....	25
6. LITERATURA .....	26
ŽIVOTOPIS .....	28

# 1. UVOD

Buka je svaki neželjeni zvuk koji može ugroziti sluh, ali i samo ljudsko zdravlje. Najveći problem kod izloženosti buke je što svakodnevno boravimo na lokacijama, gdje je buka veća od dozvoljene. Buku ne možemo izbjeći jer je prisutna i na radnom mjestu i u svakodnevnom životu. Gubitak sluha uzrokovan bukom je postao među češćim profesionalnim bolestima. Buka uzrokuje oštećenje sluha, ali i fizička, psihička i socijalna opterećenja. Buka se širi i po kopnenim i morskim putevima, kao i po nebu. Osnovni izvori buke su automobili, razglasni uređaji, električni uređaji u zgradama (lift), stanovi, aerodromi, ali postoje i prirodni izvori buke poput udara groma, oluje, kiše i slično.

Percepcija buke se razlikuje od čovjeka do čovjeka i ovisi o frekvenciji i jakosti buke. Buka iznad 65 dB u naseljima se smatra nepodnošljivom, dok buka od 130 dB izaziva jaku bol u ušima, a buka od 174 dB je u stanju ubiti čovjeka. Jedna od zanimljivosti je ta što 80% buke se stvara u gradovima, gdje je veći obujam prometa, a ta buka može dostići čak 90dB [1].

Krajem prošlog stoljeća poznati liječnik Robert Koch je predvidio da će doći vrijeme kada će buka prijetiti čovjekovom zdravlju, kao što je nekada prijetnja bila kuga ili kolera. Očito se to vrijeme dogodilo, jer smo svjedoci svakoga dana sve češćim oštećenjima sluha i profesionalnim oboljenjima uzrokovanim prekomjernom izlaganju buke.

Buka se uz onečišćenje zraka i voda smatra trećim najvećim onečišćivačem čovjekovog okoliša. Razina buke se mora često mjeriti u cilju određivanja rizika izloženosti buci. Mjerenja izvode ovlaštene stručnjaci, a provode se za svakoga radnika koji sudjeluje u radnom procesu i svakoga čovjeka koji će možda biti izložen buci tijekom radnog procesa.

U okviru procjene rizika određuje se stvarna izloženost buci za svakog radnika koji sudjeluje u radnom procesu te ukoliko izmjerene vrijednosti premašuju one određene odgovarajućim zakonskim propisima, preporučuju se odgovarajuće mjere zaštite od buke. Naime, oštećeni sluh se ne može liječiti, ali se može spriječiti daljnje pogoršanje sluha odgovarajućim mjerama zaštite protiv buke. Tu se podrazumijevaju razne izolacije izvora buke od čovjeka, izbor malošumnih strojeva, pravilno održavanje strojeva, omogućavanje stanki za potrebni oporavak sluha itd. Krajnja barijera zaštite od buke je upotreba osobne zaštitne opreme, koja može biti unutarnja (npr. kacige) i vanjska (npr. čepovi za uši, tamponi i sl.) [2].

Industrijskom bukom se podrazumijeva buka nastala tijekom provođenja nekog radnog procesa u industriji. Ovoj vrsti buke je izloženo dosta radnika, s obzirom da je industrijska djelatnost široko zastupljena. Stoga, u ovom radu su izmjerene vrijednosti buke na različitim radnim mjestima u industriji za gospodarenje otpadom te su preporučene odgovarajuće mjere zaštite s obzirom na izmjerene vrijednosti.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. Osnovni pojmovi i definicije

#### 2.1.1. Zvuk i osobine zvuka

Zvuk opisujemo kao mehanički val, koji nastaje kada izvor zvuka potakne titranje čestica zraka u svojoj neposrednoj okolini [3]. Ta se titranja prenose na druge čestice i dosežu veliku udaljenost. Zvuk se može širiti zrakom brzinom od oko 340 m/s [3]. Postoje dvije vrste zvuka: ton i šum. Šum je nepravilan zvuk u čijem spektru nema ni diskretnih frekvencija ni stalnih amplituda, tj. frekvencija se stalno mijenja, a to znači da je spektar šuma kontinuiran [4]. Za razliku od šuma ton predstavlja složeni zvuk koji ima stalnu frekvenciju i kod njega se radi o pravilnim titranjima izvora zvuka.

Svaki zvuk je određen intenzitetom i snagom zvuka. Intenzitet zvuka određen je odnosom snage  $P$  i površine  $A$  [5]:

$$I = \frac{P}{A} \quad [W / m^2] \quad (1)$$

Intenzitet zvuka može biti od najslabijeg zvuka kojeg jedva čujemo do zvuka koji izaziva bol u ušima.

Snaga zvuka  $P$  je fizikalna veličina koja opisuje energiju  $E$  iz zvučnog vala u vremenskom razdoblju  $t$  kroz površinu  $A$  koja je okomita na smjer širenja vala [5]:

$$P = \frac{E}{t} \quad [W] \quad (2)$$

Frekvencija zvučnog vala je broj titranja u jedinici vremena, a izražava se u hercima (Hz). Zvuk se može osjetiti u frekvencijskom području, a područje čujnog zvuka mladih i zdravih ljudi nalazi se između 20 Hz i 20000 Hz [5]. Zvuk frekvencije ispod 20 Hz naziva se infrazvuk, a iznad 20000 Hz ultrazvuk. Ultrazvuk se primjenjuje u mnogobrojnim uređajima, kao npr. u medicini za snimanje i dijagnostiku različitih organa [6].

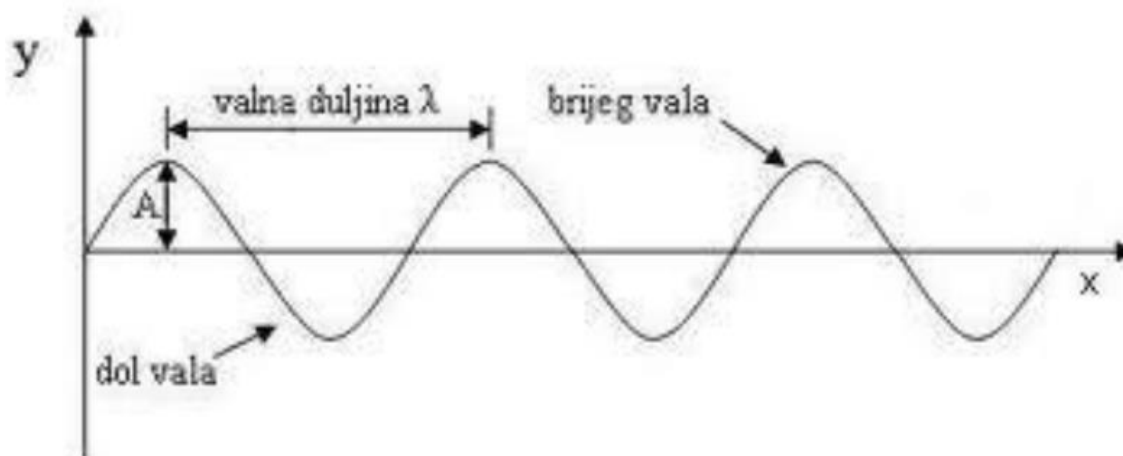
Osim intenzitetom i snagom, zvuk je određen i svojom valnom duljinom i brzinom širenja, ovisno o sredstvu u kojem se širi [7]. Brzina širenja valova zvuka  $v$  povezana je s frekvencijom  $f$  i valnom duljinom  $\lambda$ :

$$v = \lambda \times f \quad (3)$$

Valna duljina je najmanja udaljenost između dvije čestice koje titraju u fazi u trenutku širenja vala kroz medij. Zvučni val je longitudinalni zvučni val, koji se prikazuje grafički kao transverzalni val samo radi lakšeg prikaza [8]. Sinusoidalno titranje je najjednostavniji oblik titranja, a karakterizira ga stvaranje harmonijskih valova (slika 1) [8]. Osim frekvencijom i valnom duljinom, val je određen i amplitudom  $A$ , koja predstavlja maksimalnu udaljenost tijela od ravnotežnog položaja te periodom gibanja  $T$ , koja označava vrijeme utrošeno za potpuni titraj [7].

Brzina širenja zvuka je brzina kojom se širi zvučni val u određenom mediju. Zvuk se može širiti kroz sva tri agregatna stanja, pri čemu je brzina zvuka veća u čvršćem materijalu. Brzina širenja zvuka ovisi o gustoći materijala kroz koji se zvuk širi te o jačini elastičnih sila u

materijalu/mediju. Što su čestice u materijalu čvršće vezane i brzina širenja zvuka će biti veća (tablica 1) [7].



**Slika 1.** Sinusoidalni val [7]

**Tablica 1.** Brzina zvuka u različitim sredstvima pri temperaturi od 20°C [7]

Sredstvo	Brzina [m/s]	Gustoća [kg/m <sup>3</sup> ]
Zrak	343	1,204
Ugljikov dioksid	266	1,98
Helij	981	0,17
Vodik	1280	0,089
Voda	1485	1000
Krv	1570	1050
Etanol	1170	789
Benzen	1320	876
Guma	150	1145
Olovo	1250	11340
Bukovo drvo	3300	500
Beton	3750	2100
Bakar	4700	8940
Željezo	5170	7870
Staklo	5500	2600
Aluminij	6300	2700

Brzinu širenja zvuka prvi je pokušao izračunati Newton, ali zbog krive pretpostavke da je temperatura stalna, a ne da nema izmjene toplote, izračun je bio netočan. Međutim, svojim istraživanjima je pomogao u daljnjem napretku izračuna, što je pomoglo Francuskoj akademiji znanosti 1738. godine, koja je prvi puta uspješno izmjerila brzinu širenja zvuka ispaljivanjem hica između dvije stanice [7].

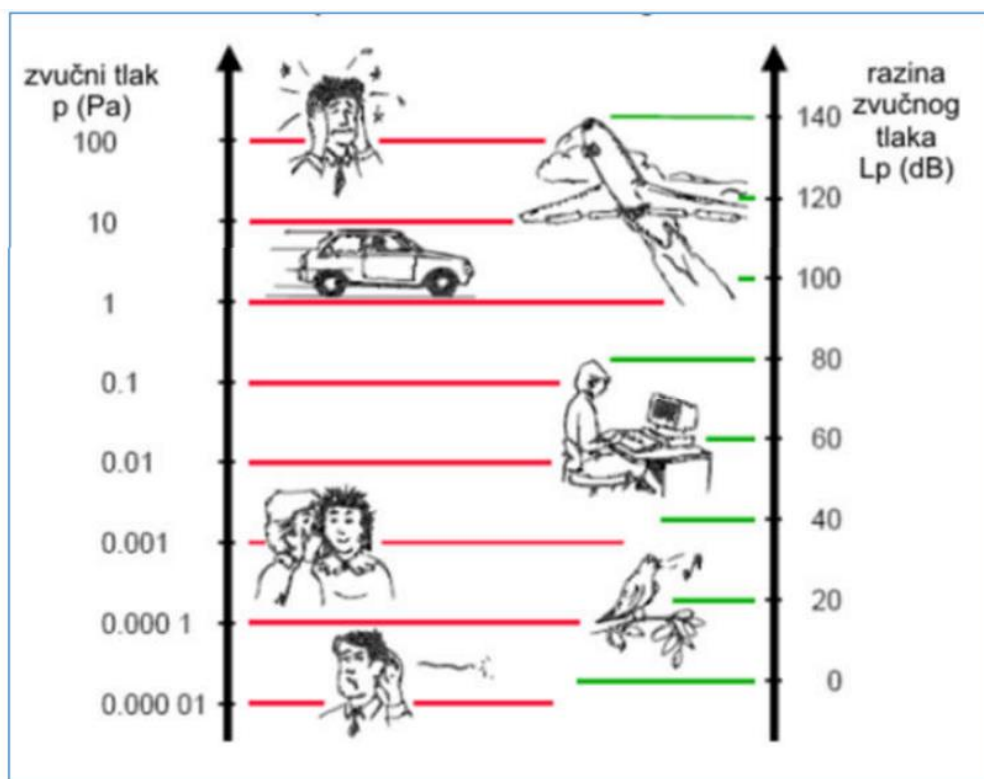
### 2.1.2. Zvučni tlak i razina zvučnog tlaka

Zvučni tlak je izmjenični tlak koji se prilikom širenja zvučnog vala superponira atmosferskom tlaku [9]. Najmanja granica koju čovjek može čuti je 0,00002 Pa, što se naziva još i referentnom veličinom zvučnog tlaka. Kod ljudi zvučni tlak koji izaziva bol iznosi 20 Pa (slika 2) [9,10].

Razina zvuka se mjeri decibelima. Porastom razine zvuka od 3 dB znači udvostručenje jakosti i snage zvuka. Porastom razine zvuka za 10 dB uho će to čuti kao dvostruko glasnije [3]. Zbog velikog reda veličine zvučni tlak se obično opisuje razinom zvučnog tlaka, koja se definira kao omjer logaritma zvučnog tlaka i referentne vrijednosti zvučnog tlaka:

$$L_p = 20 \log \frac{p_1}{p_0} \quad (4)$$

Rezonancija ili odzvak dolazi zbog titranja fizikalnog sustava pobuđenog nekom vanjskom periodičkom silom kojoj se frekvencija podudara s frekvencijom sustava. Rezonantni titraji mogu dovesti do loma konstrukcije, zbog čega se nastoje u potpunosti eliminirati i izbjeći.



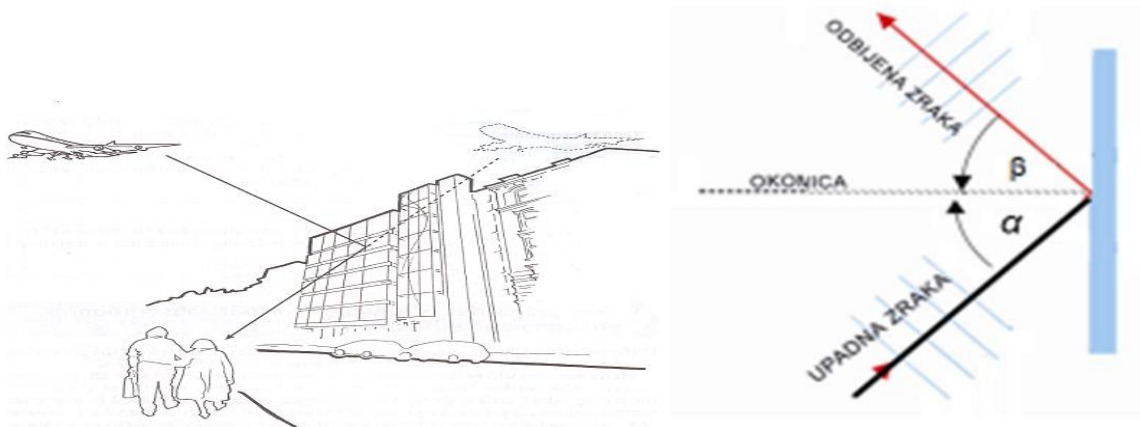
**Slika 2.** Vrijednosti zvučnog tlaka u Pa i pripadajuće vrijednosti u dB za različite izvore zvuka [10]

### 2.1.3. Valna svojstva zvuka

Zvučni valovi (valovi zvuka) imaju sljedeća svojstva [8]:

- refleksija,
- refrakcija,
- interferencija i
- difrakcija.

Refleksija se događa kada je kut upadanja jednak kutu odbijanja (slika 3).



Slika 3. Refleksija zvučnog vala [8,11]

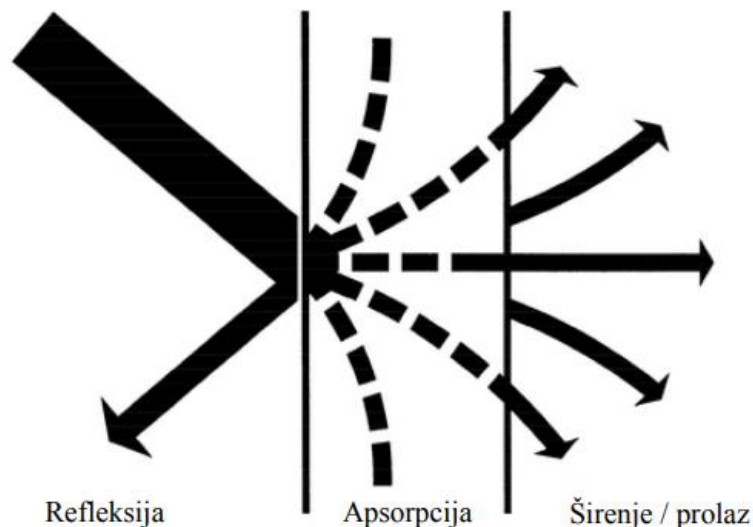
Refrakcija odnosno lom svjetlosti je skretanje zraka pri prijelazu jednog sredstva u drugo, zbog razlike u brzini širenja valova u različitim sredstvima, dok je difrakcija/ogib fizikalna pojava do koje dolazi zbog skretanja vala iza ruba zapreke na koju valovi naiđu.

Pod interferencijom se podrazumijeva međudjelovanje minimalno dva vala koji prolaze kroz isto područje. Valna fronta je ploha okomita na pravac širenje vala koja sadrži sve susjedne točke sredstva za koje je pomak od ravnotežnog položaja u nekom smjeru najveći. Valna fronta omogućava jasnu sliku gibanja vala, a predstavlja skup točaka medija koje imaju istu fazu. Ako se val širi iz neke točke medija, sferičnog oblika, za smjer širenja vala uzima se pravac okomit na valnu frontu. Na velikim udaljenostima valna fronta se može smatrati ravninom i takav se val naziva ravnim valom.

### 2.1.4. Zvučna izolacija i indeks zvučne izolacije

Kada se zvuk sudari s nekom preprekom, mali dio zvučne energije prolazi kroz prepreku, dok se veći dio uglavnom odbije od prepreke. Tako zid sa zvučnom izolacijom od 10 dB dozvoljava protok od samo 10% energije zvuka, 20 dB dozvoljava 1%, 30 dB dozvoljava 0,1% itd. [2].

Prikaz sudara zvuka sa zidom prikazan je na slici 4, gdje se vidi kako se dio zvuka, koji pada na zid reflektira, jedan dio se apsorbira, a jedan dio prolazi kroz zid [2].



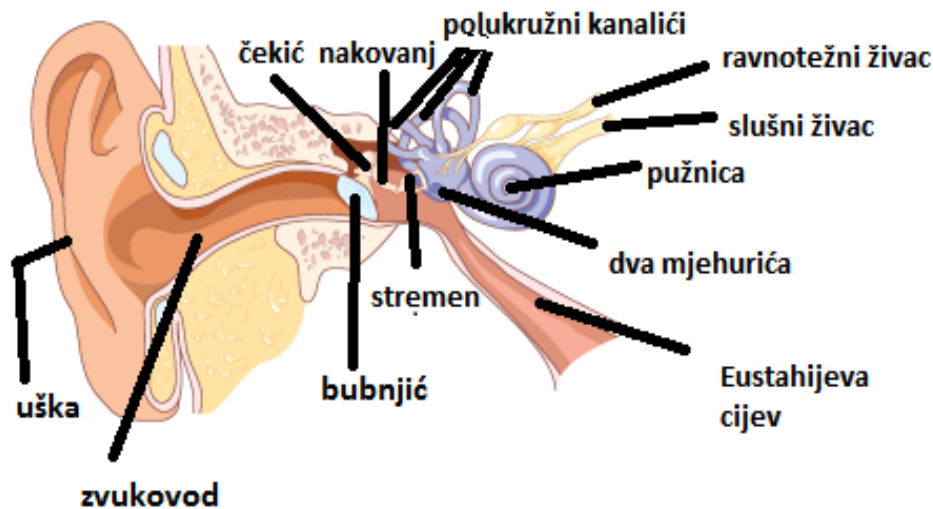
**Slika 4.** Upad zvuka [2]

Razlikujemo dva načina širenja buke od izvora do mjesta imisije: *zračni*, kada zvuk dolazi do mjesta imisije bilo direktnim putem ili refleksijama, i *strukturni*, kada se zvuk širi kroz čvrsta tijela poput podova, zidova itd. [9]. Stoga, da bi se što više spriječilo prenošenje zvuka iz jedne prostorije u drugu, koristi se zvučna izolacija. Zvučnu izolaciju potpomažu tzv. apsorberi, koji služe za upijanje zvuka i ne dozvoljavaju da se zvuk širi dalje po prostoriji. Materijali koji se koriste kao apsorberi su izrazito porozni te mogu apsorbirati od 50 do 90% zvučne energije [2]. Oni mogu biti akustični paneli, spužve, mineralne vune i slično.

Da bi se onemogućila bilo kakva refleksija zvučnih valova, koristi se tzv. gluha komora. To je prostorija obložena visokoapsorpcijskim materijalima, koji su tako postavljeni da apsorbiraju zvučne valove i na taj način eliminiraju bilo kakvu mogućnost refleksije zvuka [2]. Gluha komora se koristi za akustična mjerenja, ali i u turističke svrhe. U njoj vlada tolika tišina da čovjek čuje samo vlastito disanje, otkucaje srca, što postaje zastrašujuće te u njoj nitko nije izdržao dulje od 45 minuta.

## 2.2. Uho i njegova građa

Sluh je jedno od čovjekovih najvažnijih osjetila, a organ koji nam omogućuje sluh se naziva uho. Dok se oko od prejake svjetlosti može zaštititi zatvaranjem očnih kapaka, uho se od prejakog zvuka štiti malo složenijim mehanizmom. Naime, uho se sastoji od tri glavna dijela: vanjsko uho, srednje uho i unutarnje uho (slika 5) [12].



**Slika 5.** Građa uha [12]

Vanjsko uho se sastoji od ušne školjke, slušnog kanala i bubnjića. Ušna školjka skuplja valove zvuka koji prolaze kroz slušni kanal. Glavna uloga slušnog kanala je da zaštiti bubnjić i transmisiju zvuka. Bubnjić na kraju slušnog kanala vibrira s promjenama zvučnog tlaka valova koji putuju kanalom. Na unutarnjoj strani bubnjića spojena je prva od tri košćice srednjeg uha.

Srednje uho je mala šupljina na čijem su gornjem dijelu ovješene tri male košćice, prva se košćica naziva čekić, druga nakovanj, a treća stremen. Funkcija košćica je da provedu i pojačaju vibracije od bubnjića do ovalnog prozorčića. Košćice su spojene s dva mišića koja se stežu kod intenzivnog zvuka. Srednje uho je povezano s usnom šupljinom preko Eustahijeve cijevi. Eustahijeva cijev je normalno zatvorena, a otvara se prilikom gutanja ili žvakanja.

Unutarnje uho se sastoji od tri šupljine ispunjene tekućinom, a to je predvorje, tri polukružna kanala i pužnica. Polukružni kanali služe za ravnotežu, a unutrašnjost pužnice se sastoji od tri dijela odvojenih membrana. U jednom kanalu se duž bazilarne membrane nalazi Cortijev organ koji ima oko 30 000 vlaknastih stanica. Vibracije stremena i ovalnog prozorčića šalju longitudinalne valove kroz tekućinu koja se nalazi u kanalima pužnice, što izaziva titranje bazilarne membrane. Gibanje detektira Cortijev organ i prevara ga u električne impulse te preko slušnog živca prenosi u mozak.

### 2.3.Vrste i izvori buke

Buka se prema podrijetlu može podijeliti na: industrijsku i buku okoliša. Pod industrijskom bukom se podrazumijeva buka nastala tijekom nekog radnog procesa u industriji, dok se pod bukom okoliša podrazumijeva sva ostala buka koja dolazi iz okoliša [13,14].



Nadalje, buka se može podijeliti s obzirom na trajanje buke na: trajnu (kontinuiranu), isprekidanu i impulsnu. Kod trajne buke razina zvučnog vala i frekvencija su konstantni u vremenu, a razina buke ne varira više od 5dB unutar mjerenja u određenom vremenu (npr. rad ventilatora). Isprekidanu buku karakteriziraju promjene razine zvučnog vala i frekvencije koje traju duže od jedne sekunde s prekidima dužim od jedne sekunde te se ponavljaju u određenom vremenskom intervalu (npr. rad zubarske bušilice). Impulsna buka se još naziva i udarnom bukom, a karakterizira je zvuk kraćeg trajanja, ali visokog zvučnog vala i frekvencije. Za takvu buku karakteristične su promjene veće od 40 dB unutar 0,5 sekunde (npr. eksplozija bombe) [13,14].

Također, buku možemo podijeliti i na izravnu i neizravnu [13,14]. Izravna, odnosno direktna buka je određena intenzitetom izvora i njegovom udaljenošću, dok neizravna buka ovisi o koeficijentima refleksije poda, zida ili stropa i o poziciji tih objekata.

Glavni izvori buke mogu biti: prirodni i umjetni. Prirodni izvori predstavljaju bučne aktivnosti ljudi i životinja, prirodne pojave poput grmljavine, vjetrova, morskih valova itd. Umjetni izvori se dijele na: mehaničke i elektroakustičke. Mehanički izvori buke su razni uređaji, strojevi i vozila, dok su elektroakustički izvori uređaji za glasno emitiranje govora i glazbe.

## **2.4. Djelovanje buke na čovjeka**

Utjecaj buke na čovjeka može biti višestruko štetan s posljedicama kao što je naglušost i gluhoća, ometanje govornog sporazumijevanja, neurovegetativne reakcije organizma, umor i smanjenje radne i životne sposobnosti te ometanje odmora i sna. Kako bi se spriječile profesionalne bolesti uzrokovane bukom, vrlo važno je ispitivanje stanja sluha prilikom zasnivanja radnog odnosa radnika i obavljanje redovitih kontrola radnika u zakonskim intervalima. Osobe kod kojih se utvrdi početni gubitak sluha treba zaštititi premještajem, tehničkim mjerama nad izvorom, ali najbitnije osobnim zaštitnim sredstvima. Djelovanje buke na čovjeka se dijeli u dvije grupe: auralno, koje karakterizira izravno djelovanje buke na osjetilo sluha i ekstraauralno, koje ima posljedice za cijeli organizam [1,9].

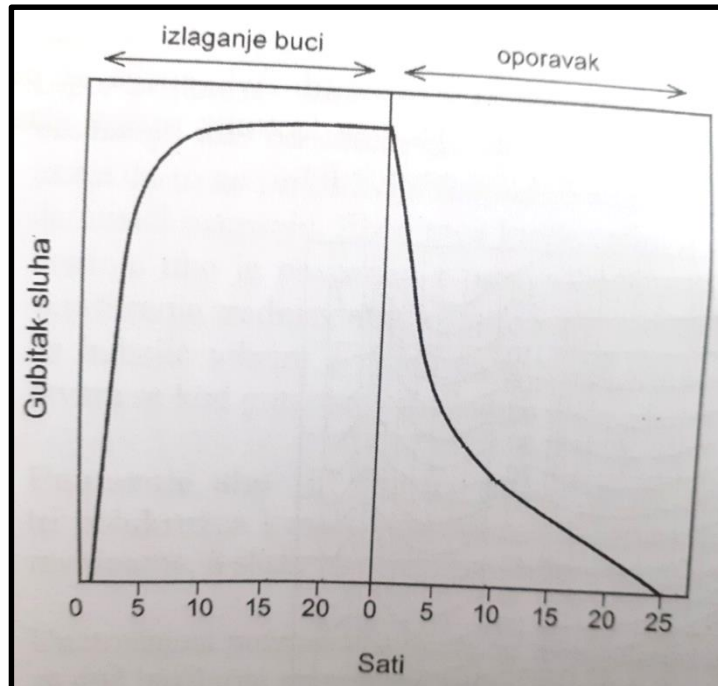
### **2.4.1. Auralno djelovanje**

Posljedice auralnog djelovanja mogu biti kratkotrajne, dugotrajne i akustična trauma. Kod kratkotrajnog izlaganja razine  $>75$  dB dolazi do privremenog gubitka sluha, pri čemu se sluh oporavlja nakon prestanka izlaganja buci. Za kontinuiranu buku gubitak sluha raste s vremenom i nakon 4-12 sati poprima stalnu vrijednost, dok je to kod impulsne buke 2 sata. Nakon prestanka izlaganja buci oporavak je u početku vrlo brz, ali se onda usporava te može trajati nekoliko minuta ili čak sati i dana. Potpuni oporavak slušnog organa traje najmanje onoliko koliko je bilo i vrijeme izlaganja buci (slika 6) [9].

Dugotrajne (ireverzibilne) posljedice znače trajni pomak praga čujnosti, pri čemu je slušni organ trajno oštećen. Akustička trauma nastaje kao posljedica izlaganja vrlo intenzivnoj buci,  $\geq 140$  – 150 dB, jednom ili više puta, a može dovesti do oštećenja bubnjića, slušnih košćica i pužnice [9].

Trajni pomak praga čujnosti je postepen i ovisi o [9]:

- ✓ razini buke,
- ✓ vrsti buke,
- ✓ periodu izlaganja i
- ✓ frekvenciji.



**Slika 6.** Pomak praga čujnosti [9]

Oštećenje sluha nastaje zbog djelovanja jake i dugotrajne izloženosti buke koja ovisi o njenoj frekvenciji. Kod utjecaja jake buke zamara se unutarnje uho, a nakon duljeg mirovanja prag čujnosti se vraća u prvobitno stanje, kao i sluh. Radniku koji počinje raditi na bučnom radnom mjestu se sluh oporavi do sljedeće radne smjene. Kod ponavljajuće buke, uho će izgubiti sposobnost obnove tijekom mirovanja između radnih smjena. Nakon pomaka praga čujnosti slijedi trajni gubitak sluha, a moguće je i oštećenje slušnog organa. Ono nastaje zbog uništenja cilijarnih stanica u unutarnjem uhu koje se ne mogu niti izliječiti niti nadomjestiti. Trajni gubitak sluha nastaje postepeno i prvo obuhvaća gornje frekvencijsko područje.

#### 2.4.2. Ekstraauralno djelovanje

Buka neizravno djeluje na organe i tjelesne sustave, a posljedice njezinog djelovanja su metabolički i endokrinološki poremećaji. Intenziviranjem buke dolazi i do povišenog tona simpatikusa, a to izaziva [9]:

- ubrzani rad srca,
- ubrzano disanje,
- porast krvnog tlaka,

- pojačano znojenje,
- poremećaj u radu probavnih organa,
- poremećaj u radu žlijezda s unutarnjim lučenjem i
- nagle kontrakcije mišića.

Izlaganje buci dovodi do teškoća s koncentracijom, zadržavanjem pažnje, usvajanjem novih spoznaja i uzrokuje razdražljivost, umor i nesanicu.

### 2.4.3. Mehanizam djelovanja buke i stupnjevi naglušosti

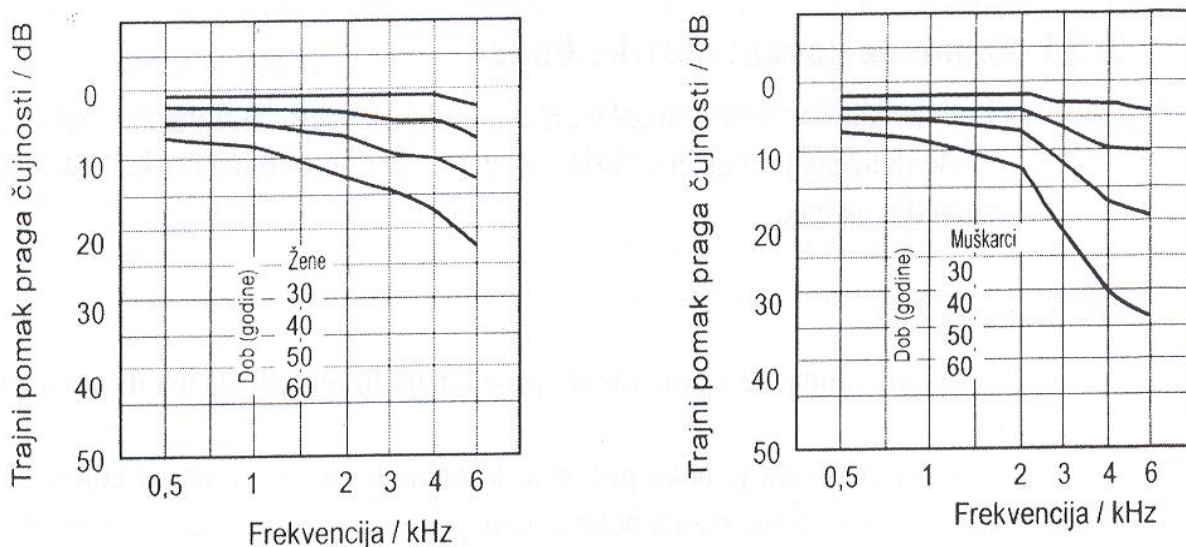
Mehanizam djelovanja buke na organizam [7,9,13-15]:

1. Buka od 30 do 65dB – uzrokuje uznemirenost i nemiran san kod osjetljivih osoba;
2. Buka od 65 do 90dB – počinju se pojavljivati neurovegetativne smetnje, a djelomično i smetnje na slušnom organu;
3. Buka od 90 do 110dB – uzrokuje izrazite neurovegetativne smetnje i progresivni gubitak sluha;
4. Buka od 110 do 130dB – dovodi do brzih neurocirkulacijskih smetnji i gubitka sluha;
5. Buka iznad 130dB – javlja se cirkulacijski šok i smrt.

Prema gore navedenom mehanizmu stupnjeve naglušosti onda dijelimo u četiri kategorije [7,9,13-15]:

1. Neznatna naglušost – do 20 dB u području od 1000 do 2000 Hz;
2. Lagana naglušost – od 20 do 40 dB u području od 1000 do 2000 Hz;
3. Umjeren naglušost – od 40 do 60 dB u području od 500 do 4000 Hz;
4. Teška naglušost – od 60 do 80 dB u području od 250 do 6000 Hz.

Gubitak sluha je povezan s čovjekovom dobi i ovisi o nizu čimbenika, a općenito je veći u muškaraca, nego u žena i raste s frekvencijom (slika 7) [9].



**Slika 7.** Ovisnost gubitka sluha o čovjekovoj dobi i frekvenciji [9]

Stupnjevi gubitka sluha [15]:

1. Normalna čujnost – 0 – 25 dB,
2. Blagi gubitak sluha – 26- 40 dB,
3. Umjereni gubitak sluha – 41-70 dB,
4. Jaki gubitak sluha – 71-90 dB i
5. Potpuni gubitak sluha - >91 dB.

Stupanj oštećenja sluha se dijagnosticira tonskom i govornom audiometrijom [16]. Audiometrijsko testiranje se provodi tako da se ispitanik zatvori u izoliranu audiometrijsku sobu. Ispitaniku se putem slušalica šalju tonovi od viših razlika zvučnih tlakova prema nižim. Ispitanik reagira dizanjem ruke u trenutku kada prvi puta čuje ton. Nakon toga se bilježe mjerenja u obliku audiograma, koji se uspoređuje s audiogramom normalnog sluha. Audiogram je grafički zapis ovisnosti jakosti o frekvenciji. Ukoliko se ustanovi gubitak sluha, poslodavca se o tome obavještava, kako bi prilagodio način i uvjete rada te primijenio dodatne mjere zaštite od buke.

## 2.5. Učinci na zdravlje čovjeka

Sluh je jedan od naših sposobnosti bez kojeg ne bi bio moguć normalan život niti na poslu, kao ni u slobodno vrijeme. Sluhom se lociraju zvukovi koji mogu označiti opasnosti, ugodan zvuk, ali najvažnije za čovjeka razvitak govora i jezika za komunikaciju. Prevelikom izlaganju buci ne uništavamo samo sluh, nego i druge organe kao i funkcije ostatka tijela. Oštećenje sluha zbog buke se ne može izliječiti, ali se može smanjiti ili u potpunosti spriječiti primjenom protumjera gdje buka nastaje [1]. Kao što je vidljivo iz slike 8 buka negativno djeluje na ljudsko zdravlje u smislu da dovodi do ubrzanog rada srca, suženja krvnih žila, povišenja razine adrenalina, poremećaja u radu endokrinog sustava i sustava unutarnjih organa itd.

Negativan utjecaj buke na čovjeka može dovesti do neprijatnosti, ometanja, štete, ali i same sigurnosti čovjeka. Simptomi koji ukazuju na oštećenje sluha su: prolazno zvonjenje u ušima (tinitus), osjećaj punoće u uhu, teškoće u razumijevanju i sporazumijevanju, smetnje vestibularnog sustava (vrtoglavica) itd. [16].

Oštećenje sluha bukom može zahvatiti jedno ili oba uha i mogu postojati razlike u stupnju oštećenja između oba uha. Što se tiče profesionalnih bolesti, oštećenje sluha se javlja gotovo podjednako kod oba uha, međutim, ima i tu iznimaka [16]. Npr. glazbenik na gudačkom instrumentu (violina) obično ima oštećenje sluha na uhu koje je blizu gudačkog instrumenta.

Najbolji prikaz utjecaja buke na ljudsko tijelo daje tablica 2 [17]. Tako je iz tablice vidljivo da buka može negativno utjecati na mozak u smislu pojave glavobolje, osjećaja tjeskobe i poteškoća u koncentraciji te poremećaja u spavanju, tj. poremećaja kod REM faze tijekom sna. Također, buka može dovesti do gastrointestinalnih problema te kardiovaskularnih problema.



**Slika 8.** Negativan utjecaj buke na čovjeka [13]

**Tablica 2.** Utjecaj buke na ljudsko tijelo [17]

Dio ljudskog tijela	Utjecaj buke
Uho	Piskovi i šumovi
Vid	Povećanje zjenica, smanjena sposobnost zapažanja obrisa
Mišići	Grčevi, stezanje
Disanje	Smanjenje frekvencije za 1/3
Nadbubrežna žlijezda	Lučenje adrenalina, noradrenalina i kortizola
Mozak	Glavobolje, osjećaj tjeskobe, poremećaji sna, poteškoće u koncentraciji i pamćenju
Krvne žile	Vazokonstrikcija, brže starenje
Srce	Povećanje opasnosti od infarkta i kardiovaskularnih bolesti
Želudac i probava	Povećanje lučenja želučanih sokova, grčevi
Spolni organi	Smanjenje plodnosti i libida

## 2.6. Mjerenje i ocjenjivanje buke

Mjerenje buke se može izvoditi pomoću dvije vrste uređaja: zvukomjera i dozimetra (slika 9) [18,19].



**Slika 9.** Uređaji za mjerenje buke: a) zvukomjer i b) dozimetar [18,19]

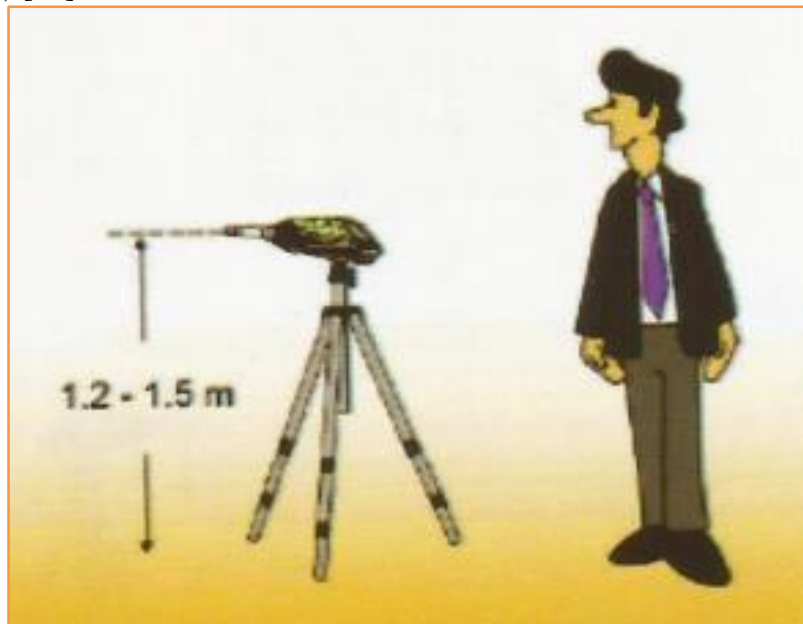
Zvukomjer je instrument koji registrira zvuk na sličan način kao i ljudsko uho i koji daje izmjerene vrijednosti zvučnog tlaka [9]. Mikrofon pretvara zvučni tlak u električni signal, koji se pojačava i obrađuje u sklopovima za integriranje, spektralnu analizu, frekvencijsko vrednovanje i za statističku analizu. Najčešće se koriste kondenzatorski mikrofoni jer su precizni, stabilni i pouzdani. Integriranje signala je postupak kojim se određuje razina efektivne vrijednosti zvučnog tlaka. Postoje tri vremenske konstante integracije sklopa: F-fast, S- slow i I-impulse [9]. Većina signala je kompleksnog oblika i sastoji se od signala koji imaju različitu amplitudu i frekvenciju. Proces razlaganja kompleksnog zvuka naziva se spektralna ili frekventna analiza, a rezultati se prikazuju spektrima [9].

Za harmonijske ili jednostavne periodične signale spektri su dani diskretnim vrijednostima, a za složene i neperiodičke signale spektri su kontinuirane funkcije. Ako su promjene razine u vremenu velike, određuju se tzv. statističke značajke signala. Kod toga slučaja je varijabla vrijeme u kojem je razina zvučnog tlaka u određenom području vrijednosti. Statističkim uzrokovanjem se određuje kumulativna distribucija iz koje se određuje percentili, ako je percentil  $L_{85} = 55 \text{ dB (A)}$  znači da je u 85% vremena razina zvuka bila veća od 55 dB (A). Percentil  $L_{95}$  i  $L_1$  predstavljaju osnovnu razinu buke i srednju vrijednost najviše razine buke [9]. Zvukomjer može pokazivati razinu u dB, dB(A) ili dB(C), razinu ekvivalentne buke, vrijednost percentila, vrijednosti maksimalne ili minimalne razine, spektar ili neku drugu veličinu [9].

Klasični zvukomjer mjeri različite frekvencije buke i trenutnu razinu buke, što predstavlja prednost korištenja zvukomjera. Međutim, pri mjerenju sa zvukomjerom, ispitivač treba biti prisutan blizu radnika, što ga može dovesti ponekad u opasnu situaciju. S druge strane, dozimetar mjeri ukupnu dnevnu izloženost buci. Njegova prednost je što ga radnik nosi na svome tijelu te ne treba biti ispitivač u blizini, malen je i neprimjetan, praktičan, bez kablova, a može se povezati i preko računala ili pametnog mobitela. Nedostatak dozimetra je što ne mjeri različite frekvencije buke [9,18,19].

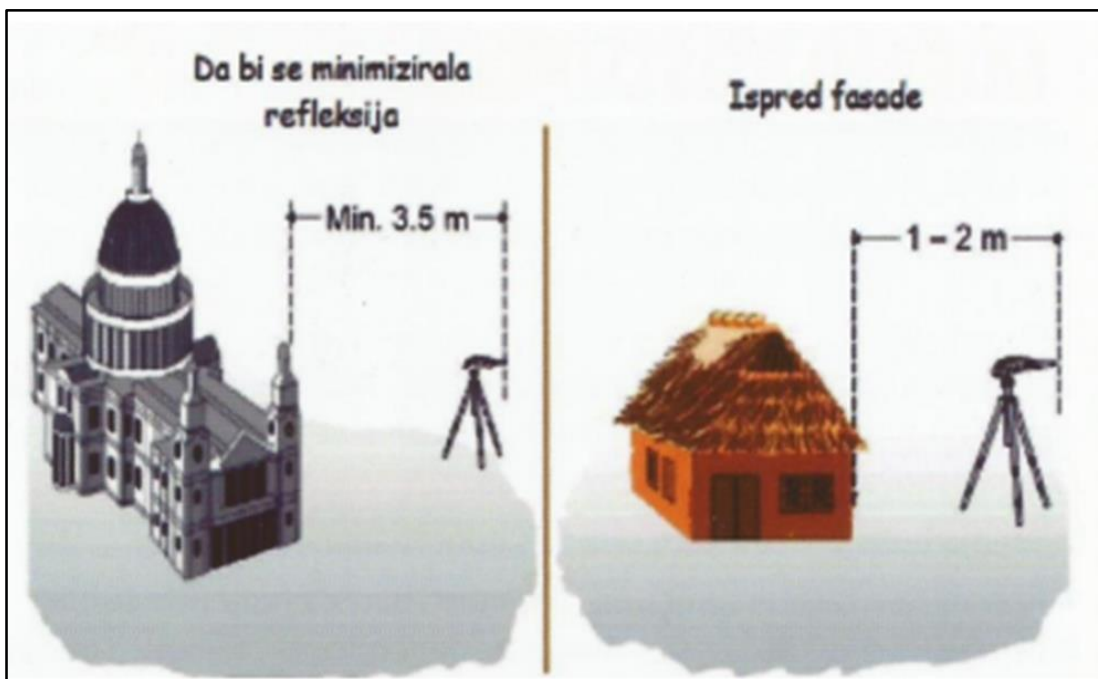
Osnovna pravila koja se trebaju primjenjivati pri mjerenju buke su:

- Mikrofon u sklopu zvukomjera treba biti na stalku na visini od 1,2-1,5 m od podloge (slika 10) [20].



**Slika 10.** Visina postavljanja mikrofona pri mjerenju buke zvukomjerom [20]

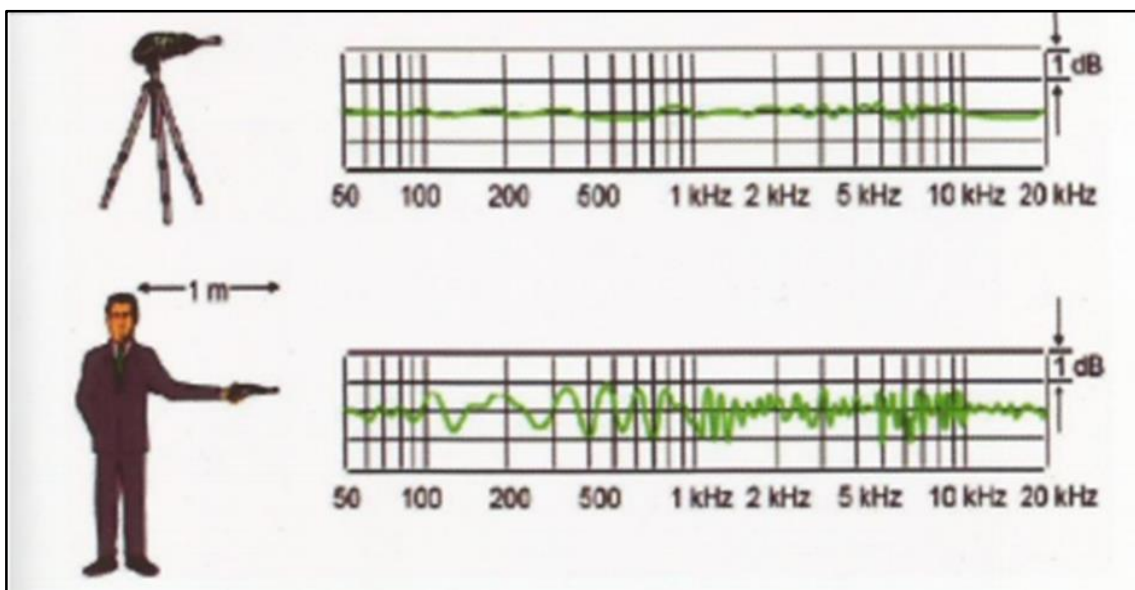
- Pri mjerenjima buke na otvorenom prostoru zvukomjer treba biti udaljen od objekta najmanje 3,5 m od objekta, odnosno 1-2 m od fasade objekta, a sve u cilju smanjenja refleksije zvuka (slika 11) [20].



**Slika 11.** Mjerenje buke na otvorenom prostoru [20]

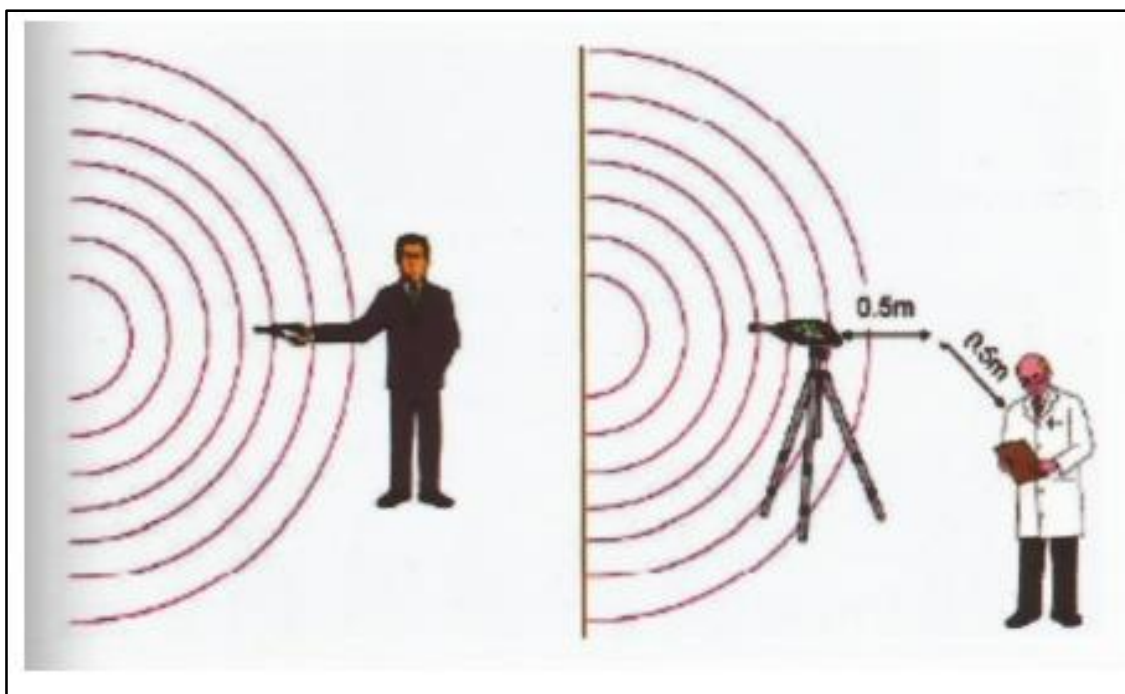


- Operater za mjerenje buke može negativno utjecati na rezultate mjerenja buke, stoga se preporučuje da se zvukomjer postavi na stalak bez prisustva operatera (slika 12) [20].



**Slika 12.** Preporučena udaljenost operatera od stalka [20]

- Operater bi trebao u odnosu na izvor zvuka biti odmaknut barem 0,5 m, kako je prikazano na slici 13 [20].



**Slika 13.** Položaj operatera u procesu mjerenja zvuka [20]



Osnovne veličine kojima se procjenjuje buka su [2,9]:

- Ekvivalentna razina buke  $L_{Aeq,T}$ -predstavlja razinu stalne buke koja bi tijekom određenog vremena jednako djelovala na čovjeka kao promatrana promjenjiva buka,
- Ocjenska razina buke  $L_{AReq,T}$  – najvažnija veličina za opis buke, predstavlja razinu buke s uključenim prilagođenjima. Naime, budući štetni utjecaj buke na ljude ne ovisi samo o ekvivalentnoj razini buke, već i o dobu izlaganja (noć, dan), ukupnom vremenu izlaganja i spektralnom sastavu buke, izmjerenoj vrijednosti buke se moraju pribrojati određena prilagođenja,
- Osnovna razina buke L95-predstavlja razinu buke koja je premašena u 95% vremena mjerenja,
- Najviša standardizirana razina buke  $L_{AFmax,nT}$ -odnosi se na zatvorene prostore i standardizirana je na vrijeme odjeka od 0,5 s,
- Razina izloženosti zvuku  $L_{EX,d}$ -predstavlja razinu buke s istom količinom zvučne energije, kao i promatrana razina buke u nekom referentnom vremenu.

## 2.7. Procjena rizika od buke

„Procjena rizika je postupak kojim se utvrđuje razina opasnosti, štetnosti i napora u smislu nastanka ozljede na radu, profesionalne bolesti, bolesti u svezi s radom te poremećaja u procesu rada koji bi mogao izazvati štetne posljedice za sigurnost i zdravlje radnika“ [21]. Zakon o zaštiti na radu propisuje obaveznu izradu procjene rizika, koju provodi poslodavac u cilju procjene rizika za život i zdravlje radnika i osoba na radu. Na osnovu procjene rizika se donose mjere sprječavanja ili umanjivanja izloženosti rizicima. Poslodavac je dužan redovito ažurirati procjenu rizika i čuvati je u pisanom ili elektroničkom obliku te je učiniti dostupnom svakom radniku.

Postupak procjenjivanja rizika sastoji se od [22]:

- prikupljanja podataka na radnom mjestu,
- analize i procjene prikupljenih podataka,
- plana mjera za uklanjanje, odnosno, smanjivanje razine opasnosti, štetnosti i napora te
- dokumentiranja procjene rizika.

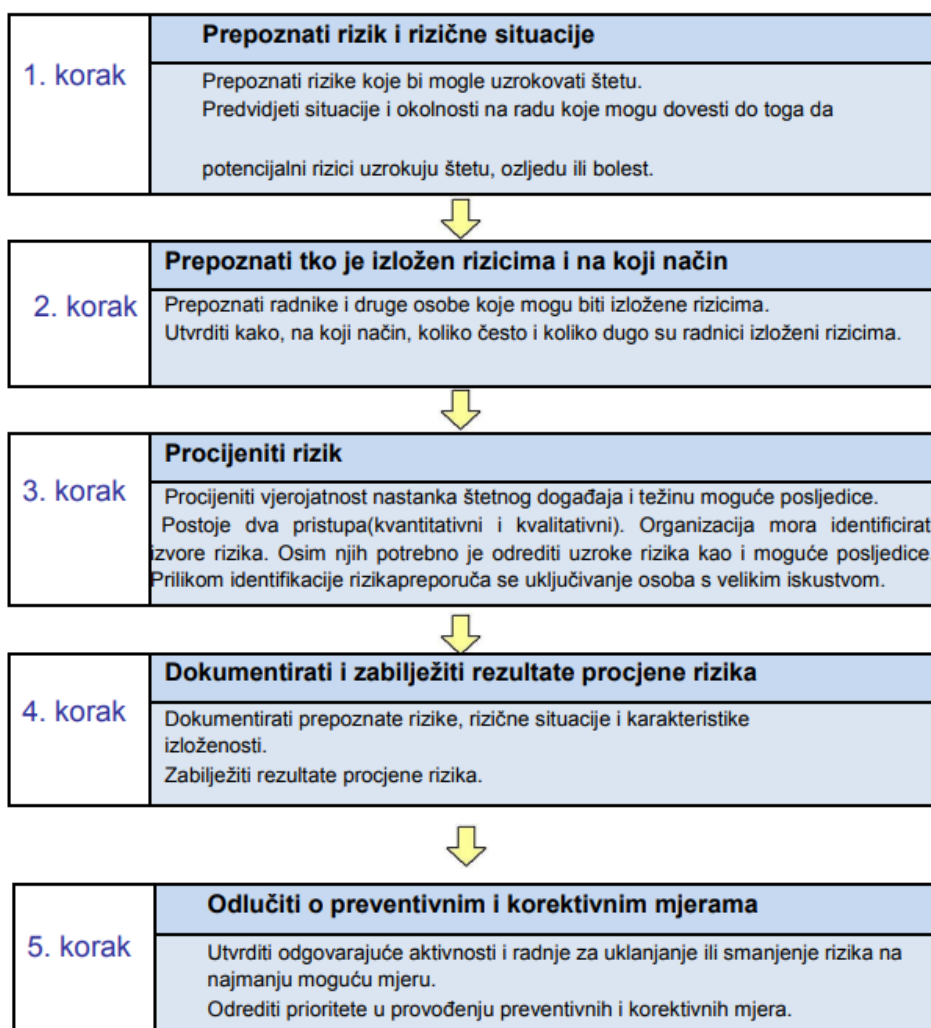
Iz svega navedenoga proizlazi da se izrada procjene rizika sastoji od 5 etapa (tablica 3) [22]:

1. Prepoznavanje, tj. identificiranje rizika i rizičnih situacija,
2. Prepoznavanje tko je sve izložen riziku i na koji način,
3. Procjena rizika,
4. Dokumentiranje rezultata procjene rizika i
5. Odlučivanje o preventivnim i korektivnim mjerama.

Procjena rizika se provodi u skladu s matricom procjene rizika prikazanoj u tablici 4, a na osnovu veličine posljedice, odnosno štetnosti [22].

Vrlo je važno uključiti u izradu dokumenta procjene rizika i radnike, koji mogu pripomoći u iznalaženju rješenja za dodatne mjere zaštite i prevencije od određenih rizika te posljedično tome i profesionalnih oboljenja.

**Tablica 3.** Etape procjene rizika [22]



**Tablica 4.** Matrica procjene rizika [22]

PROCJENA RIZIKA		VELIČINA POSLJEDICA (ŠTETNOSTI)		
		MALA	SREDNJA	VELIKA
VJEROJATNOST	MALA	MALI RIZIK	MALI RIZIK	SREDNJI RIZIK
	SREDNJA	MALI RIZIK	SREDNJI RIZIK	VELIKI RIZIK
	VELIKA	SREDNJI RIZIK	VELIKI RIZIK	VELIKI RIZIK

Najčešće korištene metode procjene rizika su [23]:

- Što ako analiza? (What if analysis?),
- HAZOP (eng. Hazard and Operability Study) studija opasnosti i operativnosti,
- BIA (eng. Business Impact Analysis) analiza utjecaja na poslovanje,
- FMEA (eng. Failure Mode and Effects Analysis) analiza utjecaja posljedica i pogrešaka i
- FTA (eng. Failure Tree Analysis) analiza pomoću stabla pogrešaka.

Što ako analizom analiziraju se poznati rizici i opasnosti te se pri analizi koristi iskustvo radnika, što ponekad može biti i nedostatak, ukoliko iskustva nema [23]. HAZOP studija uključuje sustavan pregled budućih proizvoda i procesa, a cilj joj je pružiti rješenja za pojedinačne rizike. BIA analiza pokazuje analizu utjecaja poremećaja na poslovanje organizacije, dok FMEA analiza se zasniva na identificiranju grešaka i rizika te njihovog sprječavanja. FTA metoda prikazuje stablo pogrešaka, čijom analizom se otklanjaju uzroci i pogreške.

Tijekom procjene rizika od buke utvrđuje se izloženost buke svakog pojedinog radnika koji sudjeluje u radnom procesu, a razina izloženosti buci se temelji na procjeni osmosatnog radnog dana, tj. 480 min. Ukoliko izmjerene vrijednosti buke premašuju vrijednosti propisane zakonskim propisima i pravilnicima [24-26], onda se preporučuju odgovarajuće mjere zaštite od buke.

## 2.8. Mjere zaštite od buke

Mjere zaštite od buke se odnose na zaštitu sluha tako da se buka smanji ili da se smanji izlaganje buci, ali najbitnije od svega je to da se upotrebljavaju osobna zaštitna sredstva. Da bi mogli ostvariti zadani cilj zaštite na radu, postoje realizacije mjera zaštite na radu od izloženosti buci, koje se dijele na [9]:

- Organizacijske mjere,
- Organizacijsko-tehničke mjere,
- Građevinsko-planske mjere i
- Tehničke mjere.

U organizacijske mjere se ubrajaju: vremensko ograničenje rada bučnih strojeva, uvođenje dodatnih pauza radi oporavka, promjena radnog mjesta, dok se u organizacijsko-tehničke mjere ubrajaju: izbor malošumnih strojeva i tehnoloških procesa, redovito održavanje i remont strojeva i uređaja, mehanizacija, automatizacija i robotizacija [9]. Pod građevinsko-planske mjere se podrazumijevaju: pravilan raspored objekata, pogona i prostorija, prostorno odvajanje izvora buke, radnih mjesta i zaštićenih prostorija. Tehničke mjere su nešto kompleksnije i koriste se na bilo kojem dijelu zvučnog sustava, a mogu se primijeniti [9]:

- na izvorima-pri čemu se koriste za sprječavanje emisije, a mogu biti primarne i sekundarne. U primarne se ubrajaju konstrukcijski zahvati, zamjena bučnih operacija malošumnima. Pod sekundarne se svrstavaju: akustično oklapanje, vibroizolacija i prigušenje, ugradnja prigušivača u cjevovode u svrhu sprječavanja širenja zvuka kroz medij,
- na putu širenja zvuka: izolacija raznim pregradama i apsorpcija,
- na mjestu prijema u svrhu sprječavanja imisije: lokalne mjere izolacije, apsorpcije i prigušenja zvuka te primjena odgovarajućih osobnih zaštitnih sredstava (OZS).

Na nekim radnim mjestima buka je uvijek prisutna i nemoguće ju je smanjiti, zbog toga je radnik obavezan koristiti osobna zaštitna sredstva za zaštitu sluha. Zaštitna sredstva uključuju: ušne uloške, čepove od pamuka, ušne štitnike, čepiće izrađene od staklene vune, gume ili plastike itd. (slika 14) [27].



**Slika 14.** Osobna zaštitna sredstva za zaštitu od buke [27]

Ušni štitnik ili antifon se koristi prilikom kratkotrajne izloženosti buci, kada buka ima visok intenzitet. Ušni čepići se koriste prilikom dugotrajne izloženosti buci koja ima visoki intenzitet. Ušni čepići se uglavnom upotrebljavaju kada nema potrebe za korištenjem antifona. Postoje dvije vrste ušnih čepića: čepići za jednokratnu upotrebu i čepići za višekratnu upotrebu. Izrađuju se od mekane plastike, pjene ili silikona. Ušne čepiće je moguće koristiti zajedno s ušnim štitnicima za dodatno smanjenje buke.

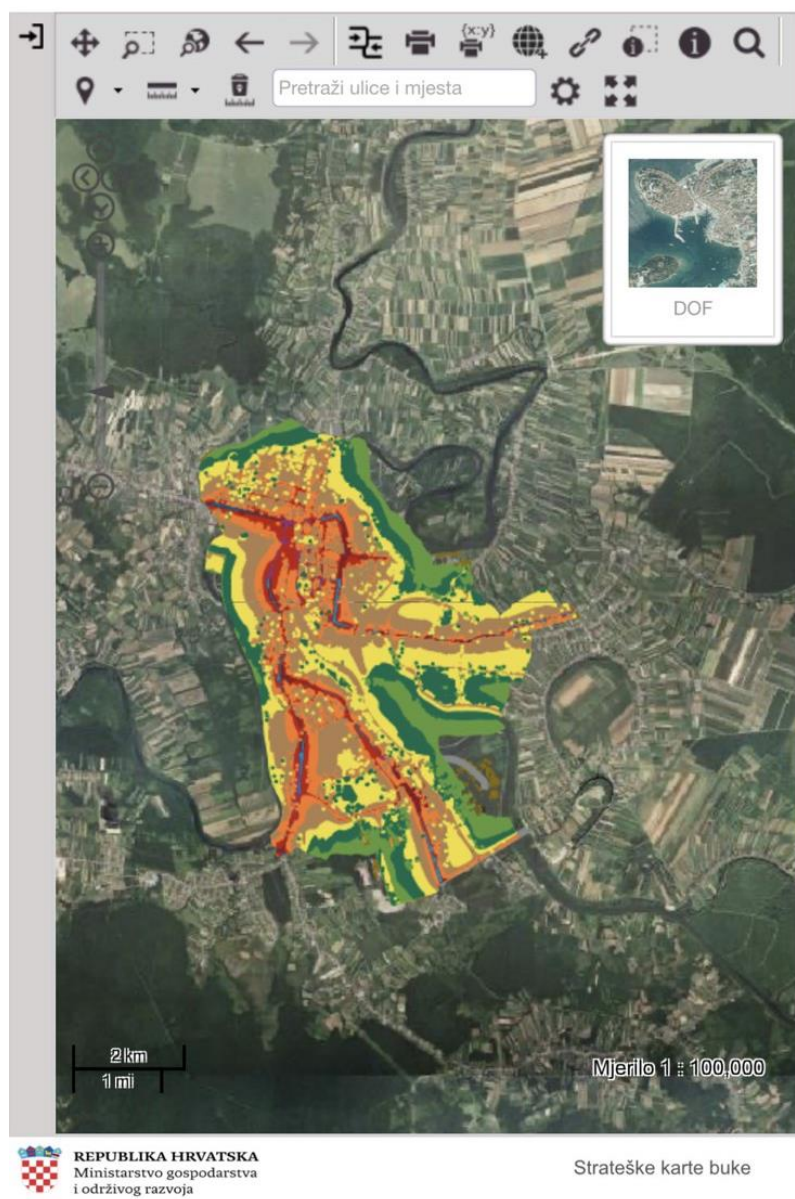
## **2.9. Primjena propisa u RH u cilju zaštite zdravlja radnika od buke**

Kada se radi o zaštiti od buke glavni dokument predstavlja Zakon o zaštiti od buke, kojim se utvrđuju mjere za sprječavanje, izbjegavanje i smanjivanje štetnih učinaka od prekomjerne buke [28]. U navedenom zakonu definiraju se osnovni elementi zaštite od buke poput: karte buke, strateške karte buke, konfliktne karte, akcijskog plana, dok se isti izrađuju sukladno Pravilniku o načinu izrade i sadržaju karata buke i akcijskih planova (NN 5/2007) [29].

Karta buke predstavlja podlogu za međusobnu suradnju svih sudionika na provođenju zaštite od buke prilikom izrade procjene o utjecaju na okoliš, izrade prostornih planova, određivanja posebnih uvjeta za zaštitu od buke na radu, određivanja granica tihih zona, određivanja broja radnika izloženosti prekomjerne razine buke itd., za područje na kojima je u karti buke utvrđeno prekomjerno izlaganje radnika određenim razinama buke [28,29].

Strateške karte su karte buke koje se izrađuju pomoću računalnog programa, a obuhvaćaju samo jedan izvor buke [28,29]. Strateške karte buke se izrađuju za vremensko razdoblje 'dan',

'noć', 'dan-večer-noć'. Na slici 15 prikazana je strateška karta buke za Grad Sisak [30]. Konfliktna karta buke predstavlja razlikovnu kartu buke koja proizlazi iz strateške karte buke, a iz koje je vidljiva razlika između postojećeg i/ili predviđenog stanja imisije buke [28,29].



**Slika 15.** Strateška karta buke grada Siska [30]

Akcijski plan se izrađuje na temelju strateške karte buke. On treba sadržavati: postojeće mjere zaštite od buke, opis razmatranog područja, podatke o naručitelju i ovlaštenog subjekta za izradu akcijskog plana, ocjenu stanja buke, rezultate provedene javne rasprave itd.

Nakon Zakona o zaštiti od buke, važan propis je Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu [24]. Navedenim pravilnikom određene su vrijednosti dopuštene razine vrste buke s obzirom na djelatnost (tablica 5).

**Tablica 5.** Dopuštene razine buke s obzirom na djelatnost [24]

Red. Br.	DOPUŠTENE RAZINE BUKE S OBZIROM NA VRSTU DJELATNOSTI Opis posla	Najviša dopuštena razina buke $L_{A, eq}$ u dB(A)	
		(a)*	(b)*
1	Najzahtjevniji umni rad, vrlo velika usredotočenost, rad vezan za veliku odgovornost, najsloženiji poslovi upravljanja i rukovođenja	45	40
2	Pretežno umni rad koji zahtijeva usredotočenost, kreativno razmišljanje, dugoročne odluke istraživanje, projektiranje, komuniciranje sa skupinom ljudi	50	40
3	Zahtjevniji uredski poslovi, liječničke ordinacije, dvorane za sastanke, školska nastava, neposredno govorno i/ili telefonsko komuniciranje	55	45
4	Manje zahtjevni uredski poslovi, pretežno rutinski umni rad koji zahtijeva usredotočenje ili neposredno govorno i/ili telefonsko komuniciranje, komunikacijske centrale	60	50
5	Manje zahtjevni i uglavnom mehanizirani uredski poslovi, prodaja, vrlo zahtjevno upravljanje sustavima, fizički rad koji zahtijeva veliku pozornost i usredotočenost, zahtjevni poslovi montaže	65	55
6	Pretežno mehanizirani uredski poslovi, zahtjevno upravljanje sustavima, upravljačke kabine, fizički rad koji zahtijeva stalnu usredotočenost, rad koji zahtijeva nadzor sluhom, rad koji se obavlja na temelju zvučnih signala	70	60
7	Manje zahtjevni fizički poslovi koji zahtijevaju usredotočenost i oprez, manje zahtjevno upravljanje sustavima	75	65
8	Pretežno rutinski fizički rad sa zahtjevom na točnost, praćenje okoline slušanjem	80	65

\*LEGENDA:

(a) razina buke na radnome mjestu koja potječe od proizvodnih izvora  
 (b) razina buke na radnome mjestu koja potječe od neproizvodnih izvora (ventilacija, klimatizacija, promet i dr.).

Također, ovim pravilnikom su propisane “granične vrijednosti izloženosti i upozoravajuće vrijednosti izloženosti tijekom osamsatnog radnog dana te sljedeće razine vršnih vrijednosti zvučnoga tlaka [24]:

a) granična vrijednost izloženosti:

$L(EX,8h) = 87 \text{ dB(A)}$  i  $p(\text{peak}) = 200 \text{ Pa}$  (140 dB(C) u odnosu na referentni zvučni tlak 20  $\mu\text{Pa}$ );

b) gornja upozoravajuća granica izloženosti:

$L(EX,8h) = 85 \text{ dB(A)}$  i  $p(\text{peak}) = 140 \text{ Pa}$  (137 dB(C) u odnosu na referentni zvučni tlak 20  $\mu\text{Pa}$ );

c) donja upozoravajuća granica izloženosti

$L(EX,8h) = 80 \text{ dB(A)}$  i  $p(\text{peak}) = 112 \text{ Pa}$  (135 dB(C) u odnosu na referentni zvučni tlak 20  $\mu\text{Pa}$ ).

Za granične vrijednosti izloženosti vrijedi, da poslodavac pri utvrđivanju stvarne izloženosti radnika mora uzeti u obzir smanjenje buke zbog uporabe osobne zaštitne opreme za zaštitu sluha, dok za upozoravajuće vrijednosti izloženosti vrijedi da taj učinak ne smije uzimati u obzir.“

Također značajan pravilnik pri mjerenju i ocjeni buke je Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN 145/2004) [26], koji se odnosi na buku:

- u vanjskom prostoru,
- u zatvorenim boravišnim prostorima,
- na radnom mjestu,
- na sadržaje za sport, rekreaciju i zabavu,
- na povremene izvore buke i
- na buku gradilišta.

Prema navedenom pravilniku određeno je dopušteno vrijeme izlaganja buci s obzirom na razinu trajanja buke (tablica 6).

**Tablica 6.** Dopušteno vrijeme izlaganja buci s obzirom na vrijeme trajanja buke [26]

Dnevno izlaganje u satima	Razina buke u dB(A)
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1,5	102
1	105
0,5	110
0,25 ili manje	115



### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

#### **3.1. Općenito o firmi koja se bavi gospodarenjem otpadom**

Mjerenje se izvodilo u firmi koja se bavi gospodarenjem otpadom kojoj je svrha mehanička obrada zaostalih frakcija koje nastaju u procesima prethodne obrade otpadnih vozila i drugih otpadnih metala. Mehaničkom obradom izdvajaju se sirovine koje se koriste u novim proizvodnim procesima, odnosno materijali pogodni za daljnju materijalnu i energetska upotrebu, a to pomaže u očuvanju prirodnih resursa te sprječavanju onečišćenja zraka i vode, kao i sprječavanju nastanka stakleničkih plinova koji su uzrokovani proizvodnjom novih proizvoda. U procesu mehaničke obrade otpadnih frakcija, izuzev vrijednih sekundarnih sirovina nastaje i gorivo iz otpada visoke energetske vrijednosti.

Poslovni proces uključuje ove faze:

- zaprimanje otpadne frakcije i kontrola kvalitete,
- privremeno skladištenje,
- priprema,
- obrada,
- izlaz gotovog proizvoda.

Radni proces je u potpunosti automatiziran. Frakcije se razdvajaju na metalne i nemetalne dijelove uz pomoć računala i posebno sofisticiranih strojeva. U slučaju kvara, kvar se uklanja tek kada su strojevi ugašeni i isključeni iz struje. Manje kvarove otklanja voditelj proizvodnje iz upravljačke sobe, a veće kvarove otklanjaju kvalificirani vanjski suradnici.

Opasnosti i štetnosti koje su prisutne tijekom rada i kretanja vanjskim dijelom postrojenja su:

- buka koju generiraju strojevi u radu,
- nepovoljni klimatski uvjeti pri kretanju i obavljanju poslova na otvorenom prostoru,
- mehaničke opasnosti,
- udar električne struje,
- požar i eksplozija.

Rad se uglavnom odvija u klimatiziranom zatvorenom prostoru, ugodnom za boravak i rad. Poslovni proces se odvija u čvrstom građevinskom objektu koji je izveden u skladu sa zahtjevima i vrstom tehnološkog procesa koji se u njemu odvijaju. Prilazi, izlazi, stepeništa i druge radne površine omogućavaju nesmetano kretanje radnika unutar objekta. Vanjska površina oko objekta je uređena i redovito se održava. U radu se koriste razni specifični i sofisticirani strojevi, aparati i uređaji prilagođeni ovoj vrsti poslova (bageri, utovarivači, viličari itd.), kao što su svi strojevi u pojedinim dijelovima linije za separaciju otpadne frakcije.

#### **3.2. Radna mjesta na kojima je provedeno mjerenje buke**

Buka je izmjerena zvukomjerom u firmi za gospodarenje otpadom na radnim mjestima koja se nalaze u sljedećim prostorijama: poslovni kontejner, ured, sortirnica i postrojenje. U poslovnom kontejneru je rad organiziran u dvije smjene na tri radna mjesta, a to su dva voditelja, dva zamjenika voditelja i dva administratora. Druga prostorija je ured u kojem boravi referent i osobe koje obavljaju uredski posao. U sortirnici je zaposleno 12 sortirača, s time da na tri pokretne trake rade po dva radnika, a rad se obavlja u dvije smjene. Postrojenje



se dijeli na četiri radna mjesta, a to su: vozač viličara, vozač viličara u otvorenoj kabini viličara na ruti kroz postrojenje, vozač radnog stroja i vozač radnog stroja u zatvorenoj kabini radnog stroja na ruti kroz postrojenje.

Prilikom mjerenja vrijednosti buke na različitim radnim mjestima u firmi koja se bavi gospodarenjem otpadom uspoređivale su se dobivene vrijednosti s dopuštenim vrijednostima sukladno Zakonu zaštite od buke (NN 30/09, 55/13, 153/13, 41/16, 114/18, 14/21), Pravilniku o ispitivanju radnog okoliša (NN 16/16, 120/22), Pravilniku o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (NN 46/08) i Pravilniku o najvišim dopuštenim razinama buke ovisno o vrsti izvora buke, vrijeme i mjesto nastanka (NN 143/21) [24,25,28,31,].

#### 4. REZULTATI I RASPRAVA

U poslovnom kontejneru i uredu izmjerena vrijednost buke je iznosila 43 i 41,7 dB(A), što je manje od granične vrijednosti, koja iznosi 45 dB(A) (tablica 7). Također, buka izmjerena u sortirnici je iznosila 83,1-83,4 dB(A), što je manje od granične vrijednosti izloženosti buci od 85 dB(A). To znači da su vrijednosti buke izmjerene u uredu, poslovnom kontejneru i sortirnici firme za gospodarenje otpadom u dozvoljenim granicama.

Rezultati mjerenja buke u postrojenju su pak drugačiji. Naime, u postrojenju su izmjerene vrijednosti buke u rasponu od 88,1 do 103,3 dB(A), što je veće od granične vrijednosti izloženosti buci od 85 dB(A). Ispitivanjem buke u firmi koja se bavi reciklažom i gospodarenjem otpadom ustanovljeno je da buka u otvorenoj kabini viličara na ruti kroz postrojenje premašuje propisane vrijednosti, kao i buka u zatvorenoj kabini radnog stroja na ruti kroz postrojenje, stoga se preporučuje korištenje sredstava za zaštitu sluha i korištenje osobne zaštitne opreme (odijelo, kaciga, cipele, rukavice).

**Tablica 7.** Rezultati mjerenja buke u firmi koja se bavi gospodarenjem otpadom

Prostorija	Radno mjesto	Granična vrijednost izloženosti buci/dBA	Izmjerena vrijednost buke/dBA
Poslovni kontejner (rad u 2 smjene na 3 radna mjesta: 2 voditelja, 2 zamjenika voditelja i 2 administratora)	Voditelj	45	43
	Upravljanje procesom		43
	Zamjenik voditelja		43
	Upravljanje procesom		43
	Administrator		43
	Uredski poslovi		43
Ured	Referent	45	41,7
	Uredski poslovi		41,7
Sortirnica (12 sortirača, na svakoj traci rade po 2 radnika, 3 pokretne trake, rad u 2 smjene)	Sortirač	85	83,1
	Radnik pored pokretne trake		83,1-83,4
Postrojenje (2 vozača viličara, 2 vozača radnog stroja, rad u 2 smjene)	Vozač viličara	85	88,1
	U otvorenoj kabini viličara na ruti kroz postrojenje		88,1-93,6
	Vozač radnog stroja		88,6
	U zatvorenoj kabini radnog stroja na ruti kroz postrojenje punom turazom		88,6-103,3

## 5. ZAKLJUČAK

- Mjerenje vrijednosti buke na radnom mjestu je od izrazite važnosti jer prekomjerna izloženost buci dovodi do naglušnosti, gluhoće i raznih metaboličkih i endokrinih poremećaja, što posljedično uzrokuje profesionalna oboljenja.
- Mjerenja je potrebno u odgovarajućim intervalima pažljivo planirati i provoditi od strane ovlaštenog stručnjaka.
- Vrijednosti buke moraju biti u granicama dozvoljenim sukladno Zakonu o zaštiti od buke i odgovarajućim Pravilnicima, a u slučaju odstupanja od navedenoga poslodavcu se preporučuje uvođenje odgovarajućih mjera zaštite od buke.
- Ispitivanjem buke u firmi koja se bavi reciklažom i gospodarenjem otpadom ustanovljeno je da buka u otvorenoj kabini viličara na ruti kroz postrojenje premašuje propisane vrijednosti, kao i buka u zatvorenoj kabini radnog stroja na ruti kroz postrojenje, stoga se preporučuje korištenje sredstava za zaštitu sluha i korištenje osobne zaštitne opreme (odijelo, kaciga, cipele, rukavice).
- Vrlo je važno educirati radnike i naglasiti im da je neophodno koristiti osobnu zaštitnu opremu, jer se buka ne može spriječiti, ali se može smanjiti.

## 6. LITERATURA

■

1. S. Ingemansson, Zaštita od buke-načela i primjena, Zavod za istraživanje i razvoj sigurnosti, Zagreb, 1995.
2. M. Mlinarić, Mjerenje i zaštita od buke u proizvodnom prostoru na primjeru poduzeća Muraplast d.o.o., završni rad, Sveučilište Sjever, Varaždin, 2015.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/54540532.pdf> (pristupljeno 24.08.2023.)
3. S. Vran, Utjecaj buke na ljudsko zdravlje i metode zaštite od buke, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2020.  
<https://zir.nsk.hr/islandora/object/vuka:1494> (pristupljeno 24.08.2023.)
4. <https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=59999> (pristupljeno 03.09.2023.)
5. <https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/d5926ef6-d5a2-4bad-925a-13b0b9af110c/razina-zvuka.html> (pristupljeno 20.08.2023.)
6. <https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/6b9de2eb-c6d7-412b-8afc-c0820325b64d/razina-zvuka.html> (pristupljeno 20.08.2023.)
7. M. Mikulić, Ljudski sluh, diplomski rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek, 2017.  
<https://zir.nsk.hr/islandora/object/fizos:56/preview> (pristupljeno 22.08.2023.)
8. <https://dokumen.tips/documents/1-buka-rijeka.html?page=19> (pristupljeno 15.08.2023.)
9. S. Sever, Fizikalne štetnosti, IPROZ, Zagreb, 2007.
10. A. Petošić, S. Grubeša, M. Suhanek, Osnove akustike, buka okoliša i zvučna izolacija te mjere za zaštitu od buke u otvorenom i zatvorenom prostoru, skripta, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb, 2018.
11. [http://os-krapinske-toplice.skole.hr/upload/os-krapinske-toplice/multistatic/310/8\\_r\\_ponavljanje\\_za\\_ispit.pdf](http://os-krapinske-toplice.skole.hr/upload/os-krapinske-toplice/multistatic/310/8_r_ponavljanje_za_ispit.pdf) (pristupljeno 04.09.2023.)
12. <https://biologija8osjetila.wordpress.com/osjetilo-sluha/#jp-carousel-67> (pristupljeno 17.08.2023.)
13. D. Rimac, Utjecaj buke na čovjeka, završni rad, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2016.  
<https://zir.nsk.hr/islandora/object/vuka:415/preview> (pristupljeno 06.09.2023.)
14. M. Miloloža, Onečišćenje bukom, završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb, 2016.
15. <https://www.asha.org/public/hearing/degree-of-hearing-loss/> (pristupljeno 22.08.2023.)
16. M. Smolić, Utjecaj izloženosti buci na sluh ljudi, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet, Zagreb, 2018.
17. T. Kostešić, Mjerenje i ispitivanje buke, završni rad, Sveučilište Jurja Dobrile u Puli, Pula, 2022.  
<https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:137:448665> (pristupljeno 08.09.2023.)
18. <https://ags71.ba/p/zvukomjer-mjerac-razine-zvukalaserliner-soundtest-master-smemorijom-315-do-8-123333.html> (pristupljeno 16.09.2023.)
19. <https://eco-rentalsolutions.com/product-category/sound-equipment/noise-dosimeters/> (pristupljeno 16.09.2023.)
20. L. Šuper, Zaštita od buke na prometnicama, završni rad, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2019.  
<https://zir.nsk.hr/islandora/object/vuka%3A1321/datastream/PDF/view> (pristupljeno 16.09.2023.)
21. Pravilnik o izradi procjene rizika (NN 112/14),  
[https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014\\_09\\_112\\_2154.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_09_112_2154.html) (pristupljeno 16.09.2023.)
22. Z. Vučinić, Procjena rizika, skripta, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2019.

- [https://www.vuka.hr/images/50013288/Zoran\\_Vucinic\\_Procjena\\_rizika.pdf](https://www.vuka.hr/images/50013288/Zoran_Vucinic_Procjena_rizika.pdf) (pristupljeno 16.09.2023.)
23. Lj. Srećec, Procjena rizika od fizikalnih štetnosti u ljevaonicama, završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet, Sisak, 2022.  
<https://repozitorij.simet.unizg.hr/islandora/object/simet%3A443> (pristupljeno 16.09.2023.)
  24. Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (NN 46/2008)  
[https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2008\\_04\\_46\\_1577.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2008_04_46_1577.html) (pristupljeno 18.08.2023.)
  25. Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke s obzirom na vrstu izvora buke, vrijeme i mjesto nastanka (NN 143/2021)  
[https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021\\_12\\_143\\_2454.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_12_143_2454.html) (pristupljeno 18.08.2023.)
  26. Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN 145/2004)  
[https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2004\\_10\\_145\\_2548.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2004_10_145_2548.html) (pristupljeno 18.08.2023.)
  27. <https://preventa.hr/zastita-na-radu-upit/buka-na-radu> (pristupljeno 28.07.2023.)
  28. Zakon o zaštiti od buke, pročišćeni tekst zakona (NN 30/09, 55/13, 153/13, 41/16, 114/18, 14/21)  
<https://www.zakon.hr/z/125/Zakon-o-za%C5%A1titi-od-buke> (pristupljeno 14.08.2023.)
  29. Pravilnik o načinu izrade i sadržaju karata buke i akcijskih planova (NN 5/2007)  
[https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2007\\_01\\_5\\_274.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2007_01_5_274.html)  
(pristupljeno 14.08.2023.)
  30. <https://buka.azo.hr/> (pristupljeno 13.09.2023.)
  31. Pravilnik o ispitivanju radnog okoliša (NN 16/16, 120/22),  
<https://www.zakon.hr/cms.htm?id=54229> (pristupljeno 14.09.2023.)

# ŽIVOTOPIS

## OSOBNI PODACI

Ime: Lucija

Prezime: Detković

Datum rođenja: 11.11.2000.

Mjesto rođenja: Sisak

Adresa: Gušće 196

E-mail: [lucija.detkovic@gmail.com](mailto:lucija.detkovic@gmail.com)

## OBRAZOVANJE

2007.- 2015. Osnovna škola Budaševo - Topolovac - Gušće

2015. – 2019. Strukovna škola Sisak

2019. – danas – Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet, preddiplomski sveučilišni studij Sigurnost, zdravlje na radu i radni okoliš.

## VJEŠTINE

Strani jezici: Njemački jezik B1, Engleski jezik B1

Rad na računalu: MS Office, Autocad

Vozački ispit: B kategorija