

# MJERENJE BUKE U OKOLIŠU

---

**Valić, Petra**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Medicine / Sveučilište u Rijeci, Medicinski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:184:105303>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-18**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Medicine - FMRI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
MEDICINSKI FAKULTET  
PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ SANITARNOG INŽENJERSTVA

Petra Valić

**MJERENJE BUKE U OKOLIŠU**

Završni rad

Rijeka, 2021.

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
MEDICINSKI FAKULTET  
PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ SANITARNOG INŽENJERSTVA

Petra Valić

**MJERENJE BUKE U OKOLIŠU**

Završni rad

Rijeka, 2021.

Mentor rada: izv. prof. dr. sc. Gordana Žauhar

Završni rad obranjen je dana 22. 09. 2021. na Medicinskom fakultetu, Sveučilište u Rijeci, pred povjerenstvom u sastavu:

1. Doc. dr. sc. Jadranka Vraneković
2. Izv. prof. dr. sc. Gordana Čanadi Jurešić, dipl. ing. preh. teh.
3. Izv. prof. dr. sc. Gordana Žauhar

Rad sadrži 45 stranice, 27 slika, 3 tablice, 22 literaturna navoda.

## SAŽETAK

Buka je danas postala jedan od najvećih zagađivača okoliša. U fizičkom smislu opisujemo ju kao nepravilni mehanički val velikog intenziteta koji je neugodan ljudskom uhu. S porastom industrijalizacije povećala se i razina buke u okolišu, a time i štetni utjecaj koji buka ima na čovjeka. Buka loše utječe na čovjekov sluh, ali njen negativni utjecaj uočen je i u endokrinom te psihičkom sustavu. Buka uzrokuje nelagodu i smanjuje sposobnost rada i koncentracije pri obavljanju radnih zadataka. Zbog poznatog štetnog utjecaja buke na čovjeka nastoji se prilikom izgradnje stambenih objekata koristiti kvalitetnu izolaciju te time utjecati na smanjenje buke na prihvatljivu razinu. Diljem svijeta pa tako i u Hrvatskoj postoje zakoni koji određuju maksimalne dozvoljene razine buke i osnovne postupke za zaštitu od buke na pojedinim lokacijama i za određena zanimanja. Cilj ovoga rada bio je izmjeriti prometnu buku u okolini grada Rijeke, točnije u općini Čavle, tijekom ljeta 2021., preciznije krajem srpnja i početkom kolovoza, tj. u vrhuncu turističke sezone, na mjestima u blizini stambenih objekata koji nisu zaštićeni bukobranima te utvrditi zadovoljava li izmjerena razina buke propisane norme. Mjerenja su pokazala da je najveća razina buke zabilježena u petak popodne i u subotu u jutarnjim satima zbog najgušćeg prometa. Pored toga, izmjerene su razine buke, u blizini kuća, koje su veće od dozvoljenih vrijednosti te zbog toga smatramo da bi to područje trebalo biti zaštićeno bukobranima.

Ključne riječi: buka u okolišu, intenzitet zvuka, okoliš, zaštita od buke

## **SUMMARY**

Noise is one of the biggest pollutants in a environment today. Physically, it is an irregular mechanical wave of high intensity that is perceived as unpleasant by the human ear. With the increase of industrialization the level of environmental noise has increased, and thus the harmful impact that noise has on humans. Noise has a negative effect on human hearing, but also on the endocrine and psychological systems. Noise causes discomfort and reduces the ability to work and concentrate while performing tasks. Due to the known detrimental effects of noise on humans that occur during the construction of residential buildings, noise levels should be reduced to acceptable levels through the use of high quality accoustic insulation. Everywhere in the world, including Croatia, there are laws that set the maximum allowed noise level and the basic procedures for noise protection in certain places and for certain occupations. The aim of this study was to measure traffic noise in the vicinity of the city of Rijeka, in the municipality Čavle, during the summer 2021., more precisely in late July and early August, or during the tourist season in places close to residential areas that are not protected by noise barriers, and to determine whether the noise level meets the prescribed standards. The measurements revealed that the highest noise level was measured on Friday afternoon and on Saturday morning due to the heaviest traffic. In addition, noise levels were measured in the vicinity of houses, which are higher than the permitted values, and therefore we believe that the area should be protected by noise barriers.

Key words: environmental noise, sound intensity, environment, noise protection

## Sadržaj

1. UVOD .....	7
2. TEORIJSKI DIO .....	8
2.1 Zvuk.....	8
2.1.1 Vrste zvuka.....	9
2.1.2 Pojave kod širenja zvuka.....	10
2.2 Razina zvučnog tlaka.....	11
2.3 Zvučni intenzitet i razina zvučnog intenziteta.....	12
2.4 Buka.....	13
2.4.1 Vrste buke .....	13
3. PRAVILNICI, PROPISI, NORME U RH O ZAŠTITI OD BUKE.....	15
4. UTJECAJ BUKE NA ČOVJEKA.....	19
4.1 Osjetljivost pojedinca na buku .....	19
4.2 Izravne i neizravne posljedice za zdravlje .....	20
5. ZAŠTITA OD BUKE.....	22
5.1 Zvučna izolacija.....	23
5.2 Zaštita od buka na otvorenom .....	24
5.3 Zaštita sluha.....	26
6. MJERENJE BUKE .....	27
6.1 Uređaj za mjerenje buke .....	27
6.2 Postupci koje je bitno poznavati za pravilno mjerenje buke .....	28
7. SVRHA RADA.....	31
8. MATERIJALI I METODE .....	32
8.1 Uređaj .....	32
8.2 Lokacije .....	33
8.2.1 Soboli .....	33

8.2.2 Čavle.....	34
9. REZULTATI.....	35
9.1 Rezultati mjerenja buke uz autoput, mjesto Soboli. ....	35
9.2 Rezultati cjelodnevnog mjerenja buke uz gradsku prometnicu u Čavlima .....	41
10. RASPRAVA.....	43
11. ZAKLJUČAK .....	44
12. LITERATURA:.....	45
ŽIVOTOPIS .....	47



## 1. UVOD

Svakodnevna sastavnica industrijski razvijenog svijeta postala je buka, ljudskom uhu nelagodni, ponekad i bolni zvuk. Kako bi ljudsko zdravlje bilo zaštićeno od štetnog utjecaja buke postoje mnogi zakoni diljem svijeta koji određuju granične vrijednosti buke prihvatljive za čovjeka. Buka se smatra jednim od onečišćivača okoliša. Kada govorimo o onečišćenju okoliša najčešće mislimo na onečišćenje vode, tla i zraka, a vrlo rijetko spominjemo onečišćenje bukom. Prema nedavnom izvješću Europske agencije za okoliš o buci (1) u kojem se proučavala buka koja nastaje zbog cestovnog prometa, željeznica, zračnih luka i industrije navodi se da je cestovni promet daleko najveći izvor onečišćenja bukom.

Buka je zvuk, a zvuk je mehanički val frekvencije od 20 do 20 000 Hz koji ima mogućnost pobuditi ljudski bubnjić. Zvuk je sve ono što ljudsko uho zamjećuje, odnosno čuje.

Kako bi za čovjeka stvorili sigurnu okolinu u kojoj može živjeti i raditi, potrebno je poštovati norme za sigurnosti ljudi i zaštitu okoline, u što se podrazumijeva i zaštita od buke. Pri projektiranju i izgradnji prostora u kojima ljudi žive potrebno je koristiti primjerenu izolaciju kao zaštitu od buke, te provoditi mjerenja da se potvrdi neonečišćenje bukom.

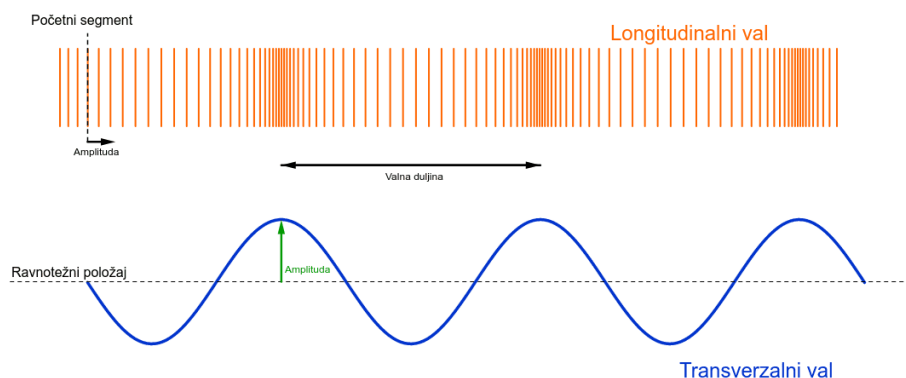
U ovome radu na početku se objašnjavaju osnovne karakteristike zvuka, odnosno buke. Potom su navedeni zakoni u Republici Hrvatskoj koji propisuju dozvoljene razine buke u radnim prostorima i u okolišu. Opisan je štetan utjecaj na zdravlje pojedinca izloženog buci te različiti načini kojima se možemo štiti od buke.

Kako je promet vrlo čest izvor buke, kao primjer su provedena mjerenja na dvije lokaciji u općini Čavle, koja se nalazi u okolici Rijeke. Mjerenja su provedena u mjestu Soboli kraj autoceste A6 i uz gradsku prometnicu u Čavlima kraj vrtića. Svrha mjerenja bila je dobiti uvid u stanje buke na tim lokacijama i promjenu razina buke tijekom tjedna te tijekom jednog dana.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1 Zvuk

Zvuk opisujemo kao mehanički val, a u medicinskom smislu sve ono što pobuđuje ljudsko uho. Ljudsko uho može čuti zvuk frekvencija u rasponu od 16 Hz do 20 000 Hz, koje proizvode pojedina fizikalna tijela vibrirajući frekvencijama u odgovarajućem rasponu. Izvor zvuka, odnosno određena fizikalna tijela (poput napete strune) mehaničkim titrajima, koji se mogu opisati kao periodični, uzrokuju mijenjanje tlaka okolnog elastičnog medija sustava, narušavajući ravnotežni položaj, te uzrokuju pojavu longitudinalnih odnosno transverzalnih valova (2). U tekućem i plinovitom mediju zvuk se širi longitudinalno, dok se u krutinama širi transverzalno. Kod longitudinalnog vala dolazi do brojnih zgušnjavanja i razrjeđenja čestica koje titraju u smjeru širenja samog vala u elastičnom mediju. Kod transverzalnog vala čestice titraju okomito u odnosu na smjer širenja istog (3). Slika 1 prikazuje razliku između dva prethodno navedena vala. Zvuk se pomoću titranja čestica prenosi s izvora u okolinu. Što smo udaljeniji od izvora zvuka, čestice su manje pobuđene i smanjuje se razina zvučnog tlaka. Znanost koja proučava nastajanje zvuka, širenje valova zvuka u različitim medijima i detekciju zvuka naziva se akustika.

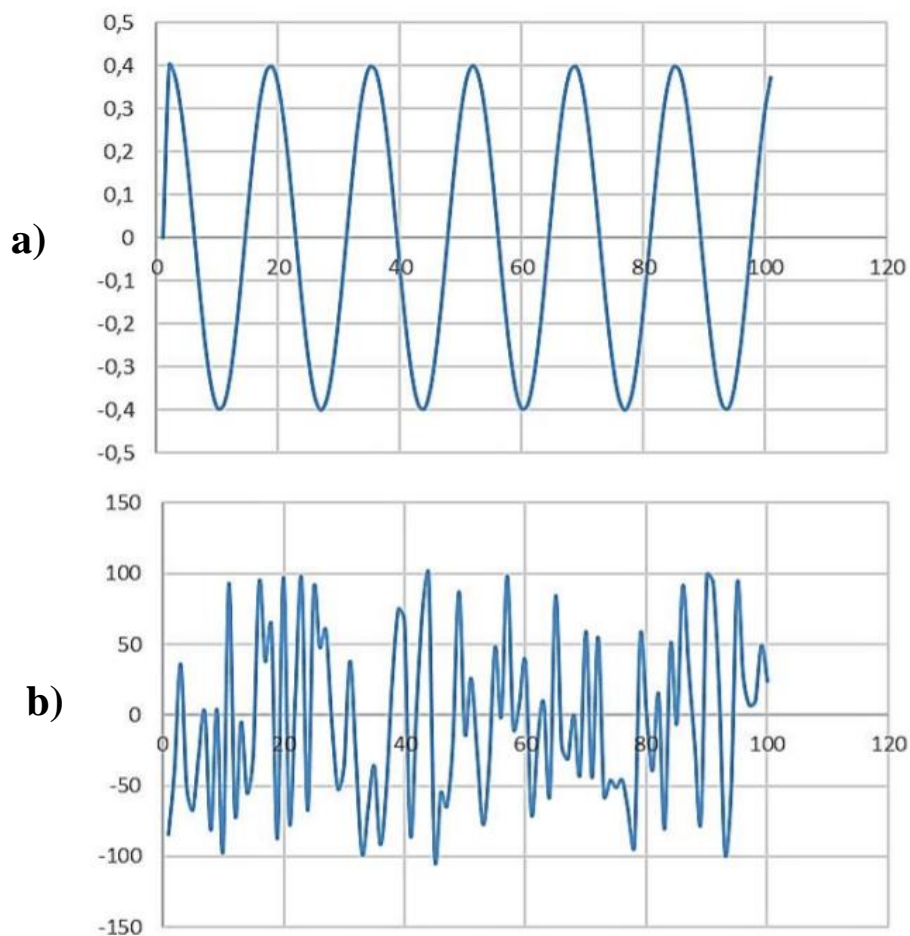


**Slika 1.** Prikaz longitudinalnog i transverzalnog vala. Preuzeto s Geogebra (4)

### 2.1.1 Vrste zvuka

Zvukovi mogu biti jednostavni kao što je čisti ton i složeni. Čisti ton nastaje kada je frekvencija titranja konstantna. Takvi zvukovi su vrlo rijetki u prirodi. Možemo ih proizvesti na primjer glazbenom vilicom. Glazbena vilica koja se pobudi na titranje titra harmonijski pa se čisti ton koji tako nastaje može prikazati sinusoidom (Slika 2.a). Više različitih frekvencija sadržane su u složenom tonu. Složene tonove opisujemo kao kompleksne mješavine promjena tlaka koje se mijenjaju s obzirom na amplitudu, fazu i učestalost. Šum je posljedica potpuno nepravilna titranja (Slika 2.b).

Nepravilno titranje, koje se sastoji od nadzvučnih te zvučnih valova koji su izazvani vibracijama u nekom mediju naziva se šum (2). Kod vibracija šuma ne postoji pravilan odnos između amplitude faze i frekvencije. U ljudskom okruženju šum je posvuda prisutan, a snažan šum je buka (5).

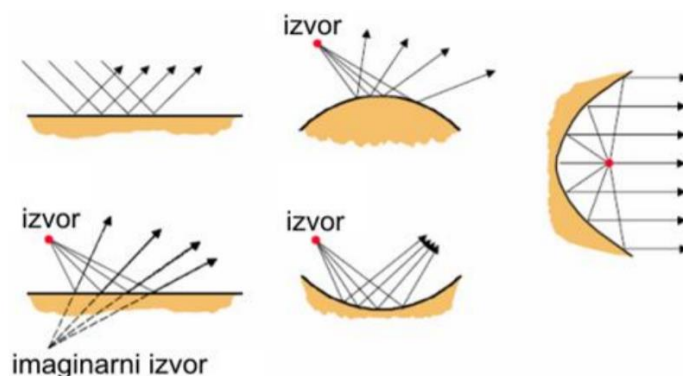


**Slika 2.** Grafički prikaz čistog tona (a) i šuma (b) (2).

### 2.1.2 Pojave kod širenja zvuka

Osnovne pojave koje se javljaju kada se medijem širi zvučni val slične su kao i kod ostalih vrsta valova, a to su:

1. Refleksija - kada se val susretne s preprekom dolazi do nagle promjene smjera širenja vala, jedan dio vala se apsorbira na granici između dva sredstva, a ostatak se reflektira. Ravan val, koji se kreće zrakom, može se reflektirati natrag ukoliko upada na površinu okomitu u odnosu na smjer širenja (2). Kod vala koji prelazi iz jednog sredstva u drugo, dio zvučne energije prelazi u drugo sredstvo, ostatak se reflektira. Koeficijent apsorpcije govori nam koliko se zvučne snage u odnosu na ulaznu snagu pojedinog vala apsorbira u određenim materijalima na koje naiđe zvučni val. Različiti materijali imaju različite koeficijente apsorpcije, koje nam je potrebno poznavati u građevini, zbog pravilne izolacije (6).



**Slika 4.** Prikaz refleksije kuglastog i ravnog vala. Preuzeto s Jambrošić (7)

2. Difuzija – nastaje kada se val reflektira na neravnoj prepreci (2).
3. Raspršenje ili disperzija – njenu pojavu uzrokuju različite brzine širenje zvuka ovisno o frekvenciji (8).
4. Lom ili refrakcija vala - pojava kod koje dolazi do zakretanja vala, zato što se u različitim sredstvima val širi različitim brzinama (2).
5. Ogib ili difrakcija – pojava kod koje zvučni val može zaobići prepreku na njegovu putu širenja ukoliko je valna duljina značajno veća od prepreke. Ukoliko je valna duljina manja od prepreke, iza prepreke nastaje zvučna sjena (2). Ogib je vrlo česta pojava, zato

što ne postoji idealna zvučna sjena koja posjeduje amplitudu zvučnog tlaka 0 Pa, odnosno beskonačno dB (6).

6. Uvijanje zvučnog vala – pojava kod koje dolazi do mijenjanja smjera ekspanzije vala, koja se javlja pod djelovanjem atmosferskih čimbenika. Najčešće uzrok uvijanja zvučnog vala je utjecanje vjetra, ali može nastati i zbog promjene temperature (2).
7. Prigušenje ili apsorpcija – javlja se kada intenzitet zvuka slabi prilikom prolaženja kroz pojedino sredstvo ili iznad pojedine površine (2).

## 2.2 Razina zvučnog tlaka

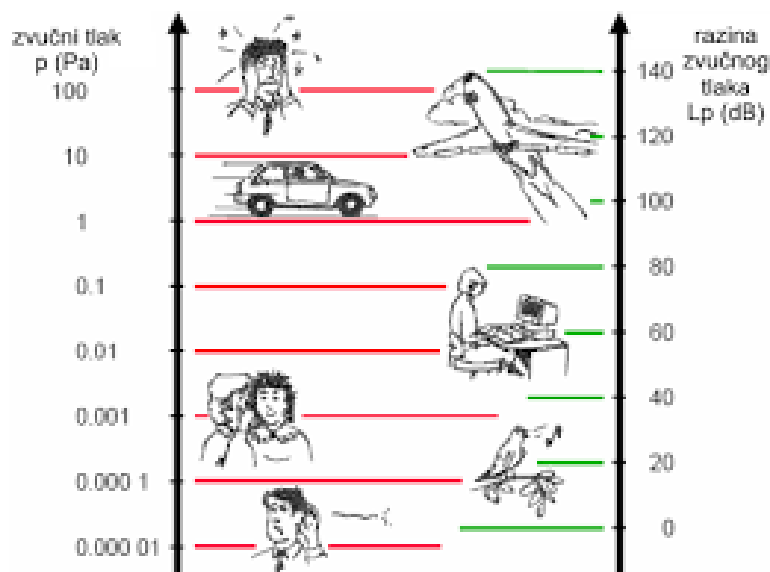
Zvučni tlak je ono što ljudsko uho čuje kao zvuk. Možemo ga opisati kao razliku između statičkog i trenutnog ukupnog tlaka. Kada atmosferski tlak u nekom dijelu, odnosno točki odstupa od svoje vrijednosti u ravnoteži javlja se zvuk. Zvučni tlak iskazujemo u paskalima (Pa). Raspon dinamičkog zvučnog tlaka koje ljudsko uho može registrirati kreće se od 20  $\mu$ Pa, što nazivamo prag čujnosti pri frekvenciji od 1000 Hz te je registriran kao referentna vrijednost od međunarodne organizacije za standardizaciju, pa sve do 20 Pa, odnosno granice boli. Raspon zvučnog tlaka koji pojedinci mogu čuti varira zbog starosti, izloženosti buci te oštećenju sluha (6). Radi izrazito velikog raspona zvučnog tlaka koje ljudsko uho može čuti uvedena je prilagođena mjerna veličina razina jakosti zvuka ( $L$ ) koja se izražava u decibelima (dB). Decibel je logaritamska mjera omjera dviju veličina. Razinu zvučnog tlaka ( $Lp$ ) koja je iskazana u decibelima (dB), mjerimo pomoću mjerača razine zvuka, te ju opisujemo sljedećom formulom:

$$L = 20 \cdot \log_{10} \left( \frac{p_1}{p_2} \right) \quad (1)$$

kod koje je :  $p_1$  – stvarni zvučni tlak [Pa]

$p_2$  – referentni zvučni tlak; pri 1 kHz

$p_0 = 20 \mu\text{Pa}$  - prosječni prag čujnosti pri frekvenciji 1000 Hz



**Slika 5.** Izrazito širok raspon zvučnog tlaka od  $10^7$  Pa koje ljudsko uho može percipirati, se pomoću raspona razine zvučnog tlaka može prikazati od 0 do 130 dB. Preuzeto s Elektroakustika i audiotehnika (9).

### 2.3 Zvučni intenzitet i razina zvučnog intenziteta

Intenzitet zvuka (oznaka  $I$ ) ili jakost zvuka je fizikalna veličina koja označava količinu mehaničke energije koja prođe u jednoj sekundi kroz plohu površine  $1 \text{ m}^2$ , koja je u okomitom položaju u odnosu na smjer širenja zvuka (10). Mjeri se pomoću senzora koji istovremeno mogu mjeriti tlak, ali i brzinu titraja čestica nekog sredstva, na temelju lokalnih promjena temperature mjesta mjerenja. Mjerna jedinica za ovu fizikalnu veličinu je vat po metru kvadratnom. Zvučni intenzitet računamo pomoću sljedeće jednadžbe:

$$I = \frac{p^2}{\rho_0 c} \quad (2)$$

$p$  – zvučni tlak

$\rho_0$  – gustoća zvuka

$c$  – brzina zvuka u zraku

Razina zvučnog intenziteta (oznake  $LI$ ), koja se iskazuje u decibelima prikazuje se sljedećom jednadžbom:

$$LI = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad (3)$$

$I$  – intenzitet zvuka [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]

$I_0$  – referentni zvučni intenzitet =  $10^{-12}$   $\text{W}/\text{m}^2$

## 2.4 Buka

U današnjem društvu buka je jedan od najvećih zagađivača okoliša. Definiramo ju kao glasni zvuk, za ljude izrazito neugodan ponekad čak i bolan, na koji se ljudsko uho nije sposobno priviknuti, te može imati loše posljedice po ljudsko zdravlje i sluh. Buku možemo opisati i kao svaki zvuk koji prelazi najviše dopuštene granice, koje su određene europskim i hrvatskim pravilnicima na mjestima gdje ljudi žive i rade ovisno o mjestu i vremenu nastajanja (11). Buka je prisutna svuda oko nas, proizvode ju brojni strojevi, industrije, promet, ali i ljudi sami (2). Dokazano je da ljudi u različitim situacijama različito doživljavaju istu razinu buke, tako naprimjer ljudima neće smetati buka koju sami proizvode toliko koliko bi im smetalo da istu razinu buke proizvodi netko drugi (5). Nadalje, ljudima će manje smetati prirodna buka, odnosno neizbježna buka kao što je npr. žuborenje slapa, u odnosu na umjetno proizvedenu buku, npr. od prometa. Dugotrajnim izlaganjem svakom zvuku koji prelazi 85 - 90 dB riskiramo svoje zdravlje, ponajviše sluh. Fizički gledano, buku možemo opisati kao zvuk koji je nastao nepravilnim i periodičkim titranjem čestica u zraku. Temeljne karakteristike buke sadržane su u njezinom intenzitetu odnosno jačini, ali također i u njezinoj visini, isprekidanosti ili kontinuitetu, trajanju i dodatnim šumovima (5).

### 2.4.1 Vrste buke

Buku koja je prisutna u našoj okolini dijelimo u 4 kategorije: kontinuirana, isprekidana, impulzivna i niskofrekventna (11, 12). U nastavku ćemo opisati svaku od njih te njihove načine mjerenja.

#### 2.4.1.1 Kontinuirana buka

Kontinuirana odnosno trajna buka nalazi se svuda oko nas. Kontinuirana buka dolazi od objekata ili strojeva koji rade bez prekida. Ti su zvukovi uočljivi i prate nas kamo god se

krećemo. Obilježje kontinuirane buke je nepromijenjenost razine zvučnog tlaka i spektar frekvencija na pojedinom mjestu kroz vrijeme. Kao primjer ove vrste buke možemo navesti velike strojeve u tvornicama koji kontinuirano rade na održavanju dosljednosti proizvodnje. Kontinuiranu buku također proizvode automobilski motori te ventilacije i grijanja.

Kod mjerenja kontinuirane buke, dovoljno je mjeriti mjeračem razine zvuka samo nekoliko minuta da bi dobili dovoljan prikaz razine buke.

#### *2.4.1.2 Isprekidana buka*

Povremena buka je najčešći oblik buke. Kod nje dolazi do promjene razine buke koja se brzo povećava i smanjuje, odnosno na pojedinom mjestu dolazi do promjene spektra frekvencije i razine zvučnog tlaka kroz određeni vremenski period. Povremenu buku može uzrokovati vlak koji prolazi tračnicama, tvornička oprema koja radi u ciklusima ili zrakoplovom koji polijeće.

Povremenu buku mjerimo na sličan način kao i kontinuiranu, pomoću mjerača razine zvuka. Međutim, u ovom slučaju potrebno je znati trajanje svakog pojavljivanja i vrijeme između svakog. Da bi dobili što precizniju i pouzdaniju procjenu razine buke potrebno je izračunati prosjek od više pojavljivanja određene razine buke.

#### *2.4.1.3 Impulzivna buka*

Impulzivna buka događa se iznenada te iako je kratkotrajna ima izrazito visok zvučni tlak. Najčešće se povezuje s građevinskom industrijom i rušenjem. Ovi iznenadni rafali buke mogu uzrokovati zaprepaštenje svojom silinom i iznenađujućom prirodom u inače relativno tihom okruženju te mogu uzrokovati oštećenje sluha. Iznenađujući prasak ili zvuk koji tjera ljude da podignu pogled kako bi vidjeli što se događa. Impulzivne zvukove obično stvara građevinska oprema, ali ova vrsta buke je također česta u restoranima dok konobarima ili konobaricama slučajno ispadne posuđe na tlo.

Impulzivnu buku mjerimo pomoću mjerača razine zvuka koji može zabilježiti granične vrijednosti.

#### *2.4.1.4 Niskofrekventna buka*

Niskofrekventna buka sastavni je dio našeg svakodnevnog zvučnog pejzaža i zbog toga smo naučeni na nju te ju ni ne registramo ukoliko naša pozornost nije usmjerena na nju. Bilo da se radi o niskom pozadinskom brujanju obližnje elektrane ili tutnjavi velikih dizelskih motora, stalno smo izloženi niskofrekventnoj buci. To je najteža vrsta buke za smanjenje na izvoru pa se lako može širiti kilometrima uokolo, naizgled tiha soba bilježi razinu zvuka oko 30-40 dB.



### **3. PRAVILNICI, PROPISI, NORME O ZAŠTITI OD BUKE U REPUBLICI HRVATSKOJ**

U Republici Hrvatskoj postoje pravilnici kojima su propisane dopuštene razine buke. Ti pravilnici su u skladu s zakonima Europske unije te zadovoljavaju europske kriterije. Pravilnikom o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (13) definirani su uvjeti rada koji moraju biti zadovoljni, radi zaštite zdravlja te sigurnosti radnika. Zahtjevi koje nalaže ovaj pravilnik primjenjuju se u poslovima gdje radnici jesu ili mogu biti izloženi opasnostima uzrokovanim bukom. U tablici 1. su navedene maksimalne dopuštene razine buke pri obavljanju određenog posla. U tablici 2. navedene su najviše dopuštene razine buke na mjestima gdje ljudi žive i borave ovisno o dobu dana. One su određene Pravilnikom o najvećim dopuštenim razinama buke u sredinama u kojima ljudi borave i rade (14). Štetan utjecaj buke ovisi i o duljini trajanja izloženosti buci. U tablici 3. navedeno je koliko je maksimalno vremenski dopušteno izlaganje određenoj razini buke, bez štetnih posljedica za zdravlje (11).

**Tablica 1.** Dopuštene razine buke s obzirom na vrstu djelatnosti. Preuzeto iz: Pravilnika o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (13) NN 46/2008.

R. br.	Opis posla	Najviša dopuštena razina buke LA, 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

a) Buka koja na radnom mjestu potječe od uređaja koji se koriste u proizvodnji

b) buka koja nastaje kao posljedica okolinskih uređaja (ventilacija) i prometa u radnom mjestu

Iduća tablica određuje najviše dopuštene razine buke u određenim zonama u zatvorenim i otvorenim prostorima u različite dobe dana.

**Tablica 2.** Pravilnik o najvećim dopuštenim razinama buke u sredinama u kojima ljudi borave i rade.

Preuzeto iz NN 145/2004 (14).

Zona buke	Namjena prostora	Najviše dopuštene ocjenske razine buke emisije u vanjskom prostoru $LRAeq$ u dB(A)		Najviše dopuštene ocjenske razine buke emisije u zatvorenom prostoru $LRAeq$ u dB(A)	
		Za dan ( $L_{dan}$ )	Za noć ( $L_{noć}$ )	Za dan ( $L_{dan}$ )	Za noć ( $L_{noć}$ )
1.	Zona namijenjena odmoru, oporavku i liječenju	50	40	30	25
2.	Zona namijenjena samo stanovanju i boravku	55	40	35	25
3.	Zona mješovite, pretežito stambene namjene	55	45	35	25
4.	Zona mješovite, pretežito poslovne namjene sa stanovanjem	65	50	40	30
5.	Zona gospodarske namjene (proizvodnja, industrija, skladišta, servisi)	– Na granici građevne čestice unutar zone buka ne smije prelaziti 80 dB(A) – Na granici ove zone buka ne smije prelaziti dopuštene razine zone s kojom graniči		40	30

**Tablica 3.** Dopušteno izlaganje određenoj razini buke dnevno izlaganje u satima razina buke u dB(A), Preuzeto iz Rimac (11).

Broj sati	Buka u dB
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1,30	102
1	105
30 min	110
15 min ili manje	115

## 4. UTJECAJ BUKE NA ČOVJEKA

Buka je glavni uzrok nelagode u okolišu i negativno utječe na kvalitetu života velikog dijela stanovništva. Osim toga, uzrokuje zdravstvene i kognitivne učinke, koji iako skromni, mogu biti važni uzevši u obzir broj ljudi koji su sve više izloženi buci. Više od 80 milijuna ljudi diljem Europe svakodnevno je izloženo štetnom utjecaju buke, odnosno buci višoj od preporučenih vrijednosti (15). Buka je sveprisutna, s njom se susrećemo na radnom mjestu, mjestu stanovanja pa čak i u prirodi. U zatvorenim prostorima najveći proizvođači buke su kućanski aparati, servisni uređaji, zvučnici, dok buka na otvorenom najviše potječe od industrija, raznih građevinskih radova, zabavnih i sportskih manifestacija. Najbitniji uzrok buke je promet, u gradovima prometna vozila stvaraju 80% buke, koja na prometnim raskrižjima može iznositi do 90 dB (2).

### 4.1 Osjetljivost pojedinca na buku

Odgovor pojedinca na buku ovisi o njegovim osobnim karakteristikama kao što su dob, stanje sluha te osjetljivost slušnog organa pojedinca. Nadalje utjecaj buke ovisi i o karakteristikama buke kao što su intenzitet, snaga te vrijeme i duljina izloženosti istoj. Iz toga možemo zaključiti da svaka individua drugačije percipira jednaku buku, odnosno da ista buka može uzrokovati različite tegobe u različitim ljudima (15). Utjecaj buke na pojedinca očituje se u fizikalnom, socijalnom, psihičkom području, te može uzrokovati: oštećenje slušnog organa, smetnje prilikom komunikacije, umor, nemogućnost potpune koncentracije i uznemiravanje (11). Oštećenje sluha odvija se u dvije faze. U početnoj fazi osobe ne moraju biti svjesne svoga problema zbog toga što organ sluha djeluje zdravo i ne javljaju se primjetni problemi. Ta faza oštećenja sluha javlja se obično u području frekvencije od 4000 Hz i naziva se faza početne akustičke traume (15). Ukoliko problem nije zamijećen te je osoba i dalje izložena buci, dolazi do nastanka nepopravljive štete sluha, faze trajne naglušnosti. Zbog različite osjetljivosti na buku, kod pojedinaca se naglušnost javlja brzo, dok kod nekih osoba oštećenje sluha je jedva zamjetno čak i nakon dugogodišnjeg izlaganja. Osim naglušnosti, buka može uzrokovati potpunu gluhoću, zbog ne mogućnosti regeneracije slušnih stanica. Ljudsko uho tvore 3 dijela vanjsko (usna školjka), srednje i unutarnje uho. Kroz slušni kanal zvuk ulazi u uho, potom dolazi do unutarnjeg uha gdje se preko dlačica, koje se tamo nalaze, pretvara u živčani impuls

koji mozak registrira i prepoznaje. Veliki intenzitet zvuka koji traje kroz duži period može uzrokovati trajni gubitak sluha. Prilikom kratkotrajnog izlaganja velikoj buci može doći do privremene gluhoće, koja ubrzo nestaje te ponovo možemo čuti buku niže razine u tišem prostoru (11).

## **4.2 Izravne i neizravne posljedice za zdravlje**

U izravne posljedice buke na zdravlje ljudi ubrajamo oštećenja sluha, gluhoću, šumove u ušima, brojne poremećaje povezane s komunikacijom, vrtoglavice, probleme s ravnotežom koji nastaju kao posljedica djelovanja buke na unutrašnje uho (centar za ravnotežu), a uzrokuju zanošenje i nemogućnost sigurnog hoda (11).

Neizravne posljedice utječu na krvožilni, moždani, endokrini i probavni sustav. Buka ometa izvršavanje složenih zadataka, mijenja društveno ponašanje i izaziva nervozu i ostale psihičke reakcije. Uzrokuje probleme i pogriješke pri rješavanju svakodnevnih aktivnosti, ponajviše onih za čije je rješavanje potrebna velika mentalna aktivnost. Buka izaziva smetnje kod djece i odraslih, a smetnja uzrokuje stresne reakcije te moguću kasniju bolest. Agresivnost te ponekad i društvena izolacija, kao posljedica buke javljaju se zbog otežanog komuniciranja (16, 17).

Studije koje su proučavale izloženost profesionalnoj buci pronašle su povezanost s pojavom hipertenzije, poremećaja frekvencije pulsa i disanja, dok su studije koje su proučavale zajednicu pokazale slabu povezanost između buke i kardiovaskularnih bolesti. Ukoliko buka prelazi 60 dB veći je rizik za pojavu infarkta miokarda.

Izloženost zrakoplova i buke u cestovnom prometu povezani su s psihološkim simptomima i upotrebom psihotropnih lijekova, ali ne i s pojavom klinički definiranih psihijatrijskih poremećaja.

Buka ima veliki utjecaj na san. Ukoliko su ljudi izloženi buci prilikom spavanja dolazi do poremećaja u kojem se skraćuje REM faza sna. Dokazano je da su na buku prilikom spavanja najosjetljiviji stari ljudi, a najmanje smeta djeci. Nadalje u laboratorijskim istraživanjima gdje su ispitanici bili izloženi prometnoj buci prilikom kratkotrajnog istraživanja, dokazano je da buka remeti njihov san, dok su druga istraživanja dokazala da kod ljudi koji su duže vrijeme izloženi istoj prometnoj buci zbog mjesta stanovanja, došlo do prilagodbe (16).

Buka potiče žlijezde s unutarnjim izlučivanjem na povećano lučenje kortizola, gonadotropina te kateholamina (adrenalina i noradrenalina).

Kod djece, izloženost buci, koju uzrokuje zračni i cestovni promet, utječe na smanjenje razumijevanja čitanja i otežava pamćenje (16, 17).

## 5. ZAŠTITA OD BUKE

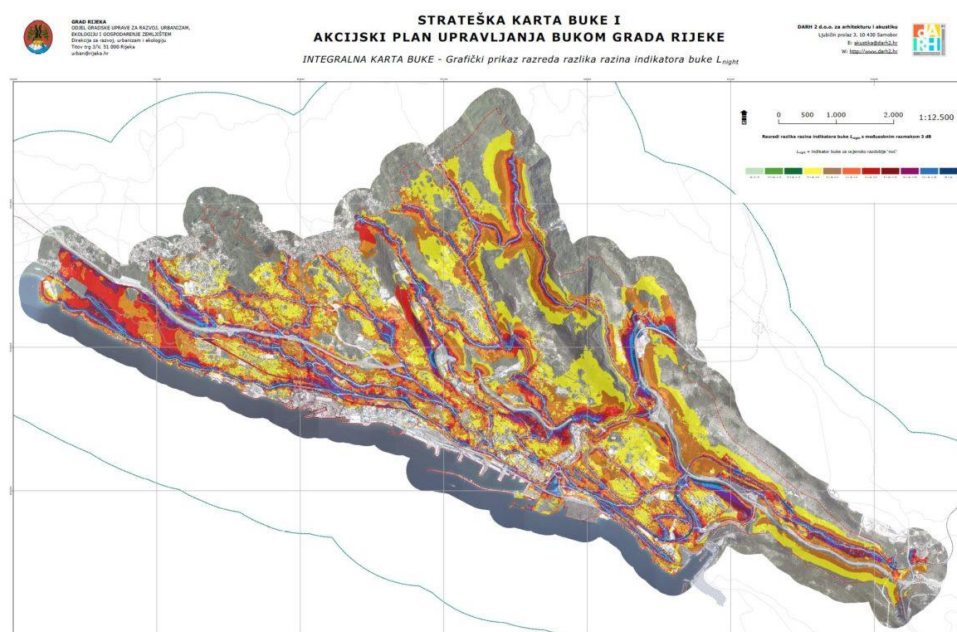
Zaštita od buke provodi se u skladu sa Zakonu o zaštiti od buke (18). U tom zakonu navedene su mjere s čijim se danonoćnim provođenjem izbjegava, smanjuje ili sprječava nastanak štetnih učinaka koje uzrokuje buka na zdravlje ljudi, odnosno spušta se razina buke na dopušteni nivo. Tri glavna postupka u provođenju ovog zakona su:

1. izraditi karte buke za određeno područje,
2. osigurati javnost tih podataka,
3. izrada akcijskih planova kojima se buka spušta na dozvoljenu razinu.

Ovim zakonom upravlja se i kontrolira buka kojoj su izloženi ljudi u urbanim i izgrađenim područjima, potom tihim područjima u prirodi, u naseljima (kao što su parkovi), kraj škola, bolnica te ostalih područja i zgrada koji ne toleriraju buku.

Stavke ovog zakona ne odnose se na buku koju proizvodi osoba koja je izložena istoj, buku koju stvaraju kućanski uređaji, domaće i divlje životinje, buku iz stanova, na radnim mjestima, buku koja se širi iz vozila.

Nadzor nad poštivanjem mjera provode Sanitarni inženjeri (18).



**Slika 6.** Karta buke grada Rijeke, Preuzeto s mrežne stranice Grad Rijeka, dostupno na:

<https://www.rijeka.hr/announcement/javni-uvjed-javna-rasprava-o-karti-buke-akcijskom-planu-upravljanja-bukom/> Zaštitne mjere



Mjere za zaštitu od buke možemo podijeliti u 4 skupine, a to su: organizacijske, organizacijsko-tehničke, građevinsko-planske i tehničke mjere. Organizacijskim mjerama utječe se na ograničavanje rada glasnih uređaja i omogućava se vrijeme za odmor i oporavak. Organizacijsko-tehničkim mjera snižavamo razinu buke odabirom kvalitetnih strojeva te provođenjem redovitih servisa i održavanja istih, okretanjem industrije ka mehanizaciji, robotizaciji i automatizaciji. Nadalje, bitno je planirati pravilan raspored pogonskih strojeva u određenom prostoru, odvajanje radnih mjesta i zaštićenih prostorija od izvora buke. Ove mjere ubrajaju se u građevinsko-planske mjere. Posljednju skupinu mjera čine tehničke mjere kojima se djeluje na izvoru buke (primarno: zamijeniti glasne radnje tihima i sekundarno: npr. ugrađivanje prigušivača, izolacija od vibracija), zatim na putu širenja buke izolacijom, apsorpcijom i prigušivanjem samog zvuka, te na kraju na mjestu prijema, korištenjem sredstava za osobnu zaštitu (19).

## 5.1 Zvučna izolacija

Zaštitu od buke možemo podijeliti na aktivnu i pasivnu. U aktivne mjere zaštite ubrajaju se sve one mjere i postupci koji su poduzeti prilikom projektiranja i izgradnje zgrade, dok se pasivnim mjerama smatra osobna zaštitna oprema, poput čepića, štitnika za uši i itd. (7).

Zvučna izolacija (prema ISO/DIS140/V iz 1976.) je svojstvo neke barijere u građevinskoj konstrukciji da spriječi prolazak zvučnog vala između prostorija i na taj način omogući ljudima nesmetan rad i život unutar građevine. Izolacijsku moć mjerimo u decibelima.

Da bi odredili izolacijsku moć neke barijere potrebno je izmjeriti razinu zvučnog tlaka u prostoriji gdje se nalazi izvor zvuka, te potom u prostoriji iza barijere. Osim navedenog potrebno je poznavati i vrijeme odjeka te kolika je apsorpcija u prostoriji nakon barijere (prijemna prostorija) (11). Izolacijsku moć računamo po dolje navedenoj formuli:

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

Gdje je:

-  $L_1$  = razina zvuka u prostoriji izvora zvuka

-  $L_2$  = razina zvuka u prostoriji nakon prelaska barijere

- $S$  = površina prijemne prostorije
- $A$  = apsorpcija prijemne prostorije
- $10 \log (S/A)$  = ispravak zbog apsorpcije

Zvučnu izolaciju dijelimo na onu koja štiti od udarne i onu koja sprječava prostornu buku. Udarne buku je ona koja se prenosi kroz konstrukciju, dok se prostorna buka prenosi zrakom.

Kao zvučna izolacija u građevini se najčešće koriste stiropor, mineralna vuna, guma, masa same konstrukcije (11).



**Slika 7.** Postavljanje zvučne izolacije na zidove-stiropor i staklena vuna.

## **5.2 Zaštita od buke na otvorenom**

Najveći onečišćivač bukom je promet, cestovni, željeznički i zračni. Zbog toga je potrebno smanjiti količinu buke koja dopire do urbanih sredina i negativno utječe na kvalitetu života (1).

Kako bi buka u naselju bila što manja potrebno je pravilno planirati naselja i prometnice, koristiti kvalitetne materijale prilikom izgradnje prometnica te izgraditi građevine kojima je

svrha štititi od buke. Izgradnjom tih građevina opterećenje bukom na štíćenom području se smanjuje do te mjere da više ne prelazi dopuštene vrijednosti.

U otvorenom prostoru postoje 3 vrste zvučnih prepreka, a to su zidovi, nasipi za zaštitu od buke te kombinacija zida i nasipa. Nasipi su izgrađeni od prirodnih materijala, kao što su kamen, zemlja, šljunak. Da bi nasipi bili stabilni potrebno ih je graditi pod nagibom te zbog toga oni zauzimaju više prostora od zidova. Zidovi odnosno bukobrani, mogu biti panelni, zidani, samostojeći betonski ili lijevani na mjestu postavljanja (7).

Uz prometnice za zaštitu od buke se najviše grade nasipi, nasipi s ugrađenim zidom, strmi nasipi i zidovi za zaštitu od buke (11).

Barijere na otvorenom se razlikuju po koeficijentu apsorpcije površine i dijelimo ih na transparentne i zvukopojne. Kroz transparentne zvuk ne može proći zato što ga u potpunosti reflektiraju. Pri njihovom postavljanju bitno je paziti na visinu istih jer zvuk se ogiba i prolazi iznad njih. Zvukopojne ploče imaju veliki koeficijent apsorpcije te se postavljaju uz izvor koji je okružen s više reflektivnih površina (7).



**Slika 8.** Reflektirajuće apsorbirajući bukobran uz autocestu Zagreb-Rijeka na ulazu u grad Rijeku.

### 5.3 Zaštita sluha

Kada buku nije moguće dovesti na prihvatljivu razinu nekim od gore navedenih postupaka, potrebno je radnicima omogućiti dostupnost i korištenje osobnih zaštitnih sredstava. Za zaštitu od različite razine buke koriste se različiti materijali, tako se za buku do 75 dB koristi zaštitna vata, do 85 dB čepići za uši, te štitnik za buku odnosno antifon za buku koja doseže vrijednosti do 150 dB (11).



**Slika 9.** Štitnik za uši (antifon), i čepići za uši.

## 6. MJERENJE BUKE

Buku mjerimo da bi došli do što točnijih i pouzdanijih podataka pomoću kojih ćemo stvoriti sliku neke situacije povezane s bukom koja će se koristiti kao vjerodostojna osnova u sljedećim istraživanjima. Buku je nadalje potrebno mjeriti da bi procijenili značajnost buke kao štetnog činitelja u nekoj komunalnoj sredini, bitno je poznavati razinu buke da bi se prilikom gradnje mogle koristiti nužne izolacije kako bi zagađenje ljudske okoline bilo sniženo na najmanje vrijednosti koje su moguće (21).

Buku mjerimo sukladno sa sljedećim odredB(A)ma:

- Pravilnika o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (13),
- Norma HRN ISO 9612: 2000 Akustika – Smjernice za mjerenje i utvrđivanje izloženosti buci u radnoj okolini (ISO 9612:1997),
- Norme HRN ISO 1999: 2000 Akustika – Određivanje izloženosti buci pri radu i procjena oštećenja sluha izazvanog bukom (ISO 1999:1990)

### 6.1 Uređaji za mjerenje buke

Mjerač razine zvuka, odnosno bukomjer je mjerni instrument koji se koristi za procjenu buke ili razine zvuka mjerenjem zvučnog tlaka. Pomoću mikrofona zvuk se detektira i potom pretvara u neku drugu energiju, najčešće električni signal. Često se naziva i mjerač razine zvučnog tlaka (SPL), mjerač razine zvuka u decibelima (dB), mjerač šuma ili dozimetar buke. Aparat za mjerenje razine zvuka koristi mikrofona za snimanje zvuka. Zvuk se zatim procjenjuje unutar mjerača razine zvuka, a akustičke mjerne vrijednosti prikazuju se na zaslonu mjerača razine zvuka. Najčešće se razina intenziteta zvuka izražava u decibelima (dB). Različiti mjerači imaju različite mogućnosti, mogu mjeriti u različitim intervalima, različitim mjernim jedinicama, također primljeni signal mogu analizirati statistički ili frekventivno ovisno o problemu (19).

Bukomjere možemo grupirati u 4 skupine prema sljedećim standardima: IEC 651 – 1979, IEC 804 – 1985, ANSI S1.4 – 1983 i AS 1259 – 1982. Skupine predstavljaju sljedeće (11):

- Tip 0: reference koje služe za kalibraciju drugih bukomjera
- Tip 1: precizni bukomjeri, koriste se u laboratoriju ili na terenskom radu

- Tip 2: bukmjeri za opću svrhu, koriste se za terenska mjerenja, snimanje razine buke koje se potom koriste za bližu analizu frekvencije.
- Tip 3: bukmjeri koji se koriste za istraživanja, procjenu propisnosti uvjeta buke u okoline

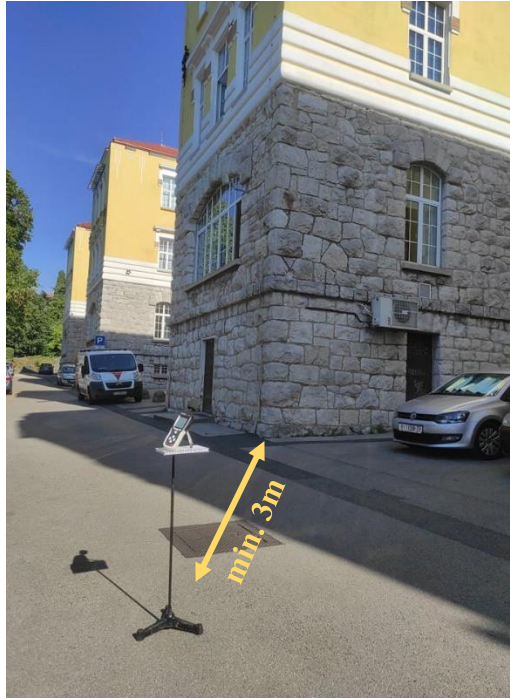
## 6.2 Postupci za pravilno mjerenje buke

1. Mikrofon kojim mjerimo duže vrijeme, mora biti postavljen na visinu od 1,2 - 1,5 m iznad tla pomoću stalka (21).



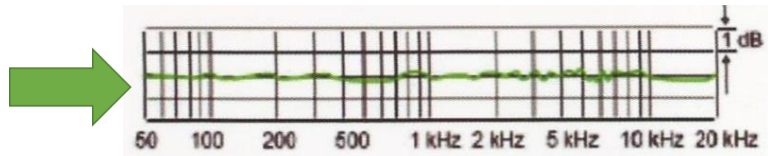
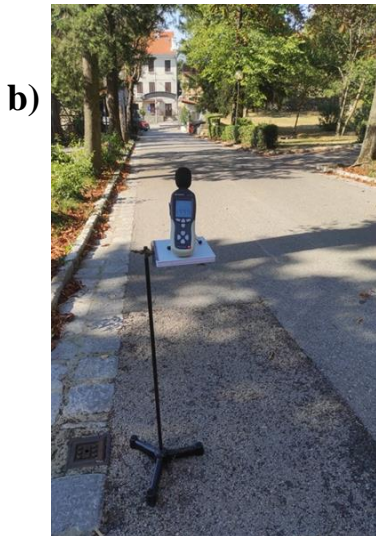
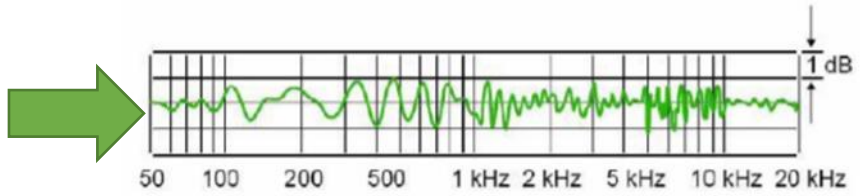
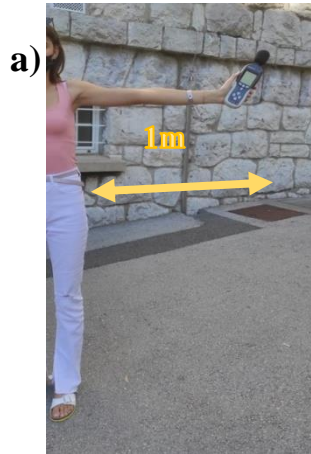
**Slika 10.** Pravilno postavljen mikrofon iznad tla za mjerenje buke.

2. Ako se mjerenje provodi na otvorenom bitno da je mjerač bude udaljen najmanje 1,5 m od fasade i 3,5 m od objekta zbog što manjeg utjecaja refleksije zvuka na mjerenje (21).



**Slika 11.** Pravilno postavljen mjerač razine buke na otvorenome.

3. Operater koji mjeri buku mora biti odmaknut od samog bukomjera, zbog mogućeg negativnog utjecaja na isti. Uređaj treba biti postavljen na stalak (21).



**Slika 12.** Negativni utjecaj operatera na mjerenje buke (a). Za Pravilno mjerenje buke bukomjer postavljen na stalak (b).



## 7. SVRHA RADA

Svrha ovog znanstvenog rada bila je izmjeriti buku koju uzrokuje cestovni promet na dvije lokacije u općini Čavle, koja se nalazi u blizini grada Rijeke. Željeli smo utvrditi je li razina buke u dozvoljenim granicama koje su propisane zakonom.

Razinu buke uz autocestu A6 (Zagreb – Rijeka) željeli smo izmjeriti u vrhuncu turističke sezone to jest krajem srpnja i početkom kolovoza 2021. godine. Mjerenja smo odlučili vršiti pokraj mosta koji premošćuje autocestu u mjestu Soboli. Ovu lokaciju odabrali smo zato što se u blizini nalazi izlaz s autoceste Zagreb - Rijeka te zbog toga mnogobrojni turisti, koji stižu iz unutrašnjosti zemlje na Kvarner prolaze tim putem. Za mjerenje razine buke uz gradsku prometnicu odabrali smo lokaciju uz samu glavnu cestu koja prolazi kroz mjesto Čavle, 400 metara udaljenu od osnovne škole „Čavle“ u smjeru Dražica. Cilj nam je bio pratiti promjenu razine buke uzrokovane cestovnim prometom kroz dan.

Analizom rezultata mjerenja željeli smo utvrditi postoji li potreba za postavljanjem zaštite od buke na navedenim lokacijama.

## 8. MATERIJALI I METODE

### 8.1 Uređaj koji je korišten za mjerenje buke

Za mjerenje buke u ovom radu koristili smo se bukomjerom marke Voltcraft SL-451. Model SL-451 pakiran je, zajedno s ostalim osnovnim dijelovima u plastičnom kovčegu. Osnovni dijelovi uređaja su: mikروفon, ekran, tipkovnica, zaštita mikrofona od vjetra (spužvasta zaštita), kućište s baterija od 9 V, USB kabel, punjač za bateriju. Bukomjer ima mogućnost pohrane 32 000 podataka, koje je spajanjem na računalo moguće obraditi u programu koji se dobije uz sam uređaj. Ima mogućnost mjerenja buke u rasponu od 30 do 130 dB s točnošću od +/- 0,1 dB, u brzom ili sporom načinu ovisno kakav zvuk snimamo. Brzi način se koristi za snimanje impulzivne buke, npr. prilikom snimanja metka. U ovom radu smo pomoću sporog načina snimali šumove koje proizvodi promet. Uređaj smo postavili na različite lokacije na kojima buka može uzrokovati smetnje ljudima. Pratili smo promjenu buke na istom mjestu, ali različitim danima u tjednu od 27. 07. 2021. do 01. 08. 2021. te u različitim periodima dana 18. 08. 2021. Moje istraživanje najviše je bilo usmjereno na mjerenje buke koju uzrokuje cestovni promet. Buku sam mjerila uz autocestu i gradsku cestu. Bukomjer je bilježio buku određenog mjesta svakih 10 sekundi u određenom periodu mjerenja. Po završetku mjerenja uređaj smo spojili na računalo te obradili snimljene podatke pomoću MS-Excel programa.



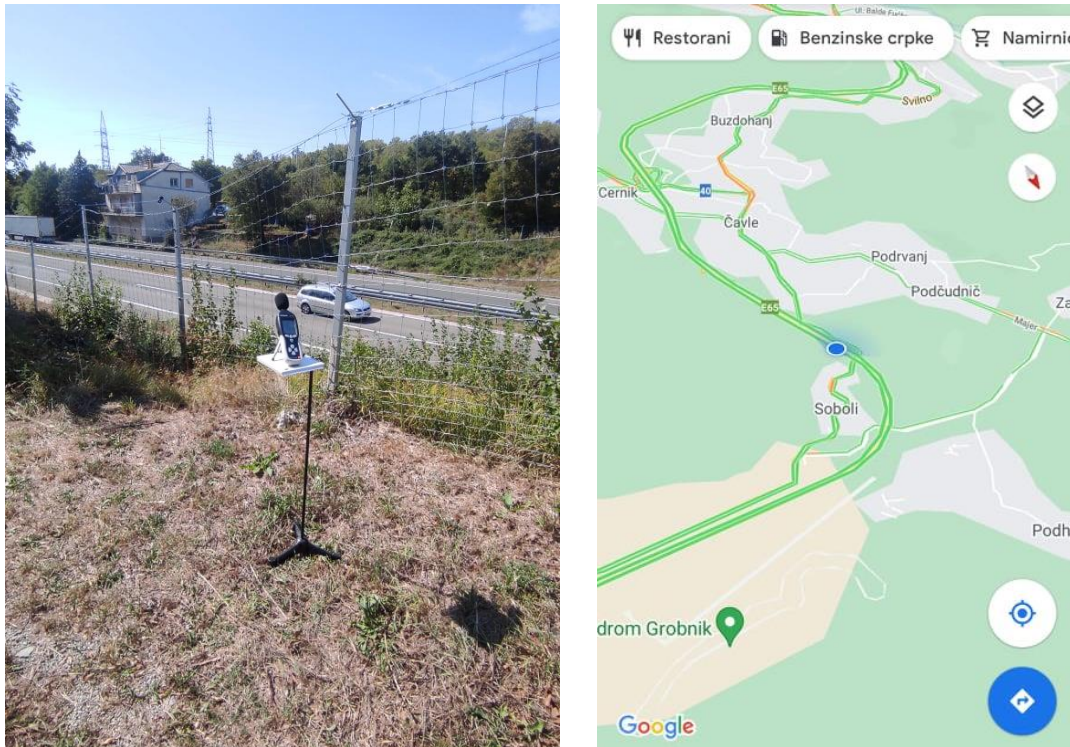
**Slika 13.** Uređaj koji smo koristili za mjerenje buke.

## 8.2 Lokacije na kojima je vršeno mjerenje

Naša mjerenja provodili smo na dvije lokacije koje se nalaze u općini Čavle, nedaleko od grada Rijeke.

### 8.2.1 Soboli

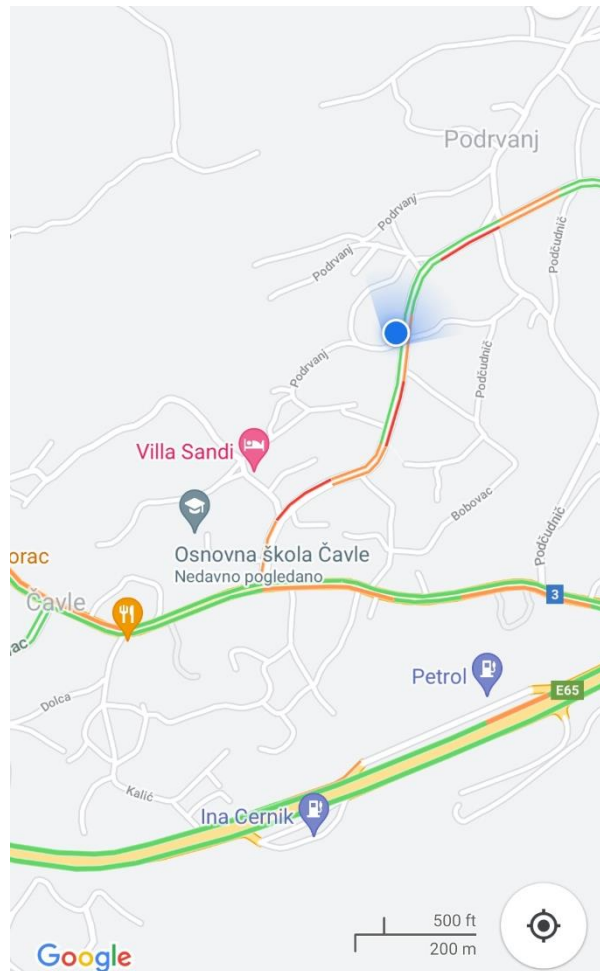
Mjerenje uz autocestu A6 proveli smo na lokaciji u mjestu Soboli. Na slici 14. možemo vidjeti točnu poziciju mjerenja na karti. Smjestili smo se pokraj mosta koji prelazi iznad autoceste. Ovu lokaciju odabrali smo zbog toga što je na tom mjestu velika frekvencija prometa, naročito u vrijeme turističke sezone. Naime, u blizini se nalazi izlaz s autoceste Zagreb-Rijeka te zbog toga svi turisti koji iz unutrašnjosti dolaze na Kvarner moraju proći ovom cestom. Ova lokacija također nam je bila zanimljiva zato što se kuće nalaze na vrlo maloj udaljenosti od navedene autoceste.



**Slika 14.** Pozicija bukromjera uz autocestu (lijevo), prikaz lokacije na karti (desno).

### 8.2.2 Čavle

Druga lokacija na kojoj smo vršili mjerenje bila je u mjestu Čavle u naselju Podrvanj uz glavnu prometnicu, koja prolazi tim mjestom. Točna lokacija prikazana je na karti na slici 15. Lokacija na kojoj je vršeno mjerenje nalazila se na 400 metara udaljenosti od osnovne škole Čavle, u smjeru Dražica. Bukomjer je bio smješten u dvorištu privatne kuće te smo svakih sat vremena, dana 18. 08. 2021. mjerili razinu buke na ovoj lokaciji. Ovu lokaciju odabrali smo zato što se nalazi uz prometnicu na kojoj se može pratiti promjena gustoće prometa kroz dan.

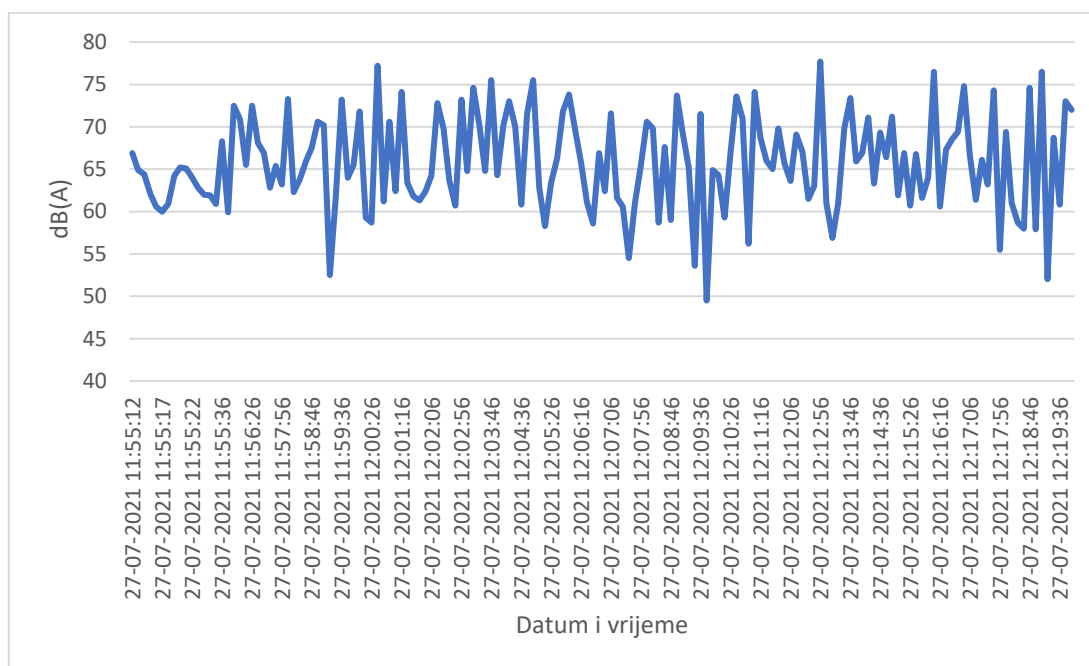


**Slika 15.** Lokacija mjerenja u mjestu Čavle prikazana na karti.

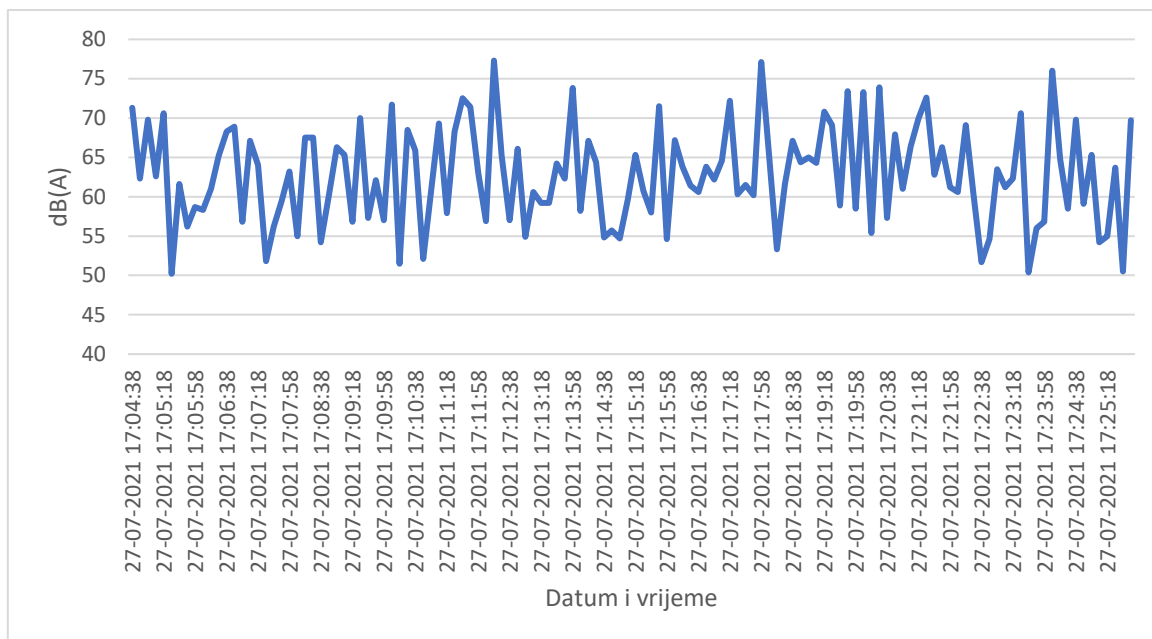
## 9. REZULTATI

### 9.1 Rezultati mjerenja buke uz autocestu, mjesto Soboli.

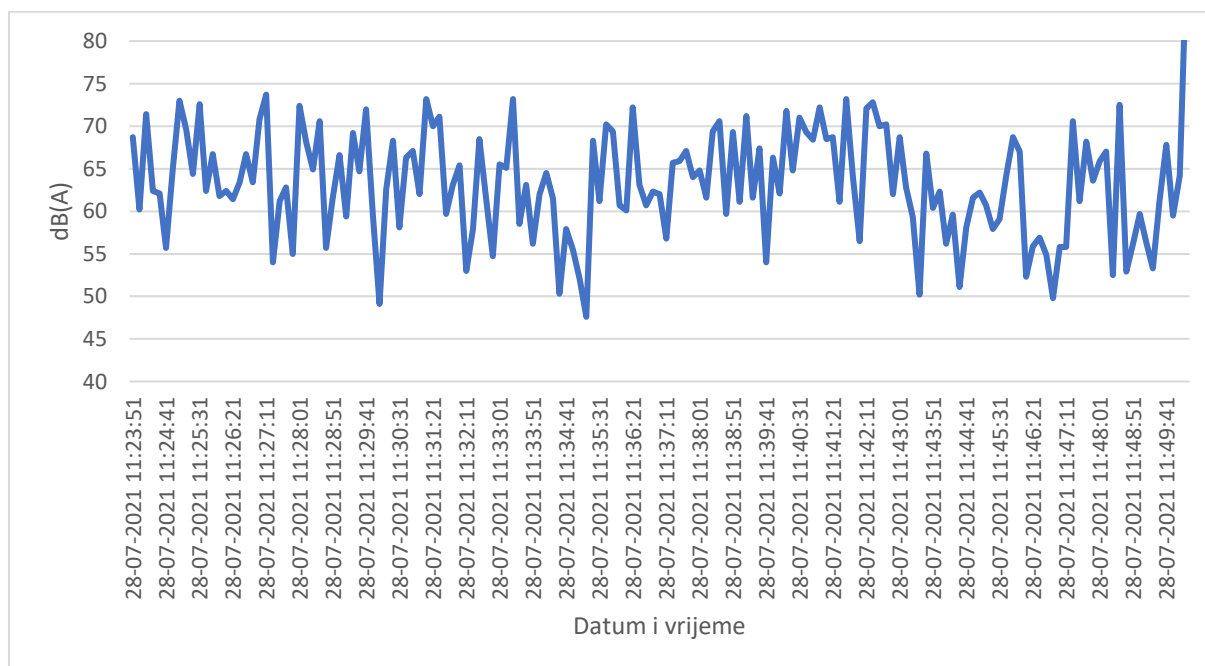
Rezultati mjerenja buke u utorak 27. 07. 2021., na lokaciji uz autocestu A6 u mjestu Soboli prikazani su na slikama 16. i 17. Slika 16. prikazuje nam da je maksimum mjerenja u utorak ujutro postignut u 12:12 sati i iznosio je 77,7 dB(A). Aritmetička sredina izmjerenih razina buke za utorak ujutro iznosila je 66,4 dB(A). Aritmetička sredina svih provedenih mjerenja u utorak poslijepodne, koje nam prikazuje slika 17., iznosila je 63,3 dB(A), a maksimalna razina buke izmjerena je u 17:12 sati a iznosila je 77,3 dB(A).



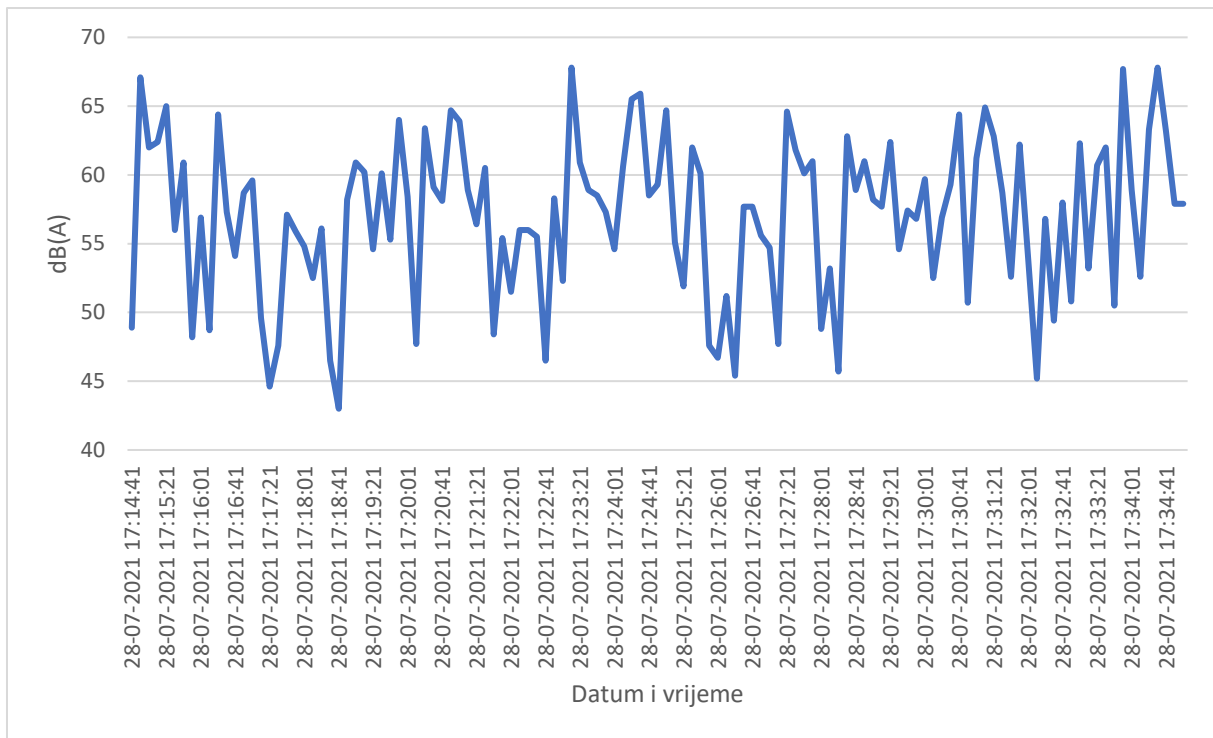
**Slika 16.** Grafički prikaz mjerenja buke uz autocestu Rijeka-Zagreb na lokaciji Soboli u utorak 27.07.2021. oko podneva.



**Slika 17.** Graf mjerenja buke uz autocestu Rijeka-Zagreb na lokaciji Soboli utorak 27.07.2021. oko 17 sati.

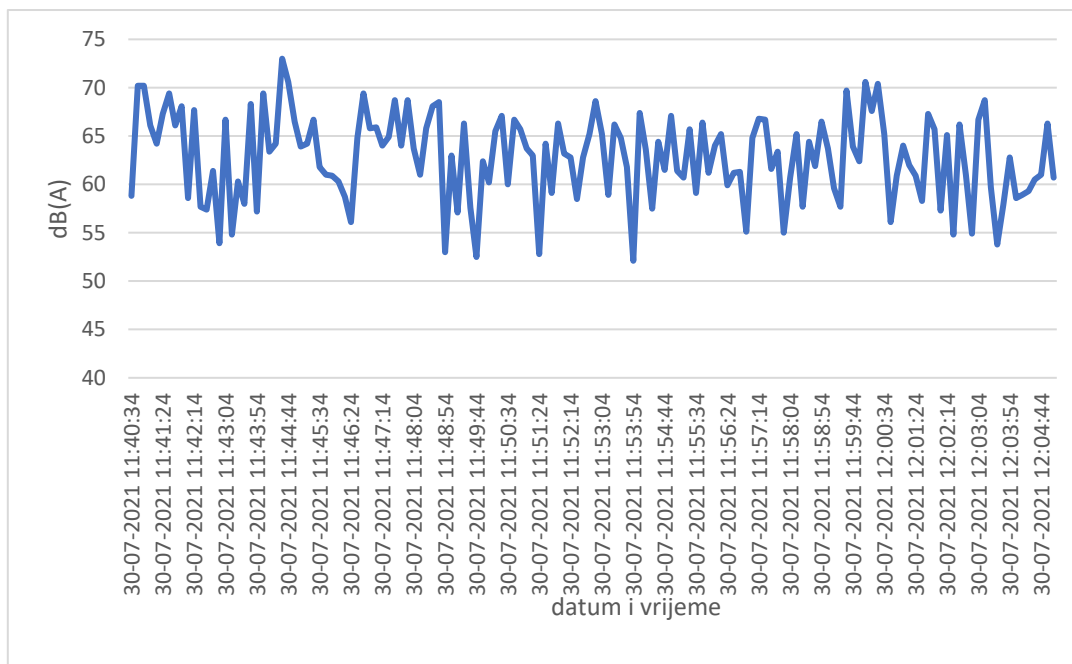


**Slika 18.** Graf mjerenja buke uz autocestu Rijeka-Zagreb na lokaciji Soboli u srijedu 28.07.2021. prijepodne.

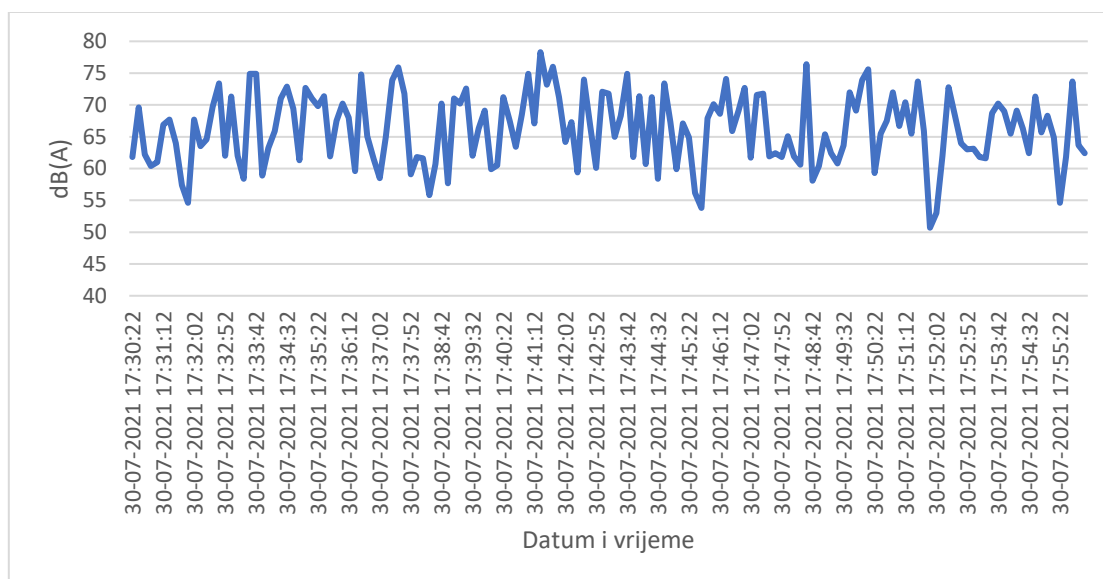


**Slika 19.** Graf mjerenja buke uz autocestu Rijeka-Zagreb na lokaciji Soboli u srijedu 28.07.2021. u popodnevnim satima.

Slika 18. pokazuje sam rezultate mjerenja koja su provedena u srijedu 28. 07. 2021. u jutarnjim satima. Aritmetička sredina izmjerenih podataka u jutarnjim satima u srijedu iznosila je 63,7 dB(A), a maksimalna vrijednost zabilježena je u 11:31 te potom u 11:33 i iznosi 73,2 dB(A). U popodnevnim satima prosjek izmjerene buke je 57,5 dB(A) a maksimalna vrijednost zabilježena je u 17:23 i 17:34 te iznosi 67,8 dB(A). Kretanje izmjerenih razina buke u srijedu popodne možemo pratiti pomoću grafikona koji nam prikazuje slika 19.



**Slika 20.** Graf mjerenja buke uz autocestu Rijeka-Zagreb na lokaciji Soboli u petak 30.07.2021. oko podneva.

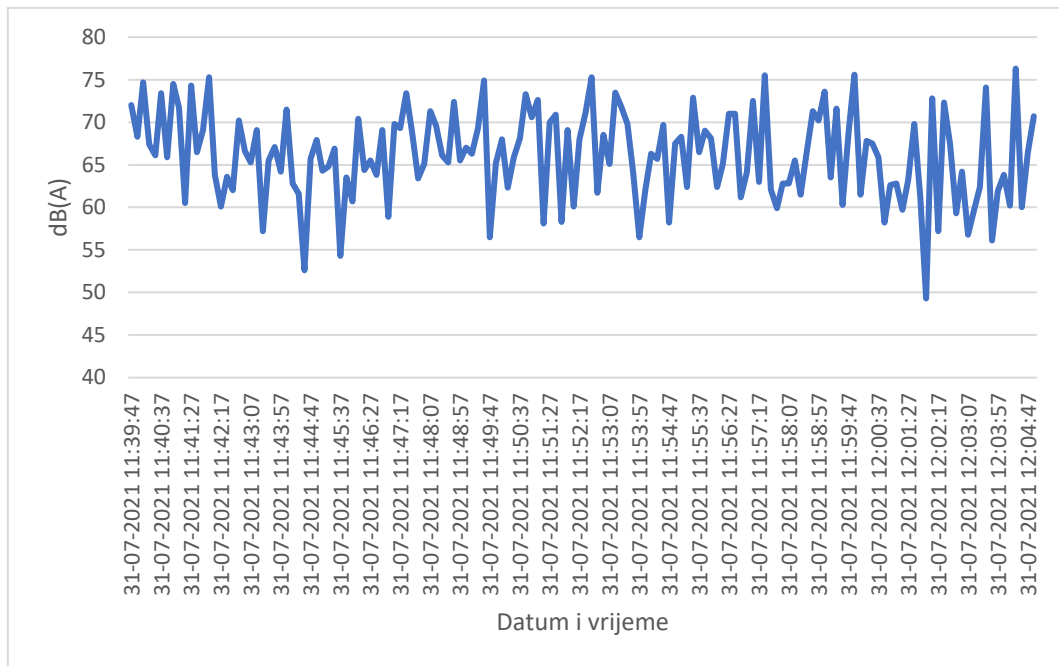


**Slika 21.** Graf mjerenja buke uz autocestu Rijeka-Zagreb na lokaciji Soboli u petak 30.07.2021. u popodnevnim satima.

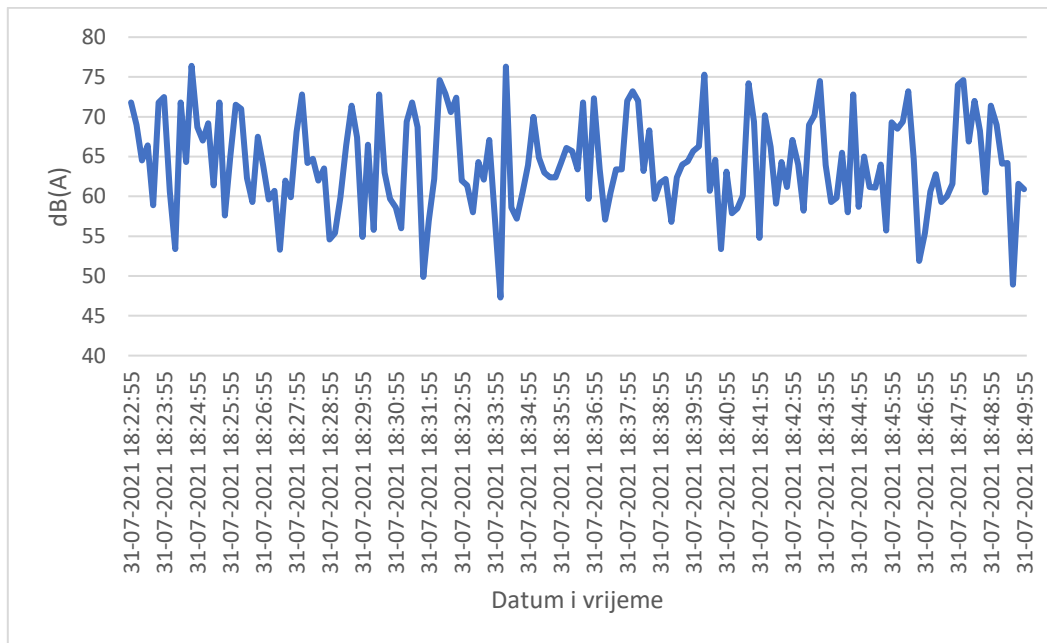
Aritmetička sredina svih zabilježenih rezultata mjerenja u petak 30. 07. 2021. u jutarnjim satima, koje nam prikazuje slika 20., iznosi 63,3 dB(A), dok je u popodnevnim satima aritmetička sredina nešto viša te iznosi 66,6 dB(A). Rezultate izmjerene razine buke u petak



popodne možemo vidjeti na slici 21. Ujutro je maksimum izmjeren u 11:44:34 te iznosi 73,0 dB(A), dok je popodne maksimum iznosa 78,3 dB(A) izmjeren u 17:41:22.



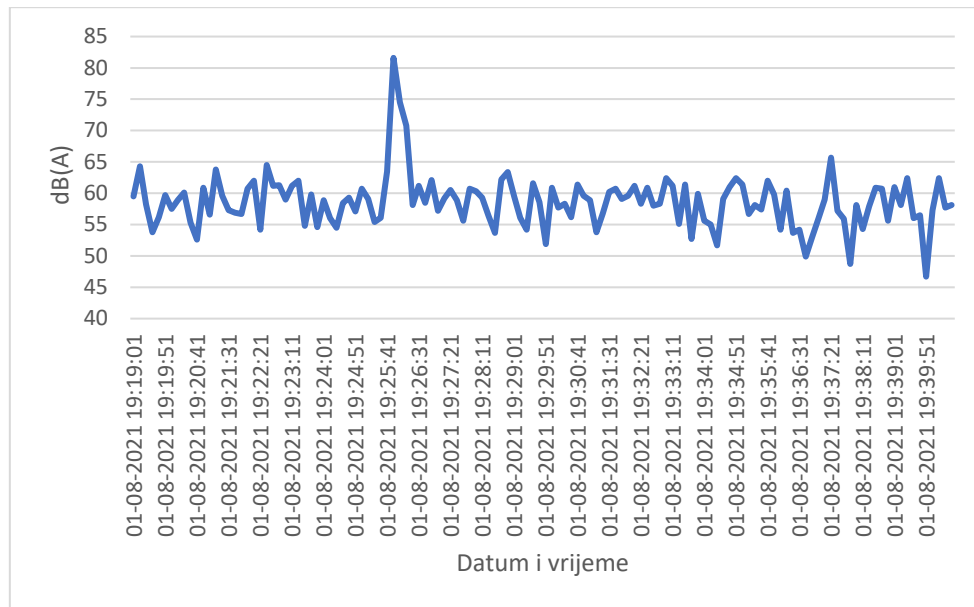
**Slika 22.** Graf mjerenja buke uz autocestu Rijeka-Zagreb na lokaciji Soboli u subotu 31.07.2021. oko podneva.



**Slika 23.** Graf mjerenja buke uz autocestu Rijeka-Zagreb na lokaciji Soboli u subotu 31.07.2021. popodne.

Rezultati mjerenja buke u subotu 31. 07. 2021., na lokaciji uz autocestu A6 u mjestu Soboli prikazani su na slikama 22. i 23. Aritmetička sredina mjerenja za subotu u prijepodnevnim

satima iznosi 66,1 dB(A), a maksimum razine buke izmjeren je u 12:04:27 i iznosi 76,3 dB(A) što možemo iščitati sa slike 22. U poslijepodnevnim satima subote maksimalna razina buka od 76,4 dB(A) izmjerena je u 18:24:45, a aritmetička sredina popodnevnog mjerenja iznosi 64,5 dB(A), što vidimo sa slike 23.

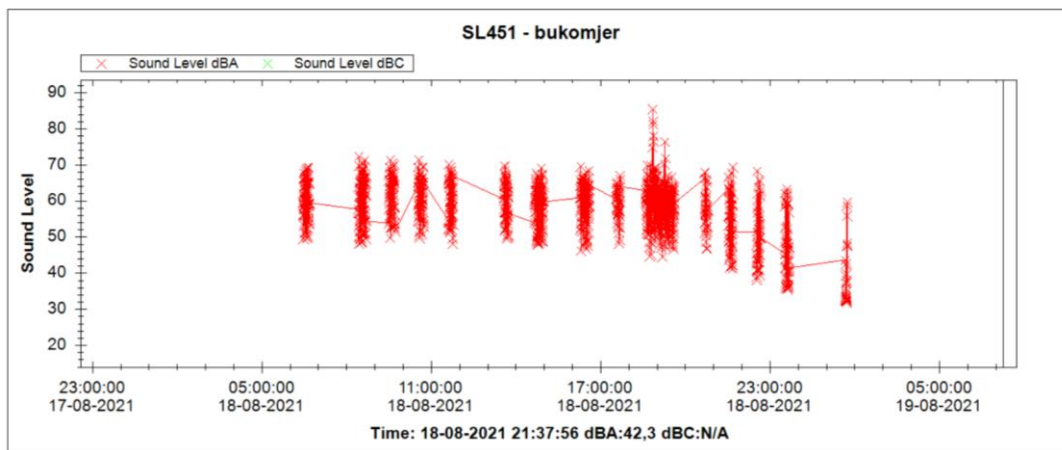


**Slika 24.** Graf mjerenja buke uz autocestu Rijeka-Zagreb na lokaciji Soboli u nedjelju 01.08.2021. u popodnevnim satima.

Rezultate mjerenja razine buke 01. 08. 2021. u nedjelju u ranim večernjim satima prikazuje nam slika 24. Izračunom aritmetičke sredine provedenih mjerenja u nedjelju predvečer dobili smo rezultat iznosa 59,1 dB(A). Maksimalna razina buke od 81,6 dB(A) zabilježena je u 19:25:51.

## 9.2 Rezultati cjelodnevnog mjerenja buke uz gradsku prometnicu u Čavlima

Rezultati cjelodnevnog mjerenja koje smo proveli u srijedu 18. 08. 2021. uz glavnu gradsku prometnicu u mjestu Podrvanj u Čavlima prikazani su na slici 25.



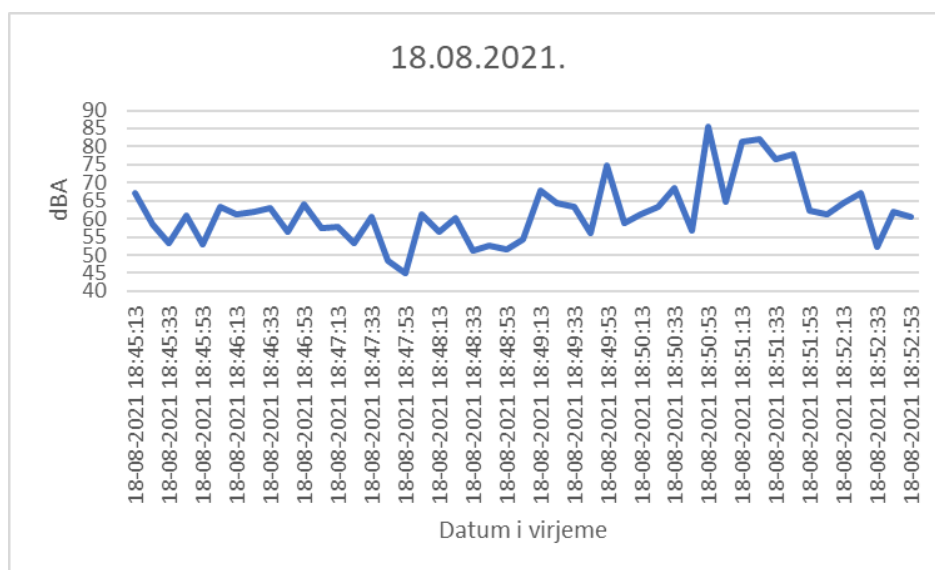
**Slika 25.** Graf prikaza zabilježene razine buke za cjelodnevno mjerenje uz gradsku prometnicu u Čavlima.

Iz prikupljenih rezultata izračunali smo aritmetičku sredinu i standardnu devijaciju razine buke u određenim satima kroz dan:

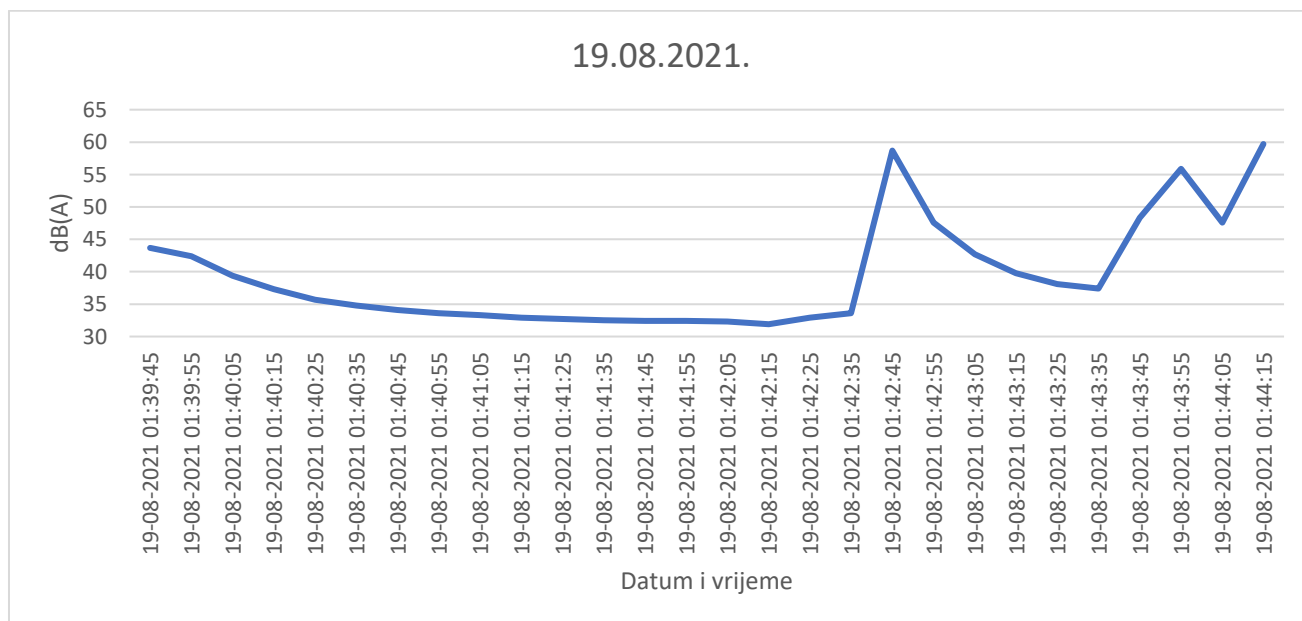
- u 6 sati aritmetička sredina iznosila je 60,2 dB(A) sa st. devijacijom od 5,3 dB(A)
- u 8 sati aritmetička sredina iznosila je 59,9 dB(A) sa st. devijacijom od 6,2 dB(A)
- u 9 sati aritmetička sredina iznosi 61,8 dB(A) sa st. devijacijom od 5,4 dB(A)
- u 10 sati aritmetička sredina iznosi 60,6 dB(A) sa st. devijacijom od 11,0 dB(A)
- u 11 sati aritmetička sredina iznosi 59,8 dB(A) sa st. devijacijom od 5,8 dB(A)
- u 13 sati aritmetička sredina iznosi 60,0 dB(A) sa st. devijacijom od 5,4 dB(A)
- u 14 sati aritmetička sredina iznosi 58,7 dB(A) sa st. devijacijom od 5,5 dB(A)
- u 16 sati aritmetička sredina iznosi 59,9 dB(A) sa st. devijacijom od 5,4 dB(A)
- u 17 sati aritmetička sredina iznosi 59,2 dB(A) sa st. devijacijom od 4,3 dB(A)
- u 18 sati aritmetička sredina iznosi 59,8 dB(A) sa st. devijacijom od 8,3 dB(A)
- u 19 sati aritmetička sredina iznosi 57,8 dB(A) sa st. devijacijom od 4,9 dB(A)
- u 20 sati aritmetička sredina iznosi 57,5 dB(A) sa st. devijacijom od 5,4 dB(A)
- u 21 sati aritmetička sredina iznosi 54,0 dB(A) sa st. devijacijom od 7,4 dB(A)
- u 22 sati aritmetička sredina iznosi 50,8 dB(A) sa st. devijacijom od 7,9 dB(A)
- u 23 sati aritmetička sredina iznosi 46,5 dB(A) sa st. devijacijom od 8,2 dB(A)
- u 01 sati aritmetička sredina iznosi 39,4 dB(A) sa st. devijacijom od 8,3 dB(A)

Proučavanjem rezultata cjelodnevnog mjerenja uz gradsku cestu na Čavlima u mjestu Podrvanj, uočeno je da se buka od 8:30 sati do 21:40 kreće najviše u rasponu između 65 i 40 dB(A), što dokazuje i prosjek mjerenja koji iznosi 57,98 dB(A), uz pojedina odstupanja. Najveća vrijednost buke toga dana izmjerena je u 18:50 i iznosila je 85,50 dB(A), a nastala je kao posljedica prolaska glasnog sportskog automobila (slika 26.).

Na slici 27. prikazan je dio rezultata mjerenja razine buke u naselju Podrvanj u Čavlima, tijekom noći 19. 08. 2021. Iz slike je vidljivo da je najniža razina buke bila iznosa 31,9 dB(A), izmjerena u ranim jutarnjim satima 01:42., kao posljedica vrlo slabog prometa.



**Slika 26.** Mjerenje buke 18. 08. 2021. u 18:50 sati zabilježena najveća razina buke u danu.



**Slika 27.** Mjerenje buke 19. 08. 2021. u noćnim satima.

## 10. RASPRAVA

Rezultati mjerenja buke uzrokovane cestovnim prometom pokazuju da su izmjerene vrijednosti često veće nego što je to dopušteno uz naseljeno područje. Mjerenja kroz tjedan od 27. 07. 2021. do 01. 08. 2021. uz autocestu A6 u mjestu Soboli, pokazala su da je razina buke, svim danima premašila dopuštenu buku tijekom dana od 55 dB(A) koja je određena Pravilnikom o najvećim dopuštenim razinama buke u sredinama u kojima ljudi borave i rade(14). Aritmetičke sredine izmjerenih razina buke tijekom dana u jutarnjim i popodnevnim satima iznosile su redom: utorak 66,4 i 63,3 dB(A), srijeda 63,7 i 57,5 dB(A), petak 63,3 i 66,6 dB(A), subota 66,1 i 64,5 dB(A) te nedjelja s 59,1 dB(A). Mjerenja koja su provedena u jednom danu, datuma 18. 08. 2021. u Podrvnju uz glavnu prometnicu u mjestu Čavle također su bila uglavnom viša od maksimalno dozvoljenih vrijednosti. Najveće razine buke, koja je mjerena kroz tjedan, izmjerene su tijekom vikenda i to naročito u petak poslijepodne te u subotu ujutro. Navedeni rezultati posljedica su povećanog prometa zbog dolaska turista tijekom ljeta. Pretpostavljamo da su vrijednosti razine buke u zimskim mjesecima manje. Ipak smatramo da je nužno postavljanje štitnika od buke na lokaciji uz autocestu, kako bi se povisila kvaliteta života ljudi na tom području. Naša mjerenja vršena su u doba pandemije COVID-19, što je utjecalo na manji dolazak turista u usporedbi s godinama prije pandemije. U skladu s navedenim, pretpostavljamo da je razina buke uz navedenu prometnicu za vrijeme rekordnih turističkih sezona bila i veća. Nadamo se da će se uskoro popraviti situacija vezana uz COVID-19 pandemiju te da će opet doći do porasta broja turista, a time će neminovno doći i do porasta razine buke uzrokovane cestovnim prometom. Zbog toga postavljanje zaštitnih zvučnih barijera uz navedenu prometnicu smatramo neophodnim.

Uspoređujući naša mjerenja sa službenim strateškim kartama buke lokacije u gradu Rijeci možemo vidjeti da uz sve velike prometnice u gradu buka iznosi do 70 dB(A), što je na karti buke obilježeno crvenom bojom. U naseljima Krnjevo, Zamet, Kantrida, Srdoči razina buke kreće se od 55 do 65 dB(A) (22), kao što je bio slučaj i u našem mjestu mjerenja Čavle u okolini Rijeke. Proučavanjem brzih cesta na karti Rijeke uviđamo da se brojni stambeni objekti nalaze u području gdje razina buke iznosi od 60 do 70 dB(A). U tu kategoriju bi mogli ubrojiti i mjesto Soboli, koje se nalazi uz autocestu te su se mjerenja buke kretala u rasponu od 60 do 66 dB(A). Proučavanjem karte buke grada Rijeke i naših mjerenja zaključujemo da neke prometnice nisu dovoljno dobro zvučno izolirane, nego da cestovni promet u gradu i okolini proizvodi buku koja utječe na kvalitetu života ljudi koji žive u njihovoj neposrednoj blizini.

## 11. ZAKLJUČAK

Iz rezultata provedenih mjerenja u mjestu Soboli pokraj autoceste A6, kroz tjedan, možemo zaključiti da je razina buke, kao posljedica cestovnog prometa, bila najveća tijekom petka u popodnevnim satima i subote u jutarnjim satima. U subotu 31. 07. 2021. ujutro aritmetička sredina mjerenja iznosila je 66,1 dB(A), a maksimalna izmjerena vrijednost bila je 76,3 dB(A). Aritmetička sredina rezultata mjerenja za petak 30. 07. 2021. popodne nešto je viša od subote te iznosi 66,6 dB(A). Pretpostavljamo da je promet u petak popodne i subotu ujutro bio najgušći zbog mnogobrojnih godišnjih odmora i dolazaka turista na more. U nedjelju predvečer promet je bio najslabiji što nam dokazuje najniža aritmetička sredina zabilježenih mjerenja od 59,1 dB(A). Aritmetičke sredine ostalih mjerenja druge dane u tjednu iznosile su redom: utorak ujutro 66,4 dB(A), utorak popodne 63,3 dB(A), srijeda ujutro 63,7 dB(A), srijeda popodne 57,5 dB(A), petak ujutro 63,3 dB(A), petak popodne 66,6 dB(A), subota ujutro 66,1 dB(A), subota popodne 64,5 dB(A) i nedjelja popodne 59,1 dB(A). Iz navedenih aritmetičkih sredina mjerenja možemo zaključiti da prema Pravilniku o najvećim dopuštenim razinama buke u sredinama u kojima ljudi borave i rade razina buke preko dana nije zadovoljavajuća, odnosno viša je od granične vrijednosti koja je propisana za zonu namijenjenu samo stanovanju i boravku od 55 dB(A), te da postoji potreba za postavljanjem bukobrana koji bi stanovnike mjesta Soboli, zaštitili od konstantne buke uzrokovane prometom na autocesti.

Iz mjerenja koja su provedena kroz dan 18.08.2021. u naselju Podrvanj u Čavlima izračunate su aritmetičke sredine razine buke na toj lokaciji za svaki sat. Najveća razine buke izmjerena je oko 9 sati i 30 minuta i iznosila je 61,8 dB(A), dok je najniža izmjerena oko 01:40 sati ujutro 19. 08. 2021. i iznosila je 39,4 dB(A). Kroz dan srednje vrijednosti izmjerene buke kretale su se od 57 dB(A) do 61 dB(A), iz čega možemo zaključiti da je gradska cesta, koja povezuje Čavle s Dražicama u mjestu Podrvanj, jednako prometna gotovo kroz cijeli dan. Odlazak ljudi na posao i dolazak sa posla ne utječe na povećanje frekvencije prometa, a time ni na razinu buke. Značajnije smanjenje razine buke pa zaključno s time i smanjenje prometa dogodilo se oko 21 sat što zaključujemo po padu vrijednosti izmjerene buke čija je aritmetička sredina u 21 sat iznosila 54,0 dB(A). U kasnijim mjerenjima razina buke se i dalje smanjivala, do gotovo ne postojećeg prometa kroz noć. Odstupanja od Pravilnika o najvećim dopuštenim razinama buke u sredinama u kojima ljudi borave i rade zamjećujemo i u ovom mjerenju, ali ona su ipak nešto manja nego na lokaciji Soboli uz autocestu.

## 12. LITERATURA:

1. EEA Report No 22/2019 [Internet]. Environmental noise in Europe – 2020 [ ažurirano 05. 03. 2020.; citirano 05.09.2021.]. Dostupno na:  
<https://www.eea.europa.eu/publications/environmental-noise-in-europe>
2. Dregarić, T. (2018.), Mjerenje i analiza utjecaja buke na užem području grada Varaždina, Diplomski rad, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet, Dostupno na:  
<https://repozitorij.gfv.unizg.hr/islandora/object/gfv%3A306/datastream/PDF/view> [03. 07. 2021]
3. Wikipedia [Internet]. Zvuk [ažurirano 4. 12. 2020.; citirano 05.07.2021.]. Dostupno na: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Zvuk>
4. Geogebra [Internet]. Longitudinalni i transverzalni val [citirano 03. 07. 2021.]. Dostupno na: <https://www.geogebra.org/m/eFvxujfV>
5. Wikipedia [Internet]. Buka [ažurirano 31. 01. 2019.; citirano 05.07.2021.]. Dostupno na: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Buka>
6. Petošić A, Grubeša S., Suhanek M., (2018.), Osnove akustike, buka okoliša i zvučna izolacija t, e mjere za zaštitu od buke u otvorenom i zatvorenom prostoru, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva
7. Jambrošić, K. (2014). [Internet]. Zvuk i okoliš, 1. osnove zvuka. [citirano 05. 07. 2021.]. Dostupno na: <https://www.scribd.com/doc/236978264/ZIO-01-Osnove-zvuka-2012>
8. Glazbena akustika, (2020./2021.) Pojave koje prate širenje zvuka, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva [Online], Dostupno na: [https://www.fer.unizg.hr/download/repository/GLAK02\\_Pojave\\_koje\\_prate\\_sirenje\\_zvuka\\_2020-21.pdf](https://www.fer.unizg.hr/download/repository/GLAK02_Pojave_koje_prate_sirenje_zvuka_2020-21.pdf) [08. 07.2021.]
9. Elektroakustika i audiotehnika [Internet]. Metrologija – osnovne veličine i pojmovi [citirano 07.07.2021.]. Dostupno na: [https://www.fer.unizg.hr/download/repository/Eat\\_01\\_Metrologija\\_2020-21.pdf](https://www.fer.unizg.hr/download/repository/Eat_01_Metrologija_2020-21.pdf)
10. Wikipedia [Internet]. Jakost zvuka [ažurirano 11. 09. 2016.; citirano 07.07.2021.]. Dostupno na: [https://hr.wikipedia.org/wiki/Jakost\\_zvuka](https://hr.wikipedia.org/wiki/Jakost_zvuka)
11. Rimac, D.(2016.), Utjecaj buke na čovjeka, Završni rad, Karlovac: Veleučilište u Karlovcu

12. Conwed, [Internet]. Types of noise [ažurirano 14. 10. 2019.; citirano 13. 07. 2021.]. Dostupno na: <https://www.conwed.com/types-of-noise/>
13. Narodne novine, službeni list Republike Hrvatske, NN 46/2008 [Internet]. Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu [ažurirano 23. 04. 2008.; citirano 15. 07. 2021.]. Dostupno na: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2008\\_04\\_46\\_1577.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2008_04_46_1577.html)
14. Narodne novine, službeni list Republike Hrvatske, NN 145/2004 [Internet]. Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave [ažurirano 19.10.2004.; citirano 15. 07. 2021.]. Dostupno na: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2004\\_10\\_145\\_2548.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2004_10_145_2548.html)
15. Klančnik, M. Utjecaj buke na zdravlje i radnu sposobnost. Časopis Javno zdravstvo [Internet]. [citirano 15.07.2021.]. Dostupno na: [https://bib.irb.hr/datoteka/739938.Dr\\_Klancnik\\_Marisa\\_buka\\_popularni.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/739938.Dr_Klancnik_Marisa_buka_popularni.pdf)
16. Stansfeld S, Haines M, Brown B. Noise and health in the urban environment. Rev Environ Health 2000;15:43-82.
17. Clark C, Stansfeld SA. The effect of transportation noise on health and cognitive development: A review of recent evidence. Int J Comp Psychol 2007;20:145-158
18. Narodne novine, službeni list Republike Hrvatske, NN 20/2003 [Internet]. Zakon o zaštiti na radu [ažurirano 07. 02. 2003.; citirano 15.07.2021.]. Dostupno na: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2003\\_02\\_20\\_290.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2003_02_20_290.html)
19. Zaštita na radu [Internet]. Buka i zaštita na radu [citirano 15. 07. 2021.]. Dostupno na: <https://zastitanaradu.com.hr/novosti/Buka-i-zastita-na-radu-14>
20. PCE Instruments UK [Internet]. Measuring instruments [citirano 17. 07. 2021.]. Dostupno na: [https://www.pce-instruments.com/english/measuring-instruments/test-meters/sound-level-meter-noise-level-meter-kat\\_40095.htm](https://www.pce-instruments.com/english/measuring-instruments/test-meters/sound-level-meter-noise-level-meter-kat_40095.htm)
21. Malešević M. (2016.), Buka kao izvor zagađenja radnog i životnog okoliša, Specijalistički diplomski stručni, Karlovac: Veleučilište u Karlovcu
22. Grad Rijeka [Internet]. Strateška-karta-buke-cestovnog-prometa-za-dan-glavne-ceste [ažurirano 2009.; citirano 05. 09. 2021.]. Dostupno na: <https://www.rijeka.hr/wp-content/uploads/2016/07/Strate%C5%A1ka-karta-buke-cestovnog-prometa-za-dan-glavne-ceste.pdf>



## **ŽIVOTOPIS**

### Osobni podatci:

Ime i prezime: Petra Valić

Datum i godina rođenja: 03.11.1999.

Mjesto rođenja: Rijeka

Državljanstvo: Hrvatsko

Narodnost: Hrvatica

Adresa: Brda 27, 51 219 Čavle

Telefon: +385 91 955 64 16

Email: [valic.5ra@gmail.com](mailto:valic.5ra@gmail.com)

### Obrazovanje:

2006. – 2014. godine pohađala Osnovnu školu Eugen Kumičić, Rijeka

2014. – 2018. godine pohađala Prva Riječka hrvatska gimnazija u Rijeci

2018. – 2021. godine pohađala Medicinski fakultet sveučilišta u Rijeci, Preddiplomski sveučilišni studij Sanitarno inženjerstvo

### Vještine:

Strani jezici: engleski i talijanski

Vozačka dozvola B kategorije

### Radno iskustvo

S.Oliver - prodavačica, asistentica u prodaji od 20.06.2018. – 25.10.2018., te potom 06.07.2019. – 25.09.2019.

Caffe Bar Bicicletta – konobarica od 05.06.2020. do danas

Plivački klub Primorje – trenerica od 25.06.2021 do 31.07.2021.