Mjerenje buke klimatizacijskog uređaja

Margetić, Masimo

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Pula / Sveučilište Jurja Dobrile u Puli**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:137:726244

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Image not found or type unknown

Repository / Repozitorij:

Digital Repository Juraj Dobrila University of Pula

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli
Odjel za Tehničke studije

MASIMO MARGETIĆ

MJERENJE BUKE KLIMATIZACIJSKOG UREĐAJA

Završni rad

Pula, srpanj, 2019.
Sveučilište Jurja Dobrile u Puli
Odjel za tehničke studije

MASIMO MARGETIĆ

MJERENJE BUKE KLIMATIZACIJSKOG UREĐAJA

Završni rad

JMB: 0303072058, izvanredni student

Studijskismjer: Proizvodno strojarstvo

Predmet: Mjerenja u proizvodnji
Znanstveno područje: Tehničke znanosti
Znanstveno polje: Strojarstvo
Znanstvena grana: Proizvodno strojarstvo
Mentor:Doc. dr.sc. Marko Kršulja

Pula, srpanj, 2019.

Doc. dr. sc. Marko Kršulja
(Ime i prezime nastavnika)

Mjerenja u proizvodnji
(Predmet)

OTS Odjel za tehničke studij

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli

ODJEL ZA TEHNIČKE STUDIJE

ZADATAK TEME ZAVRŠNOGA RADA

Pristupniku Masimu Margeriću **MBS: 0303072058**

Studentu stručnog studija Odjela za tehničke studije, izdaje se zadatak za završni rad – tema završnog rada pod nazivom:

NASLOV

MJERENJE BUKE KLIMATIZACIJSKOG UREĐAJA

Sadržaj zadatka:
Izvršiti ispitivanje fizikalnih štetnosti i stanje zvučne izolacije u radnom okolišu sukladno Zakonu o zaštiti na radu (NN br. 71/14, 118/14 i 154/14), Pravilniku o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (NN br. 46/08). Dobivene rezultate usporediti s važećim propisanim normativima i standardima. U slučaju odstupanja od propisa, koje mjere u radnom prostoru treba poduzeti kako bi se zaštitilo radnika. Opisati moguće posljedice na zdravstveno stanje i psihičke sposobnosti radnika pri uvjetima rada.

Rad obraditi sukladno odredbama Pravilnika o završnom radu Sveučilišta u Puli.

Izvanredni student, proizvodno strojarstvo
(status, smjer)

Datum: 04.02.2019

Potpis nastavnika Marko Kršulja

I Z J A V A

Izjavljujem da sam završni rad pod naslovom:

MJERENJE BUKE KLIMATIZACIJSKOG UREĐAJA

izradio samostalno pod nadzorom i uz stručnu pomoć mentora Doc. dr. sc. Marka Kršulje.

_____

Masimo Margetić

ZAHVALA

Zahvaljujem se primarno svome mentoru doc.dr.sc. Marku Kršulji na pomoći i vodstvu pri izradi diplomskog rada.

Srdačno se zahvaljujem gospodinu Elvisu Ciligi, dipl. ing. stroj. iz Službe za akustička mjerenja pri Zavodu za javno zdravstvo Istarske županije na izdvojenom vremenu te svoj ustupljenoj literaturi i stručnim savjetima koji su mi pomogli pri izradi samog diplomskog rada.

U konačnici veliko hvala mojoj obitelji i curi na podršci tijekom studiranja.

SAŽETAK

Na novoizgrađenom objektu, odnosno, zgradi suvremenog vrtića „Radost“, Labinska bb u Umagu, provedeno je terensko mjerenje buke i zvučne izolacije u radnom i životnom okolišu te su dobiveni rezultati nakon analize i obrade istih uspoređeni s referentnim vrijednostima naznačenim prema Zakonu o zaštiti od buke NN br.30/09, Pravilniku o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu NN br. 46/08 te Pravilniku o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave NN br.145/04. S obzirom na navedeno, zbog uočenih odstupanja, naznačene su i mjere zaštite od buke. U radu su objašnjeni osnovni pojmovi koji se odnose na akustičke parametre s ciljem razumijevanja uslijed njihova opisa, mjerenja i samog utvrđivanja istih te su opisane posljedice samoga prekomjernoga izlaganja razinama buke iznad dopuštenih granica kao i prevencija, odnosno, mjere pomoću kojih se može provesti zaštita od iste.

Ključne riječi: zvuk, buka, mjere zaštite, zvučna izolacija, akustički parametri

SUMMARY

In building of the contemporary nursery „Radost“, a newley built object, address Labinske republike 2 in Umag, measurement of noise and sound isolation in working and life environment was conducted. Obtained results were compared with referent values specified by the Law of security of the noise NN br.30/09, and the rule book about the security of the employee by the explosion to the noise on the work NN br.46/08 and the rule book about the maximal tolerant levels of the noise in the environment were people work and stay NN br.145/04. The results showed some digression from required noise levels specified by the law and therefore guidelines for improvement are given in this investigation. Basic concepts related to acoustic parameters with the purpose of understanding their descriptions, measurements and their identification, and the consequences of excessive exposure to noise levels above permitted limits as well as prevention are given in this paper.

Key words: sound, noise, acoustic isolation, acoustic parameter.

Sadržaj

1. UVOD 1
1.1 Problem, predmet i objekt istraživanja 1
1.2 Hipoteza 2
1.3 Ciljevi 2
2. OSNOVNI POJMOVI BUKE 3
2.1 Zvuk 3
2.2. Buka 5
3. ZAKONSKA REGULATIVA REPUBLIKE HRVATSKE 11
3.1 Zakon o zaštiti od buke 12
3.2. Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave 12
4. ZAŠTITA OD BUKE 15
5. TERENSKO MJERENJE 17
5.1. Svrha mjerenja 17
5.2. Mjerni instrumenti 17
5.3. OPĆENITO O TERENSKOM ZADATKU 21
5.4. MJERENJA POSTOJEĆIH RAZINA BUKE PROIZVODNOG POGONA 22
5.4.1 Opći podatci- izbor mjernih mjesta 22
5.4.2 IZVORI BUKE 23
5.4.3 Mjerni uređaji i software za izradu akustičnog modela 26
5.4.4 PRIMJENJENI PROPISI I NORME 27
5.4.5 METEOROLOŠKI UVJETI TIJEKOM MJERENJA 27
5.4.6 Rezultati mjerenja 28
6. AKUSTICKI MODEL 33
6.1. Općenito 33
6.2. KORACI U POSTUPKU IZRADE AKUSTIČKOG MODELA 34
6.3. ODREĐIVANJE AKUSTIČNIH KARAKTERISTIKA 34
6.4. IZRADA AKUSTIČNOG MODELA POSTOJEĆEG STANJA 34
6.5. KALIBRACIJA MODELA 36
6.6. TEHNIČKI ZAHTJEVI 36
6.7. AKUSTIČNO RJEŠENJE 37
6.7.1. Postavljanje izolacijsko-apsorpcijske barijere ispred dizalice topline 38
6.7.2. POSTAVLJANJE PRIGUŠIVAČA BUKE 40

6.7.3. POSTAVLJANJE KULISNOG APSORPCIJSKOG PRIGUŠIVAČA BUKE NA VENTILACIJSKI OTVOR KLIMA KOMORE DVORANE 40
6.7.4.POSTAVLJANJE KULISNO-MEMBRANSKOG PRIGUŠIVAČA BUKE NA VENTILACIJSKI OTVOR KLIMA KOMORE KUHINJE 43
6.7.5. AKUSTIČNI MODELI STANJA NAKON PROVEDBE MJERA SANACIJE 44
7. ZAKLJUČAK 45
Popis slika 49
Popis grafikona 49
Popis Shema 49
Popis Tablica 50

1. UVOD

Temeljem objektivnih mjerenja radi tehničkog pregleda novoizgrađenog objekta, dječjeg vrtića „Radost“ u Umagu, labinska b.b., u skladu s Pravilnikom o djelatnostima s ciljem potrebe utvrđivanja provedbe mjera za zaštitu od buke (NN 91/07) te prema čl. 5 ukupne razine buke imisije od svih postojećih i planiranih izvora buke zajedno pri čemu su zone mjerenja određene na temelju dokumenata prostornog uređenja, dan je osvrt na mogući utjecaj iste, odnosno, utjecaj zvučne izolacije na nesmetani rad te kvalitetu boravka ljudi u predmetnom objektu.

1.1 Problem, predmet i objekt istraživanja

S obzirom na sve veću ugrozu samoga okoliša i sve veću osviještenost na isti od strane ljudi, javlja se i između ostalog problem buke, koja, uslijed intenzivnog razvoja ljudskoga društva sve više povećava i svoje razine, odnosno, počinje se razmatrati problem samoga zagađenja bukom koja postaje sve važniji okolišni čimbenik.

Pojam buke se definira kao vrlo neugodan, glasan te čovjeku čak i bolan zvuk, odnosno, u pojedinim situacijama može djelovati nepovoljno na čovjekovo zdravlje što varira ovisno o stupnju njena prekoračenja. Najčešće kao takva ima utjecaj na čovjekov sluh, no, između ostalog može djelovati i na cijelo tijelo te psihu, odnosno, koncentraciju čovjeka. Koncentracija kao takva, potrebna je na svakom radnom mjestu kako bi se suvislo i kvalitetno mogao obaviti bilo kakav posao. Osim toga, prilikom manjka iste, moguće su i negativne posljedice i to ne samo u smislu ne obavljanja zadanog posla već konačni rezultat mogu biti i ozljede na radu, odnosno, na razini cijeloga organizma poremećaj sna, probavnog sustava, krvotoka te samim time i ubrzano disanje i srčani puls kao posljedica povećanog stresa uslijed izlaganja prevelikim razinama iste.

Kako bi se izbjegao negativan utjecaj iste, bitno je već u fazi projektiranja a kasnije i izgradnji zgrade pripaziti na propisane mjere zaštite od buke. Čovjeku je potreban odmor od iste, iako su trenuci potpune tišine iznimno rijetki. U te svrhe, primjenjuju se i različiti modaliteti zvučne izolacije, odnosno, sve veća se pažnja pridaje provedbi mjera zaštite od buke.

Srećom, posljedično razvoju tehnologije, dolazi i do osuvremenjena modaliteta zaštite od buke pa tako se prilikom izgradnje upotrebljava materijal sa sve boljim akustičkim svojstvima. Kako bi se osigurala što bolja kvaliteta rada, odnosno, zaštita od buke na radnom mjestu, važna je što bolja zvučna izolacija. Referirajući se na prethodno navedeno, predmet će ovoga rada biti ispitivanje buke u novoizgrađenom objektu kako bi se osigurala što bolja zaštita od iste, konkretno u vrtiću, radi kvalitete rada samih zaposlenika, odnosno psihičkog zdravlja i razvoja same djece prilikom boravka u istom.

1.2 Hipoteza

U ovome će se radu provesti ispitivanje buke u novoizgrađenoj suvremenoj zgradi vrtića „Radost“ ulica labinska bb, Umag. Ispitat će se kvaliteta zvučne izolacije mjereći razinu buke na određenim kritičnim točkama koje se smatraju mjestima imisije najviših razina buke. Dobiveni podatci će se usporediti s propisanim podatcima prema Pravilniku o dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN br.145/04) te u slučaju nepodudarnosti u smislu prelaska najviših zakonom propisanih razina iste, predložit će se mjere kako bi se omogućila maksimalna propisana zaštita te kako bi se razina iste dovela u dopuštene granice.

1.3 Ciljevi

Ciljevi u ovome radu jesu:

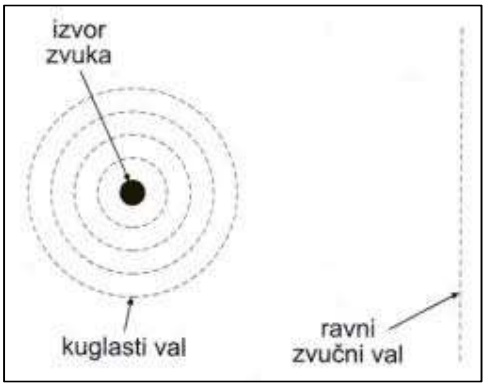
- Obrazložiti osnovne pojmove vezane za samu tematiku, odnosno, za potrebe akustičkih mjerenja.
- Opisati utjecaj buke na ljudski organizam te navesti posljedice izlaganja istoj.
- Izvršiti mjerenje buke na predmetnom objektu te usporediti dobivene rezultate s pravilnikom o dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN br.145/04).
- Predložiti mjere ukoliko postoje odstupanja u smislu poboljšanja uvjeta rada u predmetnom objektu.
- Ispitati stanje zvučne izolacije u objektu i usporediti ga sa zakonski propisanim vrijednostima te ako postoje odstupanja, predložiti mjere poboljšanja zvučne izolacije predmetnog objekta.

2. OSNOVNI POJMOVI BUKE

2.1 Zvuk

Zvukom se u užem smislu značenja te riječi naziva sve ono što čujemo, što zamjećujemo sluhom. Fizikalna definicija istoga jest titranje u plinovitim, tekućim i krutim elastičnim tvarima, odnosno, sastoji se od ritmičkog njihanja molekula koje u njihov ravnotežni položaj vraćaju među molekularne elastične sile. Poremećaj tlaka prenosi se na susjedne čestice medija i tako se širi u obliku longitudinalnih valova u plinovima i tekućinama te longitudinalnih i transverzalnih valova u krutinama, što je prikazano na slici 1. Onaj val kojem čestice titraju okomito na smjer širenja vala naziva se transverzalni val, odnosno, ako čestice vala titraju u smjeru širenja vala govorimo o longitudinalnom valu. (Tihomir Jelaković; Zvuk, sluh, arhitektonska akustika, 1978 god., str 1.)

Slika 1 Širenje zvuka



(izvor: https://simunic.files.wordpress.com/2014/01/c5a1irenje-zvuka.pdf)

Brzina širenja zvuka, koja je mnogo sporija od brzine širenja svjetlosti, ovisi o mnogo čimbenika: gustoći (ρ_0), atmosferskom tlaku (p_0) i konstanti (γ) koja predstavlja odnos specifične topline zraka uz konstantan tlak prema onoj uz konstantan volumen, a pojavljuje se pri izračunavanju iste zbog toga što je samo širenje zvuka adijabatski proces, odnosno, toplina koja nastaje za vrijeme zgušćivanja zraka ne može se zbog brzine procesa odvesti. Brzina kojom se širi zvuk u zraku izražava se formulom:

Brzina zvuka→ $c = f \cdot \lambda$- valna duljina λ [m],

- brzina širenja zvuka c [m/s],
- frekvencija zvuka f [Hz =1/s].

Također može se izraziti i formulom: $c \approx 331{,}4 + 0{,}6 \cdot t'$ [m/s]; $c = 20{,}09\sqrt{T}$, gdje je t' temperatura u stupnjevima celzijusa a T temperatura u kelvinima. (Regent, A.; Kršulja, M. (2015), str. 3).

Što je materijal gušći, zvuk se kroz njega prenosi brže i duže. S obzirom na ovisnost o temperaturi, sa svakim stupnjem opadanja ili porasta iste, brzina se zvuka smanji ili poveća nešto više od pola metra. Pri normalnoj sobnoj temperaturi (20°C) brzina zvučnih valova iznosi 300 m/s. U tablici ćemo navesti još neke brzine širenja zvuka ovisno dali se radi o plinovima, tekućinama ili krutinama:

Tablica 1 Brzine širenja zvuka u nekim od materijala

Voda (10°C)	1440 m/s
Metali	3000-5000 m/s
Drvo	3600-4600 m/s
Plastične mase	1000-2500 m/s
Guma	70 m/s

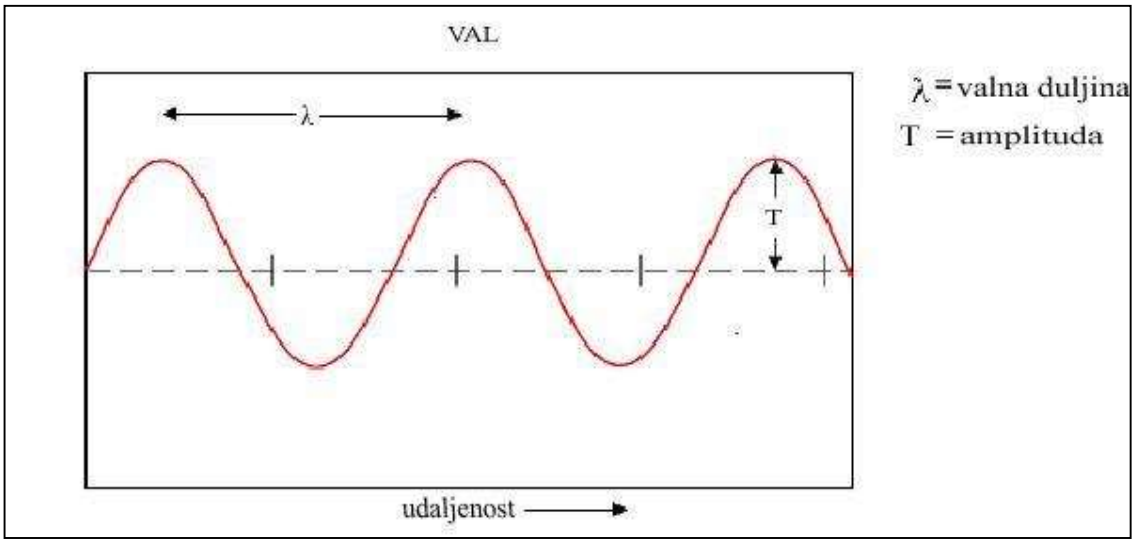
Izvor: KURTOVIĆ, H. (1982.), Osnovi tehničke akustike, Beograd

Visina zvuka, odnosno, njegova dubina određena je frekvencijom vala koja se definira kao broj titraja u sekundi, a označava se oznakom *f* dok je mjerna jedinica 1 Hz (Herc). (https://hr.wikipedia.org/wiki/Frekvencija, 10.4.2019).

S obzirom na povećanje, odnosno smanjenje frekvencije, zvuk registriramo kao viši, odnosno niži i dublji. Ljudsko uho, ukoliko sluh nije oštećen, može čuti frekvencije od 16 do 20 000 Hz. One niže od 16 Hz, uho ne čuje kao tonove već ih osjeća kao potresanje te se to područje frekvencije naziva infrazvukom, odnosno, frekvencije iznad 20 kHz nazivamo ultrazvukom. (Božidar Radanović, Fizikalne štetnosti – Buka 2.izdanje, 1999.god., str. 5).

Na putu što ga zvuk prevali u 1 sekundi ima upravo toliko valova (valnih duljina) kolika mu je frekvencija što implicira na to da je razmak između dvije susjedne točke najvećeg zgušnjenja odnosno između dvije točke najvećeg razrijeđena sredine u kojoj se isti širi naziva valnom duljinom. Prikaz iste vidljiv je na slici 2. dalje u tekstu.

Slika 2 Prikaz valne duljine



(Izvor: https://www.gitare.info/page.php?id=6107)

Na temelju toga, valna se duljina može izračunati iz brzine širenja zvuka i frekvencije: $c = f \bullet \lambda$, (Regent, A.; Kršulja, M. (2015), str. 3).

2.2. Buka

Svaki nepoželjan zvuk definira se kao buka, što je zapravo smetnja u ljudskoj percepciji jer zvuk može biti i ugodan npr. koncert 80 - 90 dB. U današnje vrijeme kao i u 1962. g. ona predstavlja jako velik problem ljudske sredine te ju i nalazimo kao takvu svakodnevno u istoj iako možda toga nismo niti svjesni. (Tihomil Jelaković (1978): *Zvuk, sluh, arhitektonska akustika 1978.)* S obzirom na trajanje, ista može biti konstantna (15 sekundi i više), povremena ili impulsna (35 ms). Sama riječ kod konstantne ukazuje na to da je to ona buka koja je stalna, odnosno, ima ekvivalentnu razinu buke u određenom vremenskom intervalu.

Nadalje, povremena buka jest ona kod koje nailazimo na promjenu razine u kraćem vremenskom razdoblju, odnosno, povremeno se javlja. Konačno, impulsna buka mijenja svoju razinu u vrlo kratkim vremenskim intervalima i u pravilu se odnosi

na kratkotrajan zvuk (npr. snažan udar čekića, zvonjava zvonika i sl). Buka kao takva predstavlja problem u smislu što ometa naš rad i koncentraciju te u konačnici dovodi do grešaka na našem radnom mjestu i otežava bilo kakav posao.

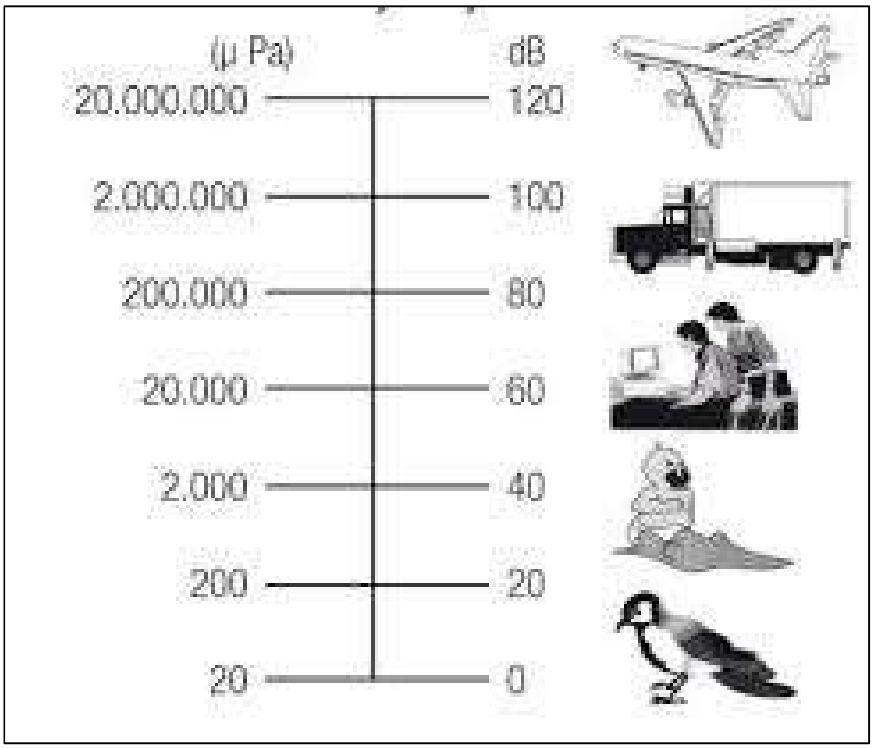
Razina zvučnog tlaka od 70 decibela smeta čovjeku ovisno o njegovom trenutnom raspoloženju. Suvremena tehnika je u okružila čovjeka velikim brojem izvora buke motorne pile, automobili, kosilice, bušilice, uređaji za zavarivanje pa i klimatizacijski uređaji i ventilatori koji će biti spomenuti u ovome radu.

Svakako je zadaća tehnologa strojara da uloži napor kako bi povećao radnu produktivnost i omogućio potrebna sredstva postizanje tražene kvalitete proizvoda i razine buke. Osim razine zvučnoga tlaka važne su i druge osobine buke kao što su oktavni pojas frekventnog polja, ritam i trajanje, pa tako i uz nisku razinu glasnoće trajna buka izaziva neuroze i ometa intelektualni rad. To se može utvrditi mjerenjem krvnog tlaka i kvalitete rada osobe u uvjetima buke i bez njih. Problemi s komunikacijom pri radu uzrokuju stres i ljutnju. Tako daje s psihološke podloge zanimljivo to da buka jednake glasnoće mnogo više smeta čovjeku kada je proizvodi netko drugi nego on sam. Također, mnogo više smeta buka koja se periodično mijenja nego ista trajna. S medicinskog aspekta te pogleda na samo ljudsko zdravlje zbog utjecaja iste, istraživanjima je otkriveno da buka utječe na krvni tlak, mišićnu napetost i san. Kako bi se utvrdilo kako i koliko ista utječe, odnosno, smeta pri izvršenju bilo kakvoga rada, izvršena su mnoga mjerenja i istraživanja, no prilikom istih se nije došlo do točne formule za izračun istoga.

S obzirom na to, može se općenito reći da velika buka radnika u konačnici umara i smanjuje radni kapacitet. Uzevši u obzir sve opasnosti i negativne strane iste, donesen je i zakon koji je za nominalni osmosatni radni dan kako je to definirano međunarodnom normom ISO 1999:1990, točka 3.6. i HRN ISO 9612: propisana dnevna razina izloženosti buci *($L_{EX,\ 8h}$) (dB(A) re. 20 μPa).*

(autor obradio prema: Vojnović, J., BUKA I AKUSTIKA, Zapisi s predavanja, 2007.)

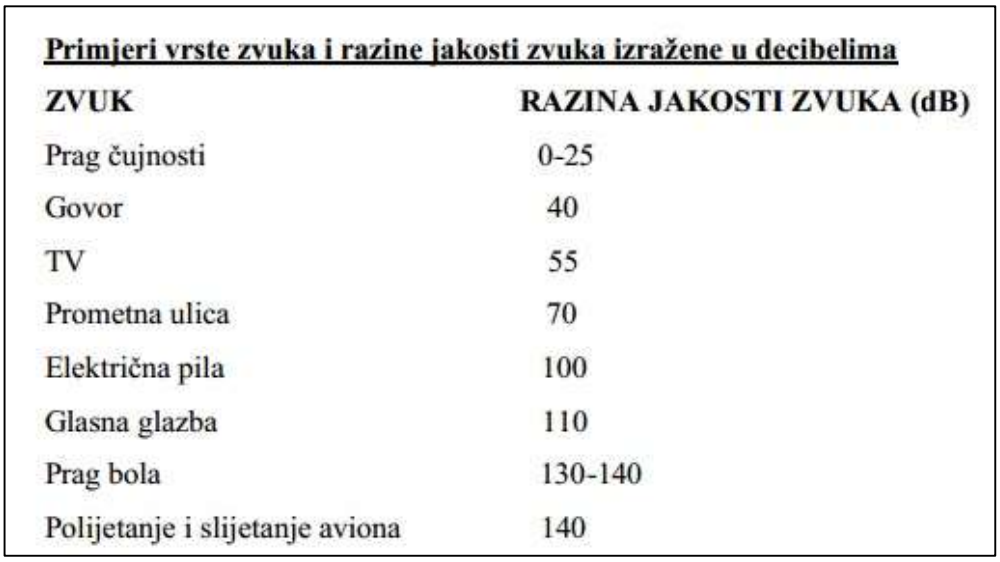
Slika 3 Izvori buke i njezina jačina



(izvor: https://zir.nsk.hr/islandora/object/vuka:415/preview*)*

U vanjskom prostoru mnogobrojni su izvori buke kao što su: promet, industrija, građevinski i javni radovi, sport i zabava dok iste u zatvorenom prostoru predstavljaju servisni uređaji, uređaji za emitiranje glazbe i govora te kućanski aparati. Također, buku može stvarati i sama priroda u smislu jakih grmljavina, udara valova, slapovi i sl. te ljudi i životinje. Jedan od najvažnijih uzroka buke današnjice jest promet, odnosno, 80 % stvaranja buke u gradovima uzrokuju automobili pri čemu na frekventnim prometnim križanjima razina buke može doseći i do 90 dB. Osnovni izvori buke i njezina jačina prikazani su na slici 3. ranije u tekstu, odnosno primjeri vrste zvuka i razine jakosti zvuka izražene u decibelima naznačeni su na slici 4., koja se nalazi u nastavku teksta.

Slika 4 Primjeri vrste zvuka i razine jakosti zvuka izražene u decibelima



Primjeri vrste zvuka i razine jakosti zvuka izražene u decibelima

ZVUK	RAZINA JAKOSTI ZVUKA (dB)
Prag čujnosti	0-25
Govor	40
TV	55
Prometna ulica	70
Električna pila	100
Glasna glazba	110
Prag bola	130-140
Polijetanje i slijetanje aviona	140

(Izvor: http://www.adler-co.com/utjecaj-buke-na-zdravlje-i-radnu-sposobnost/*)*

Osjetljivost na istu ovisi o njenim karakteristikama (jakost, ritam i sadržaj), individualnim karakteristikama izložene osobe (stanje organa sluha, životna dob, individualna osjetljivost na buku) te o duljini i vrsti izloženosti. Ukoliko dođe do nepoželjnog djelovanja iste u smislu oštećenja, prva faza oštećenja sluha naziva se i faza početne akustičke traume, a javlja se u frekvencijskom području od 4 000 Hz. Razlog tome leži u osjetljivosti ljudskog uha koje je najveće od 2000 do 4000 Hz.

Pri čemu se uho još ponaša kao zdravo i osoba ne mora biti svjesna svog problema, no ako se u ovoj fazi ne prepozna poremećaj te osoba bude i dalje izložena buci, oštećenje prelazi u drugu fazu. Radi se o tome da dolazi do poremećaja praga čujnosti, to se dešava i na dnevnoj bazi, npr. sjedne se u auto i vozi pri buci od 80 + dB/A i u trenutku kada ta buka prestane tj. kada se stane ne čuje se razina ispod. To znači da treba čekati onoliko vremena koliko se je bilo izloženo visokim razinama da se uho oporavi. Međutim poput trave koju se neprestano gazi te nakon određenog vremena nastane staza tako se i vlakna u Cortijevom organu oštećuju. Cortijev organ nalaz se u unutarnjem uhu i sastoji se od 20 tisuća i više dlačica koje pomažu da se čuju frekvencije kojima je uho izloženo.

U konačnici, tako se ulazi u fazu trajne nagluhosti gdje se više ne može postići kompletan oporavak sluha. S obzirom na osjetljivost na buku, ona je individualna, ali oštećenja koja se mogu detektirati označavaju da mogu nastati i pri manjim razinama

od zakonom propisanih. Sukladno tome hrvatski zakon spominje donju granicu od 80 dB/A dok svjetska zdravstvena organizacija tu granicu spušta na 75 dB/A. S obzirom na to, postoje osobe kod kojih nagluhost nastaje brzo (dani) dok u drugih i nakon niza godina izloženosti prekomjernoj buci sluh bude neznatno odnosno razmjerno malo oštećen. Utjecaj je buke štetniji što je ona jača i isprekidanija (krivulja C, kratkotrajne razine zvučnog tlaka iznad 137 dB/C po zakonu Republike Hrvatske), a dugoročna izloženost intenzivnoj buci, dovodi do smanjenja slušne osjetljivosti, odnosno, lagane nagluhosti ili čak potpune gluhoće izložene osobe. Važno je napomenuti da se na visoke razine čovjek ne može naviknuti dokaz je gubitak sluha.

Gubitak sluha uslijed izloženosti buci najčešće nastupa postupno i progresivno uslijed degeneracije slušnih stanica, tako da možemo naći osobe s 20 godina koji imaju oštećen sluh i ne čuju ispod 60 dB/A pri 4000 Hz a možemo naći i 70 godišnjake koji čuju ispod 60 dB/A.

Prema zakonu o radu Zakonom o zaštiti od buke (NN 30/09, 55/13, 153/13, 41/16) zaštita se provodi danonoćno, a u smislu Zakona, dan traje 12 sati, od 7 do 19 sati, večer traje 4 sata, od 19 do 23 sata, a noć traje 8 sati, od 23 do 7 sati.

Što se tiče problematike prostorne akustike to je cilj da se ostvari dobro i ugodno slušanje u nekoj prostoriji svakako ovisno o namjeni te prostorije a ukoliko je to prostor rada da se poštuju zakoni Republike Hrvatske. S obzirom na sve navedeno, akustički problemi se ne mogu proučavati bez da se pobliže ne poznaju svojstva uha. Slušna akustika se proučava s obzirom na to kako čovjekovo osjetilo prima i interpretira promjene akustičkog tlaka koje sadržavaju zvučni valovi. Dakle atmosferski tlak varira oko 10^5 paskala ili 1 bar i na taj tlak se superponiraju zvučni tlakovi govora i slično.

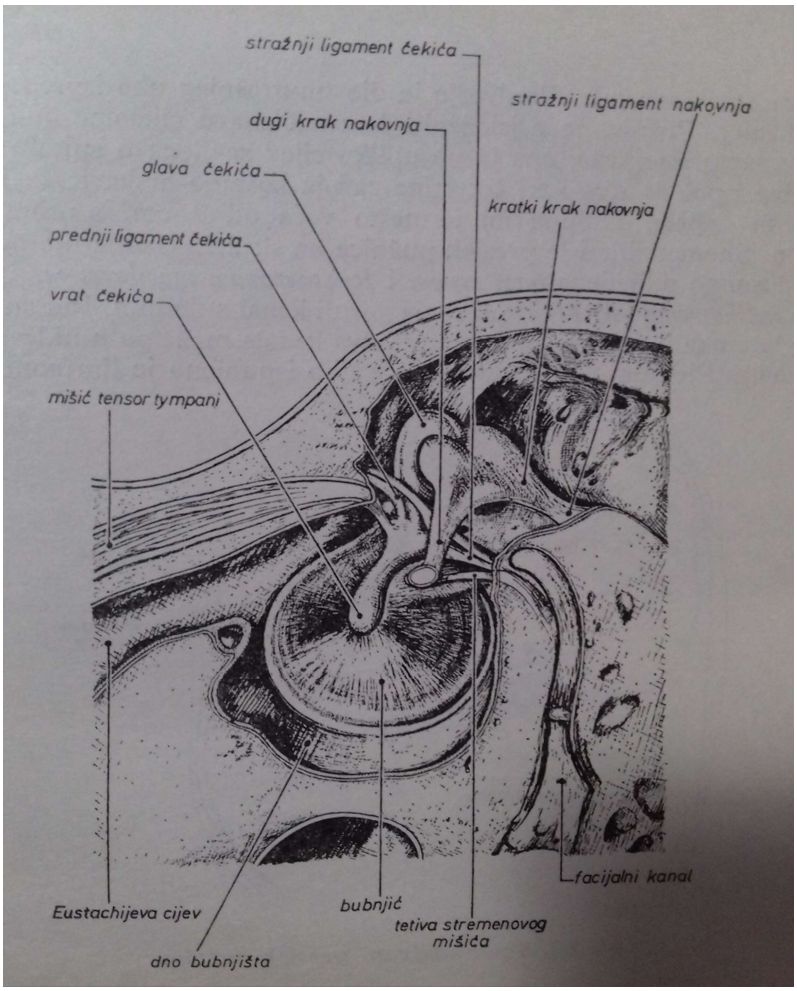
Funkciju prijemnika zvuka ima ljudsko uho koje radi na principu mikrofona, odnosno, akustičnu energiju pretvara u električnu što se postiže slijedom različitih dijelova koji sudjeluju u istom kao što su membrana, odnosno bubnjić te na uređaj kojim se prilagođuje impedancija, odnosno, na mikrofonski kabel tj. živčani sistem. Uho kao takvo dijelimo na tri glavna dijela: vanjsko uho, srednje uho i unutrašnje uho, što je vidljivo na slici 5. na kojoj je prikazana građa ljudskog uha.

Vanjsko uho sastoji se od ušne školjke, slušnog kanala i bubnjića. Ušna školjka skuplja zvukove te ih vodi do bubnjića preko slušnog kanala. Zadaća slušnog kanala je zaštita bubnjića i provod zvuka. Kada zvučni valovi dođu do bubnjića, on započinje vibrirati. Bubnjić je spojen na prvu košćicu srednjeg uha.

Srednje uho čine tri glavne košćice i to čekić, nakovanj i stremen koje su pričvršćene na ovalni prozorčić unutarnjeg uha. Zadaća košćica je provođenje vibracija što ih bubnjić preda njima, do ovalnog prozorčića. Srednje uho je preko Eustahijeve cijevi povezano s usnom šupljinom u svrhu ventiliranja i osiguranja jednakog tlaka s obje strane bubnjića.

Unutarnje uho se sastoji od predvorja, tri polukružna kanala i pužnice. Te šupljine ispunjene su tekućinom. Polukružni kanali služe za osjet ravnoteže. Najvažniji dio unutarnjeg uha je Cortijev organ koji ima vlaknaste stanice koje se detektiraju frekvencije i njihovim gubitkom čovjek gubi sposobnost da čuje.
(Autor obradio prema: Slavko Sever, Fizikalne štetnosti, 2007.god., str. 59)

Slika 5 Ljudsko uho



(Izvor: Tihomir Jelaković; Zvuk, sluh, arhitektonska akustika, 1978 god., str 35.)

3. ZAKONSKA REGULATIVA REPUBLIKE HRVATSKE

Zakonom o zaštiti na radu utvrđuju se opća načela prevencije i pravila zaštite na radu, prava i obveze radnika, poslodavaca i povjerenika, djelatnosti u vezi sa zaštitom na radu, te se osniva Zavod za unapređivanje zaštite na radu i utvrđuje se njegova djelatnost i upravljanje.

Svrha zakona o zaštiti na radu je smanjenje i sprječavanje ozljeda na radu, profesionalnih ozljeda pa i smrtnih slučajeva, te povećanje sigurnosti radnika na radnome mjestu. Prema članku 4. ovog zakona odredbe se primjenjuju u svim djelatnostima gdje radnici obavljaju poslove za poslodavca. Poslodavac i njegovi radnici dužni su ispunjavati odredbe, načela i pridržavati se propisa i pravila, u protivnom slijede sankcije te visoke novčane kazne.

Poslodavac je dužan provoditi zaštitu na radu. Obavezno mora obavijestiti radnika o mogućim opasnostima i štetnostima. Provođenje osposobljavanja za rad je jedna od važnih obaveza poslodavca. Također je dužan osigurati osobnu zaštitnu opremu, troškovi ne smiju teretiti radnika (Članak.17.). Obaveza radnika je obavljanje svih radnih zadataka za poslodavca prema ugovoru te osposobiti se za rad na siguran način kada ga na to uputi poslodavac (Članak 67.)

Članak 11. navodi opća načela prevencije, koje je poslodavac dužan provesti, i to:

1) izbjegavanje rizika
2) procjenjivanje rizika; npr. mjerenje buke na radnom mjestu
3) sprječavanje rizika na njihovom izvoru; npr. postavljanje prigušivača zvuka na izvore
4) prilagođavanje rada radnicima; npr. oblikovanjem mjesta rada, izborom odgovarajuće OZO
5) prilagođavanje tehničkom napretku
6) zamjena opasnog bezopasnim ili manje opasnim; npr. odabir manje bučnog radnog stroja ili uređaja
7) razvoja dosljedne sveobuhvatne politike prevencije povezivanjem tehnologije, organizacije rada, uvjeta rada, ljudskih odnosa i utjecaja radnog okoliša
8) davanje prednosti skupnim mjerama zaštite pred pojedinačnim
9) odgovarajuće osposobljavanje i obavješćivanje radnika
10) besplatnosti prevencije, odnosno mjere zaštite na radu za radnike

3.1 Zakon o zaštiti od buke

Ovim se zakonom utvrđuju mjere za smanjenje, sprječavanje i uklanjanje buke u okolišu. Mjerama zaštite od buke mora se spriječiti nastajanje emisije prekomjerne buke, odnosno smanjiti postojeća buka na dopuštene razine. (NN 30/09.čl 3.)

3.2. Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave

Boravišni prostor podrazumijeva svaki otvoreni ili zatvoreni prostor u kojem se ljudi privremeno ili trajno nalaze, a radni prostor je sredina u kojoj ljudi borave 8 h/d, te u njima obavljaju svoje radne dužnosti prema ugovoru s poslodavcem. Pod izvorima buke se smatraju svi strojevi, postrojenja, tehnički uređaji, te sva ostala sredstva za rad koja šire zvuk.

Prema pravilniku (NN. br.145/04) u RH vrijede sljedeće razine:

- donja upozoravajuća granica, $L_{EX,8h} \geq 80$ dB (A).
- gornja upozoravajuća granica, $L_{EX,8h} \geq 85$ dB (A).
- granična vrijednost izloženosti, $L_{EX,8h} \geq 87$ dB (A).

Obaveze poslodavaca pri određenim razinama izloženosti:

- pri izloženosti od $L_{EX,8h} \geq 80$ dB (A), mora omogućiti osposobljavanje za rad u bučnom prostoru, pružiti podatke o mogućoj buci i mjerama zaštite, te preporučiti OZO za korištenje.
- pri izloženosti od $L_{EX,8h} \geq 85$ dB (A), potrebno je obilježiti bučna radna mjesta, poduzeti tehničke i organizacijske mjere, osigurati zdravstveni nadzor, te osigurati OZO i nastojati da se koristi.
- izloženost pri buci od $L_{EX,8h} \geq 87$ dB (A) smatra se poslom s posebnim potrebama, te je poslodavac obvezan smanjiti izloženost radnika toj buci.

Najviše dopuštene ocjenske razine u otvorenom i zatvorenom prostoru su prikazani u tablici 2.

Tablica 2 Najviše dopuštene razine

Zona buke	Namjena prostora	Najviše dopuštene ocjenske razine buke imisije L_{RAeq} u dB(A)		Najviše dopuštene ocjenske razine buke imisije L_{RAeq} u dB(A)	
		za dan(L_{day})	noć(L_{night})	za dan(L_{day})	noć(L_{night})
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

(Izvor: NN br. 145/04)

Buka znatno djeluje na koncentraciju, ovisno o vrsti posla potrebna je veća ili manja koncentracija. Prema tome propisane su najviše dopuštene ekvivalentne razine buke za svako radno mjesto, tablica 3.

Tablica 3 Najviše dopuštene razine za svako radno mjesto

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

(Izvor: NN br. 145/04)

4. ZAŠTITA OD BUKE

Važno je da osoba koja radi ne osjeća smetnje pri radu te da se ne umara. To se može postići ukoliko se razumije dinamika rada uha pri izlaganju buci. A to je da pri 60 dB(A) dolazi do utiskivanja nakovnja u bubnjić te da pri 90 dB dolazi do znatnog utiskivanja što čine mišići u uhu koji se umaraju. (Tihomil Jelaković (1978): Zvuk, sluh, arhitektonska akustika- 2,1978, str 34).

Prvotno se sprječavanje nastanka rizika od oštećenja sluha te od same buke postiže osnovnim pravilima zaštite na radu, odnosno, tišim metodama rada, upotrebom najtiše radne opreme i njenim odgovarajućim održavanjem (npr. redovitim servisiranjem pila kod rezanja drva ili metala) te projektiranjem i planiranjem radnih mjesta i radilišta (npr. rezanje metala u jednoj prostoriji, a bojanje u drugoj prostoriji, postavljanjem kompresora na krov itd).

Isto se postiže i izolacijom strukturne komponente u vidu prigušenja ili vibroizolacije na način da se postave opruge, odnosno, da se postavljaju gume ispod strojeva i slično. Jedne od mjera zaštita jesu i odgovarajuće organizacijske mjere (redukcija izloženosti istoj, uvođenje rasporeda rada s odgovarajućim stankama te adekvatnim osposobljavanjem i informiranjem radnika te promjena radnog mjesta), odnosno organizacijsko-tehničke mjere (izbor malošumnih strojeva, redovno održavanje i remont istih te mehanizacija, automatizacija i robotizacija).

Ukoliko nije moguća provedba istih, poslodavac daje na raspolaganje odgovarajuću i prilagođenu osobnu zaštitnu opremu s preporukom da se ista upotrebljava kada izloženost buci prelazi donju upozoravajuću granicu izloženosti (LEX,8h = 80 dB(A); L_C,peak = 112Pa (135 dB(C) re 20μPa), odnosno, mora radnicima osigurati odgovarajuću osobnu zaštitnu opremu za zaštitu sluha i kontrolirati njezinu uporabu kada je izloženost jednaka ili viša od gornje upozoravajuće granice izloženosti (LEX,8h = 85 dB(A); LC,peak = 140Pa (137 dB(C) re 20μPa).

Ovisno o težini problema primjenjuju se različite kombinacije navedenih kako se rijetko problem može uspješno riješiti samo jednom mjerom. Na radnim mjestima na kojima se buka ne može ukloniti tehničkim sredstvima, odnosno, sniziti ispod dozvoljene propisane granice, potrebno je osobama zaposlenim na tim mjestima osigurati osobna zaštitna sredstva za zaštitu sluha koja su prikazana na slici 6. Dalje u tekstu. Ovisno o intenzitetu buke, propisuju se različita zaštitna sredstva, odnosno,

kod one od 75 dB se tako koristi zaštitna vata do 85 dB kada se koriste čepići, odnosno, kod jačine do 150 dB se koristi ušni štitnik (antifon). (Horvat, J., Regent, A. (2009): Osobna zaštitna oprema, ISBN 978-953-6911-43-1, Veleučilište u Rijeci).

Slika 6 Osobna zaštitna sredstva za zaštitu sluha - antifoni, čepići za uši (plastični, silikonski, spužvasti)



(Izvor: https://zastitanaradu.com.hr/novosti/Buka-i-zastita-na-radu-14)

Također, isto se postiže i izolacijom zračne komponente u vidu raznih oklopa i barijera (npr. stavljanje obloženih zavjesa i paravana između radnih mjesta ili manjih štitova od samog mjesta izvora buke npr. brušenja i slično). Prikaz jednog od primjera, u vidu aluminijskih panela, dan je na slici 7., dalje u tekstu.

Slika 7 Aluminijski paneli za zaštitu od buke



(Izvor: https://www.multivario.hr/aluminijski-paneli-za-zastitu-od-buke)

5. TERENSKO MJERENJE

5.1. Svrha mjerenja

Ispitivanje se provodi prema Pravilniku o djelatnostima za koje je potrebno utvrditi provedbu mjera za zaštitu od buke (NN 91/07). Prema čl. 5 provedena su mjerenja radi tehničkog pregleda novoizgrađenog objekta pri čemu su potrebna mjerenja ukupne razine buke imisije od svih postojećih i planiranih izvora buke zajedno pri čemu se zone mjerenja određuju na temelju dokumenata prostornog uređenja.

Mjeri se na visini ljudskog uha u trajanju većem od odjeka zvučnog tlaka u prostoriji ovisno o prostoriji npr. 15 sekundi za krivulju A, 35 ms za krivulju C. Potrebno je da se koristi stalak jer osoba može svojom površinom utjecati na mjerne rezultate. Potrebno je da se detektiraju svi izvori buke u prostoriji te da se predvidi adekvatan rizik za osobe koje rade analizirajući njihove udaljenosti od izvora buke te samo zbrajanje i zone veće razine buke u prostoriji.

5.2. Mjerni instrumenti

Osnovni mjerni instrument korišten za terensko mjerenje u ovome radu je ručni analizator 2250, prikazan na slikama 8. i 9. dalje u tekstu.
Različite kombinacije programskih modula te napredni hardver uređaja omogućuje precizna i pouzdana mjerenja bilo u radnoj sredini ili u industrijskom okruženju. Prednost uređaja je svakako mogućnost njegove nadogradnje u smislu novih programskih modula odnosno dodatnih aplikacija koje se isporučuju kao licence koje se lako instaliraju i mogu biti korištene u bilo kakvoj kombinaciji čime se šire mogućnosti mjerenja i analize.

Svaka isporuka tipa 2250 uključuje je i PC softver Measurement Partner Suite tip BZ 5503 za transfer, arhiviranje i izvoz podataka, daljinsku kontrolu rada instrumenta i održavanje softvera. PC Softveri za daljnju obradu podataka koji se mogu posebno naručiti su: 7815 Noise Explorer za pregledavanje i arhiviranje podataka na sistematičan i jednostavan način, 7820 Evaluator za naprednu analizu buke u životnoj sredini i 7825 Protector za analizu buke u radnoj sredini. Sve konfiguracije 2250 sadrže

osnovni, fonometarski program BZ7222. Čak i u najosnovnijoj konfiguraciji, tip 2250 sadrži veliki broj postavki za mjerenja i prikaz koja su prilagođena specifičnim zahtjevima. Sve karakteristike koje čine rad s analizatorom tip 2250 jednostavnim i pouzdanim su sadržane u osnovnom programu (BZ7222. Ovaj program, također uključuje i poluautomatski postupak kalibriranja koji se sastoji iz dva jednostavna koraka: uključiti kalibrator i dodirnuti polje Kalibracija na ekranu.

Programski moduli na analizatoru tip 2250 se mogu promatrati kao blokovi opcionalnih funkcija koje se mogu aktivirati licencnim kodovima. Neki od opcionalnih programskih modula jesu: Program frekvencijske analize, program za prikupljanje (logging), program naprednog prikupljanja, opcija snimanja zvučnog zapisa i opcija ocjene tonalnosti.

Slika 8 Bruel & Kjar ručni analizator tip 2250



(Izvor: http://www.measuretronix.com/en/products/bruelkjaer-type-2250-advanced-sound-level-meters)

PRIMJENA:

- Mjerenje i analiza buke u životnoj sredini.

- Mjerenje i ocjena buke u radnoj sredini.
- Kontrola kvaliteta proizvodnje.
- Mjerenja zvuka klase 1 prema aktualnim međunarodnim standardima.
- Frekvencijska analiza zvuka u realnom vremenu u oktavnim (1/1) ili tercnim (1/3) pojasnim opsezima.
- Mjerenje i analiza spektara i širokopojasnih parametara u ovisnosti o vremenu (logging).
- Mjerenje vremena reverberacije.
- Građevinska akustika.
- FFT analiza zvuka i vibracija.
- Dokumentiranje mjerenja korištenjem tekstualnih i govornih komentara.
- Dokumentiranje mjerenja pomoću zvučnog zapisa mjerenog signala.

KARAKTERISTIKE:

- Dodirno-osjetljivi ekran visoke rezolucije u boji.
- Mogućnost pamćenja podataka na SD memorijskim karticama.
- Integrirani USB i LAN interfejs za povezivanje s računalom.
- Jedinstveni dinamični opseg veći od 120 dB.
- Linearni širokopojasni frekvencijski opseg: od 3Hz do 20 kHz.
- Mogućnost prikupljanja širokopojasnih parametara i spektara i pamćenja vremenskog profila buke.
- Mogućnost pamćenja zvučnog zapisa mjerenog signala.
- Mogućnost daljinskog upravljanja i prijenosa podataka (3G, Wi-Fi…)
- Uz instrument se isporučuje i PC program za arhiviranje i pregledavanje mjerenja, izvoz u MS aplikacije (Excel) i generiranje izvještaja.
- Automatska detekcija vjetrobrana i automatska korekcija osjetljivosti za vjetrobransku karakteristiku.
- Robustan, zaštitno kućište IP44.

Slika 9 Bruel&Kjaer ručni analizator tip 2250



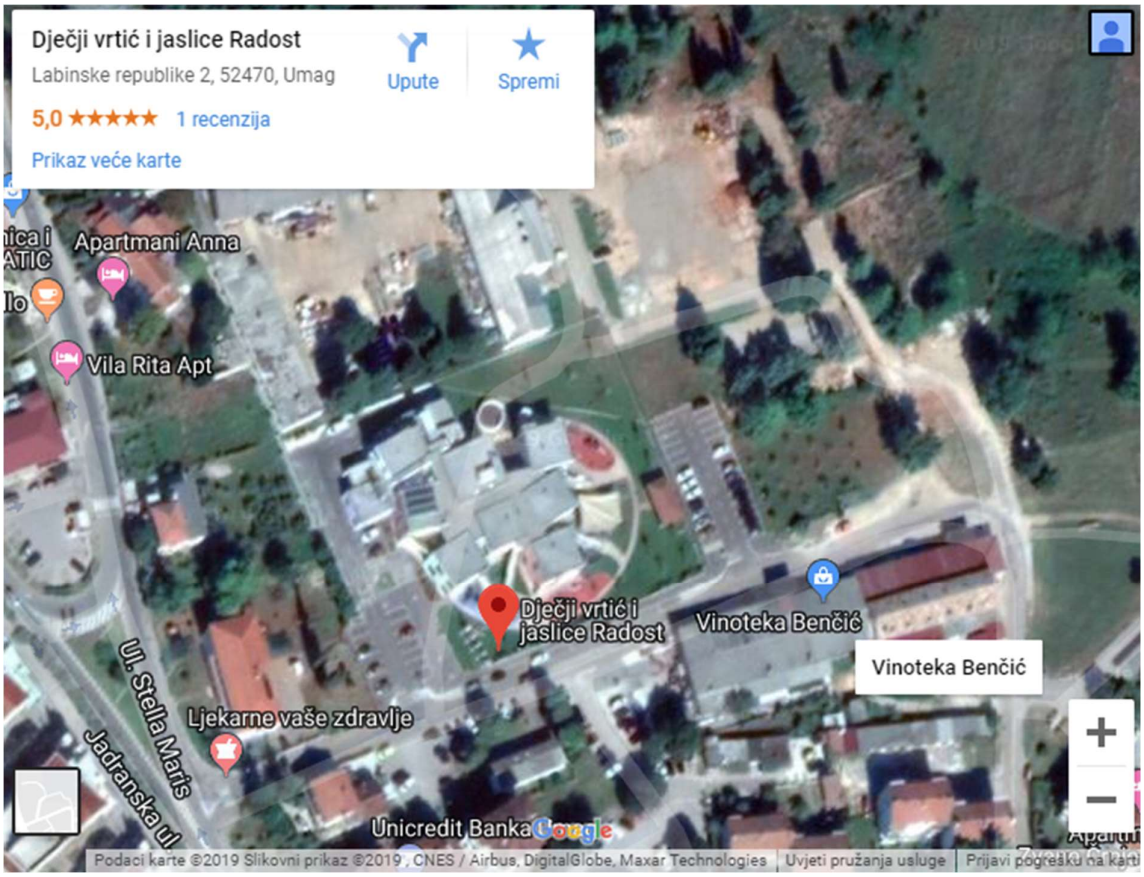
(izvor: https://www.bksv.com/en/products/sound-and-vibration-meters/sound-level-meters-and-vibration-meters/2250-series/Type-2250-L)

5.3. OPĆENITO O TERENSKOM ZADATKU

Novoizgrađeni dječji vrtić „Radost“ u Umagu, Iabinska b.b., od strane grada Umaga, u odnosu na Elaborat zaštite od buke, koji je izrađen 2014. godine za potrebe izgradnje istoga, ukazuje na odstupanja u smislu toga da pojedini dijelovi postrojenja za klimatizaciju rade i noću.

Na slici 10. Prikazana je satelitska snimka predmetnog objekta

Slika 10 Satelitska snimka novoizgrađenog vrtića Radost



Izvor: www.googlemaps.com

Emisija buke postavljenih izvora viša je u odnosu na projektom predviđene vrijednosti te je udaljenost najbližih stambenih objekata manja od u projektu navedenih. Također, slijedom navedenoga, u Elaboratu nisu definirane odgovarajuće mjere zaštite od proizašle buke u istome.

Od strane Zavoda za javno zdravstvo Istarske županije provedena su mjerenja 12.04.2019.prilikom kojih su utvrđena prekoračenja dopuštenih razina u dnevnim i

noćnim uvjetima. Sukladno važećim propisima za zaštitu od buke te mjerama zvučne zaštite, potrebno je razine iste dovesti u dopuštene okvire.

Ranije spomenute mjere zvučne zaštite odnose se na:

- Tehnička mjerenja koja se odnose ne mjerenje postojećih razina buke koja se širi od proizvodnog postrojenja u krugu samoga postrojenja u dnevnim i noćnim uvjetima s ciljem utvrđivanja zvučnih snaga izvora buke u svrhu projektiranja mjera zvučne zaštite.
- Izradu akustičnog modela širenja buke u okolišu s ciljem utvrđivanja koliko iznosi doprinos pojedinih izvora ukupnim razinama buke, u svrhu optimizacija mjera zvučne zaštite te potvrde rezultata proračuna.
- Projektiranje mjera zvučne zaštite kojima je potrebno razine buke dovesti u dopuštene okvire sukladno važećim propisima za zaštitu od buke, kao što je i stupanj smanjenja buke potrebno prilagoditi noćnim, odnosno, kritičnim uvjetima.
- Mjerenje razine buke nakon provedbe istih za sanaciju bučnih izvora na istim mjernim mjestima u svrhu poduzimanja dodatnih mjera zvučne zaštite, ukoliko je potrebno.

5.4. MJERENJA POSTOJEĆIH RAZINA BUKE PROIZVODNOG POGONA

5.4.1 Opći podatci- izbor mjernih mjesta

Mjerenja razina buke s ciljem utvrđivanja iznosa eventualnih prekoračenja te izračuna potrebnih mjera za zaštitu od buke obavljena su 12.04.2019 s početkom u 13.00 sati. Cilj istih jest bio utvrđivanje razina zvučne snage izvora buke, odnosno, specifičnih razina buke pri radu svih izvora buke u režimu maksimalne snage u dnevnim uvjetima.

Mjerenja su obavljena na ukupno 8 mjernih mjesta u blizini izvora buke:

MM1 (Mjerno mjesto 1) - klima komora kuhinje – mikrofon je postavljen na rub krova nadstrešnice, na visinu 1,5 m iznad krova

MM2 – klima komora kuhinje – mikrofon je postavljen na udaljenost od 2 m od uređaja – žaluzine ventilatora, na visinu od 1,5 m iznad krova

MM3, MM4 – dizalica topline – mikrofon je postavljen na rub krova, na visinu od

1,5 m iznad ruba

MM5 – klima komore dvorane – mikrofon je postavljen na udaljenost od 2 m od uređaja – žaluzine ventilatora, na visinu od 1,5 m iznad krova

MM6 – klima komore dvorane – mikrofon je postavljen na udaljenost od 4 m od uređaja – žaluzine ventilatora, na visinu od 1,5 m iznad krova

MM7 – klima komore dvorane – mikrofon je postavljen na udaljenost od 2 m od ruba nosive konstrukcije klima komore, pod kutom od 45° - od žaluzine ventilatora, na visinu od 1,5 m iznad krova

MM8 – klima komore kuhinje – mikrofon je postavljen na granici posjeda (pored ograde) u smjeru najbližeg stambenog objekta, na visinu od 1,5 m iznad tla.

Mjerenjem je ciljano obuhvaćen bukom najugroženiji stambeni objekt, istočno od vrtića (Stella Maris kbr.2). Isti je najbliži izvorima buke, zbog toga što će mjere zvučne zaštite, zasigurno i ispred ostalih stambenih objekata, koji se nalaze na većim udaljenostima od navedenog objekta, dovesti razinu buke unutar granica dopuštenih vrijednosti, zbog čega isti, koji se nalaze na većim udaljenostima, nisu predmet ovoga mjerenja.

Na području mjerenja prevladava mješoviti teren, odnosno, pretežito je ravan dok je između mjesta emisije i mjernih mjesta u krugu vrtića kombiniran u vidu betona i asfalta (tvrdo tlo), odnosno, u vidu zemljane i travnate površine u blizini stambenog objekta (meko tlo).Tvrdo tlo odbija i pojačava zvučni tlak dok meko tlo upija, tako da je jedna od preporuka da se i posade biljke koje bi upile buku.

5.4.2 IZVORI BUKE

Što se tiče samih izvora, oni dominantni smješteni su na krovu objekta i odnose se na:

- Klimu komore dvorane, proizvođača PROKLIMA Samobor, tip CPL 5200-7-L-M-CO, tvornički broj 13582/2016, prikazanu na slici 12.
- Klimu komore kuhinje, proizvođača PROKLIMA Samobor, tip CPL 8500-7-R-G-CO, tvornički broj 13583/2016, prikazanu na slici 13.
- Dizalicu topline, proizvođača DAIKIN Italija, tip EWYQ 190F-XS017, tvornički broj CH-16F01022-KKKKXX/2016, prikazanu na slici 14.

Na slici 11. Prikazana je novogradnja na kojoj je izvršeno mjerenje, odnosno sam autor prije početka mjerenja na kritičnim točkama.

Slika 11 Novogradnja



(Izvor: obrada autora)

Slika 12 Klima komore dvorane



(Izvor: obrada autora)

Slika 13 Klima komore kuhinje



(Izvor: Obrada autora)

Slika 14 Dizalica topline – iznad strojarnice vrtića



(Izvor: Obrada autora)

5.4.3 Mjerni uređaji i software za izradu akustičnog modela

Što se tiče samih mjerenja, ona su obavljena mjernom opremom koja odgovara zahtjevima Pravilnika o uvjetima glede prostora, opreme i zaposlenika pravnih osoba koje obavljaju stručne poslove zaštite od buke (Narodne novine broj 91/07) pa je tako korišten precizni zvukomjer proizvođača Bruel & Kjaer, danska, tip 2250L (klasa sukladno IEC 61672-1:2002), tv.br. 2566863 s mikrofonom proizvođača bruel & Kjaer, Danska tip 4189,tv.br 2199763.

Potvrda o umjeravanju zvukomjera izdana je od strane instituta IMS AD Beograd te od strane umjernog laboratorija, potvrda o umjeravanju broj 4877/15. Korišten je i zvučni umjerivač, kalibrator zvučnog tlaka proizvođača Bruel & Kjaer, Danska tip: 4231. Tv.br.2136580, kalibrator zvuka klase je točnosti 1 definirane u IEC 60942. Potvrda o umjeravanju zvučnog umjerivača izdana je od strane Instituta IMS AD Beograd, a od meteorološkog laboratorija za akustiku i vibracije, Uvjerenje o etaloniranju broj 5205/17.

Prije početka mjerenja i nakon provedenog mjerenja sva mjerna oprema za mjerenje buke je umjerena zvučnim umjerivačem, kalibratorom. U svrhu zaštite od vjetra korišten je štitnik promjera 40mm, s upadom zvučnog vala „frontal“ te uz korištenje odgovarajućih korekcija. Svi instrumenti korišteni za mjerenje posjeduju odgovarajuću programsku podršku, a sama obrada podataka obavljena je korištenjem programa Evaluator, tip 7820 verzija 4.16.

Mjerenja mikroklimatskih parametara obavljena su uređajem za mjerenje meteoroloških parametara proizvođača KIMO, tip AMI 300, tv.br. 10107637 (potvrda o umjeravanju Mjeriteljski laboratorij LOTRIČ METROLOGY d.o.o., Potvrda o umjeravanju broj: 255-16-17-2 od 2017-05-22). Pomoću specijaliziranog programa za izračun gušenja zvuka prilikom širenja u okolišu, Predictor, Danskog proizvođača Bruel & Kjaer, verzija 8.11., izrađen je akustički model.

5.4.4 PRIMJENJENI PROPISI I NORME

Ispitano i vrednovano prema normama:

HRN ISO 1996 – dio 1,2 (en), Akustika – opis, mjerenje i utvrđivanje buke okoliša: 1 dio: osnovne veličine i postupci utvrđivanja (2004).

2 dio: određivanje razina buke okoliša (2008).

Ocijenjeno prema:

Zakon o zaštiti od buke (Narodne novine broj 30/09, 55/13, 153/13 i 41/16)

Pravilnik o najvišim razinama buke u sredini u kojoj ljudi borave i rade (Narodne novine broj 145/04).

Ostali primijenjeni propisi

Zakon o zaštiti okoliša (Narodne novine broj 110/07).

Pravilnik o uvjetima glede prostora, opreme i zaposlenika pravnih osoba koje obavljaju stručne poslove zaštite od buke (Narodne novine broj 91/07).

Pravilnik o stručnom ispitu iz područja zaštite od buke (Narodne novine broj91/07).

Pravilnik o djelatnostima za koje je potrebno utvrditi provedbu mjera za zaštitu od buke (Narodne novine broj 91/07).

Pravilnik o načinu izrade i sadržaja karata buke i akcijskih planova te o načinu izračuna dopuštenih indikatora buke (Narodne novine broj 75/09).

5.4.5 METEOROLOŠKI UVJETI TIJEKOM MJERENJA

Tablica 4 Meteorološki uvjeti pri mjerenju

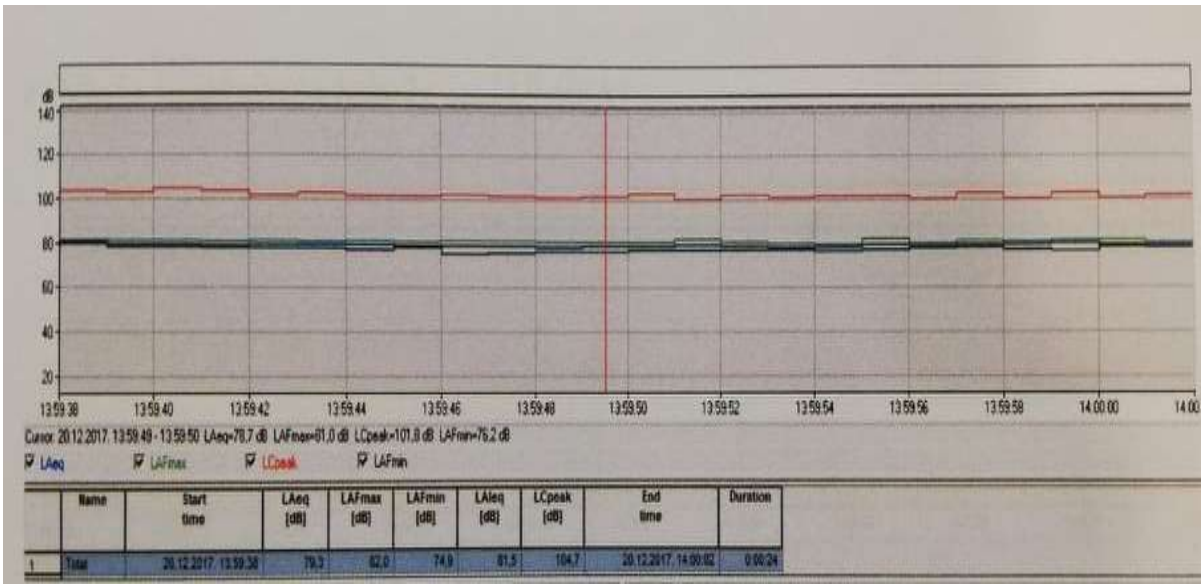
Datum mjerenja	12.04.2019
Vrijeme početka mjerenja	13.00
Temperatura (na visini 0,5m)	26 °C
Temperatura (na visini 10m)	26 °C
Relativna vlažnost	70 %
Brzina vjetra (na visini 0,5m)	1,5 m/s
Brzina vjetra (na visini 10m)	2,0 m/s
Smjer vjetra	-
Tlak zraka	1025 hPa
Vrijeme	Vedro, 0/8

5.4.6 Rezultati mjerenja

Rezultati mjerenja se odnose samo na navedene izvore buke pri radnim uvjetima tijekom mjerenja, odnosno, pri radu izvora buke na maksimalnom režimu. S ciljem utvrđivanja zvučne snage pojedinih izvora buke, mjerene su razine specifične buke pri radu dominantnih izvora na osam mjernih mjesta u blizini samih izvora. U nastavku su dani rezultati mjerenja ukupne buke na ključnim mjernim mjestima MM1, MM3 i MM6, koja se koriste za utvrđivanje zvučne snage izvora buke.

Kriterij potrebnog prigušenja razina buke preuzeti su iz Izvještaja o mjerenju Zavoda za javno zdravstvo Istarske županije. Razine rezidualne buke su mjerene u noćnim uvjetima rada i iznose 43 dB/A a dominantni izvor iste je i cestovni promet lokalnim prometnicama u Umagu. Temeljem zone buke u kojoj se nalaze bukom najugroženiji stambeni prostori, utvrđeni su ocjena i adekvatni kriterij za smanjivanje buke.

Grafikon 1 MM1 – razina ukupne buke L_{Raeq}: 79,3 dB(A), dio 1

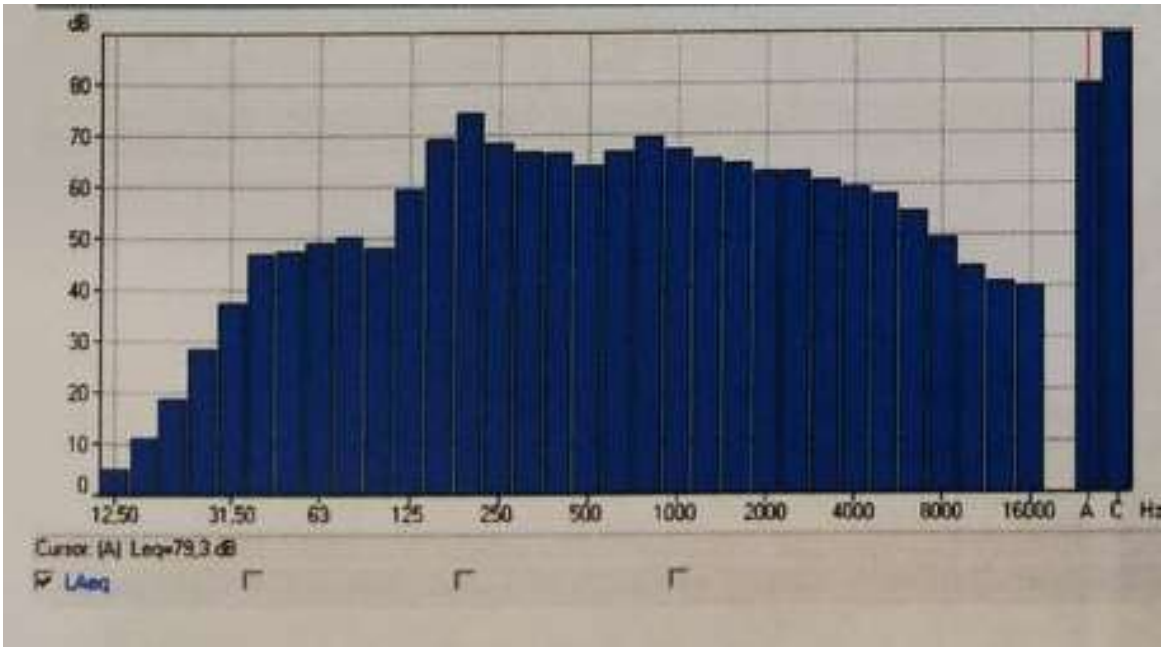


Izvor: Obrada autora

Rezultati mjerenja u vidu vremenskog dijagrama, tercnog spektra, vrijednosti najviših, najnižih i ekvivalentnih razina buke te statički podaci su dani u nastavku. Kako su vrijednosti tonalnog i impulsnog prilagođenja jednake nuli (0 dB), izmjerene ekvivalentne razine buke su ujedno i ocjenske razine.

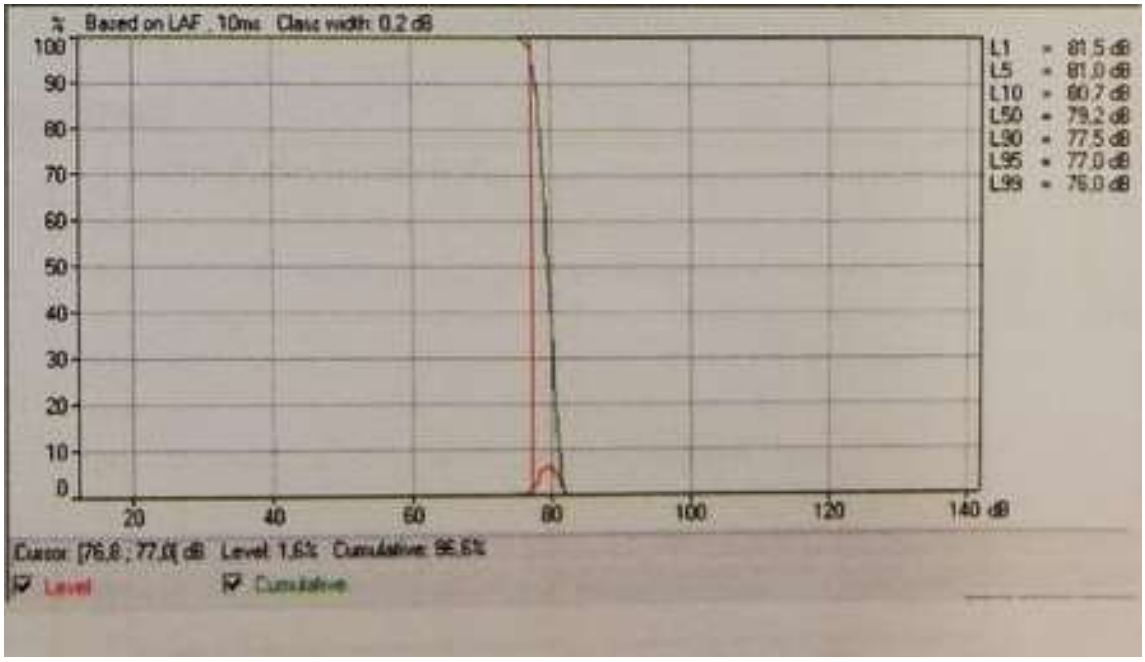
Frekvencijsko vrednovanje na grafikonu MM1 – razina ukupne buke L_{Raeq}: 79,3 dB(A) dio 2 pokazuje uravnotežen izvor buke od 2000 Hz do 4000 Hz.

Grafikon 2 MM1 – razina ukupne buke L_{Raeq}: 79,3 dB(A), dio 2



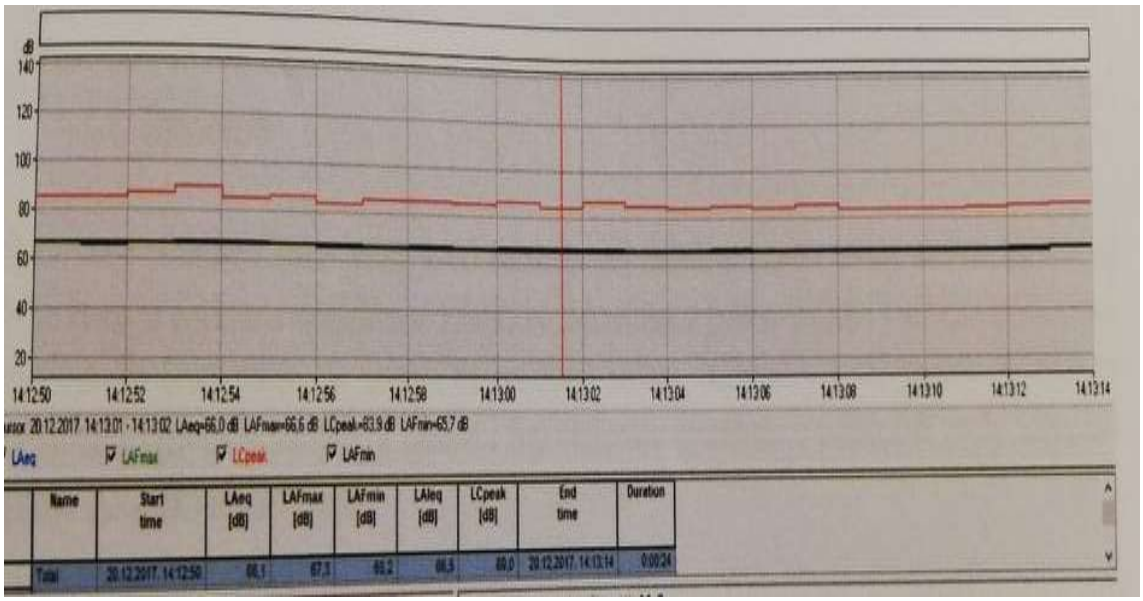
Izvor: Obrada autora

Grafikon 3 MM1 – razina ukupne buke L_{Raeq}: 79,3 dB(A), dio 3



Izvor: obrada autora

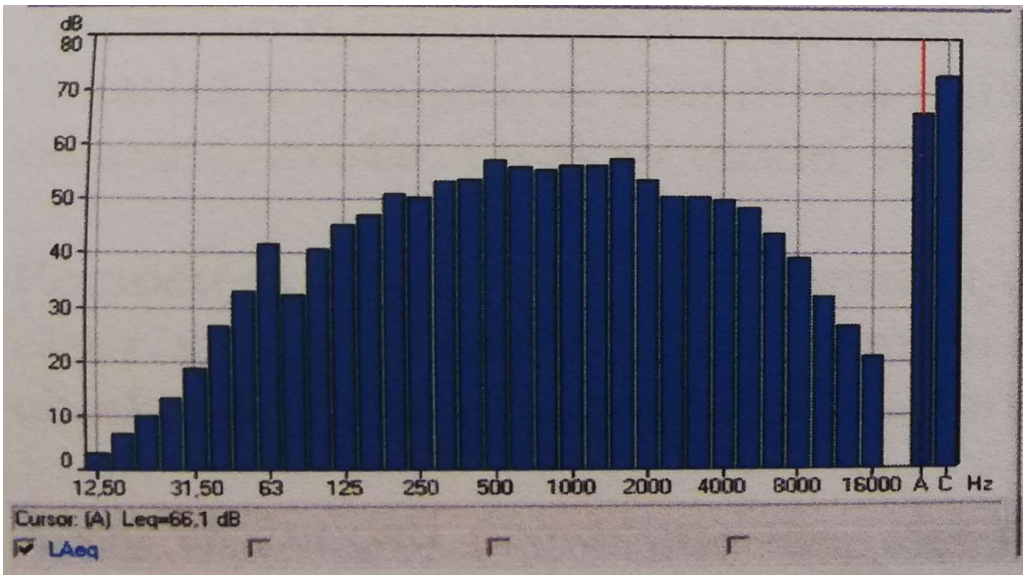
Grafikon 4 MM3 –razina ukupne buke L_{Raeq}: 66,1 dB, dio 1



Izvor: obrada autora

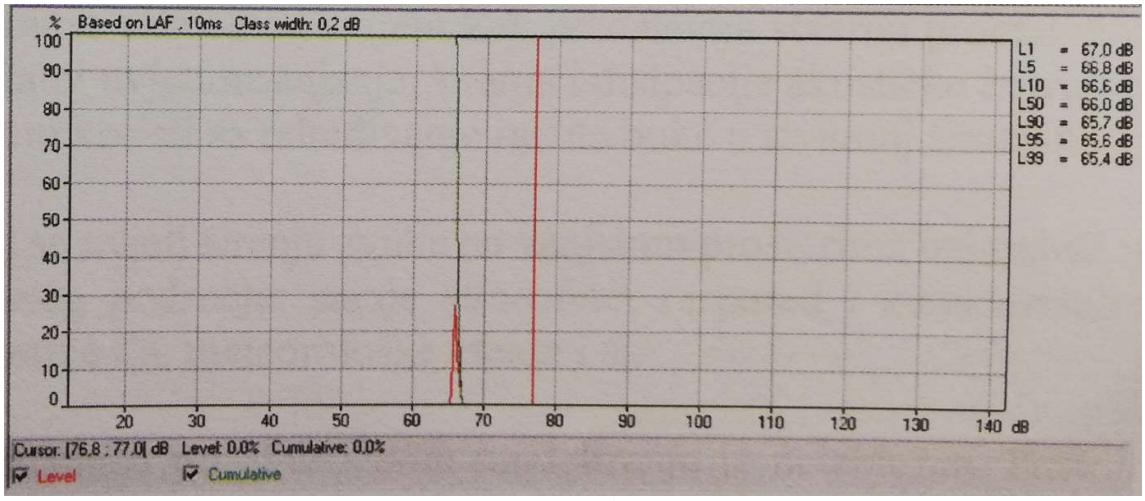
Frekvencijsko vrednovanje na grafikonu MM3 – visina zbroja razine zvučnog tlaka L_{Raeq}: 66,1 dB(A) dio 2 pokazuje porast od nule do 50 dB niskih frekvencija do 500 Hz, zatim konstantnu razinu do 6000 Hz i onda pad do 16000 Hz. Dakle nije visoka razina međutim u višem frekventnom polju koji se kreće od 2000 Hz na više javljaju se visoke razine zvučnoga tlaka.

Grafikon 5 MM3 –razina ukupne buke L_{Raeq}: 66,1 dB, dio 2



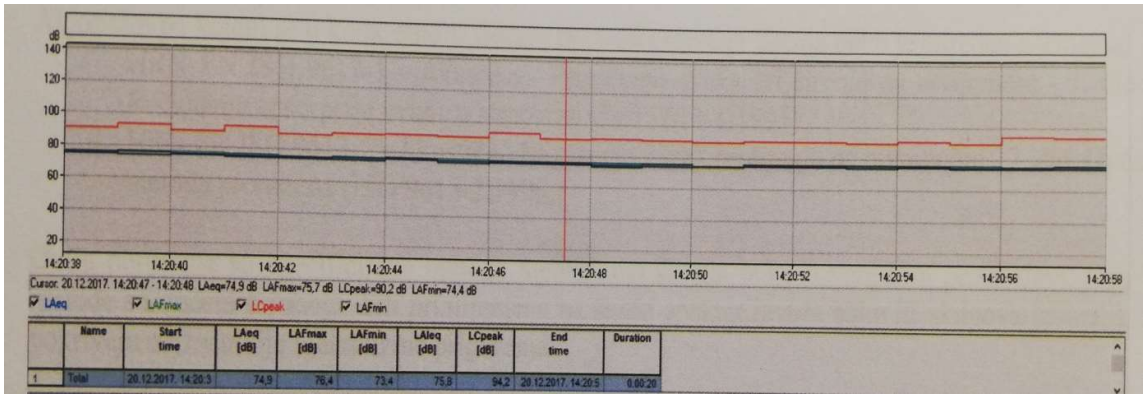
Izvor: Obrada autora

Grafikon 6 MM3 –razina ukupne buke L_{Raeq}: 66,1 dB, dio 3



Izvor: Obrada autora

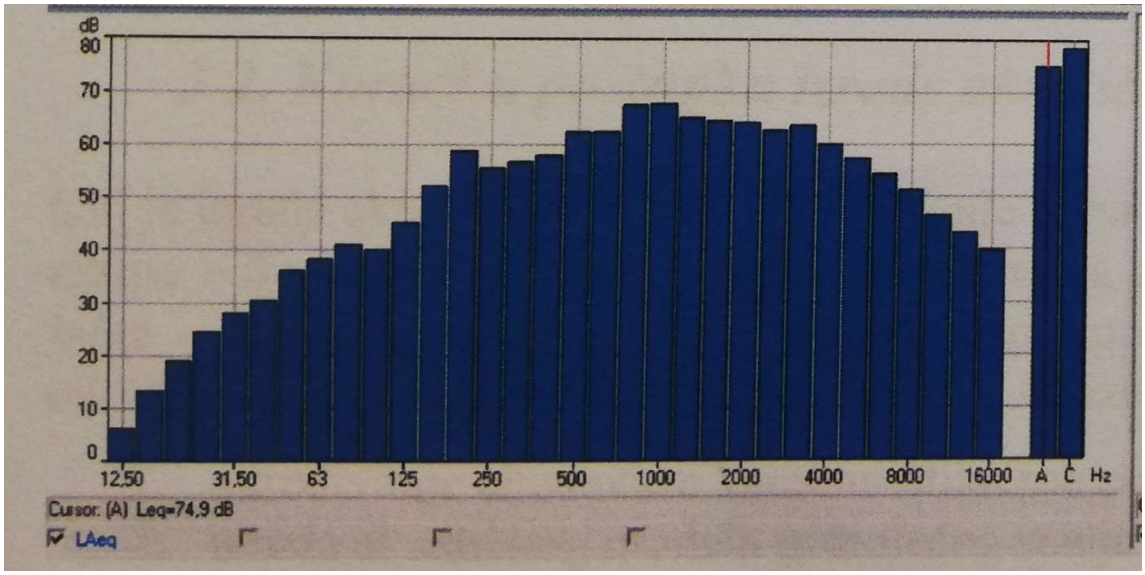
Grafikon 7 MM6- razina ukupne buke L_{Raeq}: 74,9 dB(A), dio 1



Izvor: Obrada autora

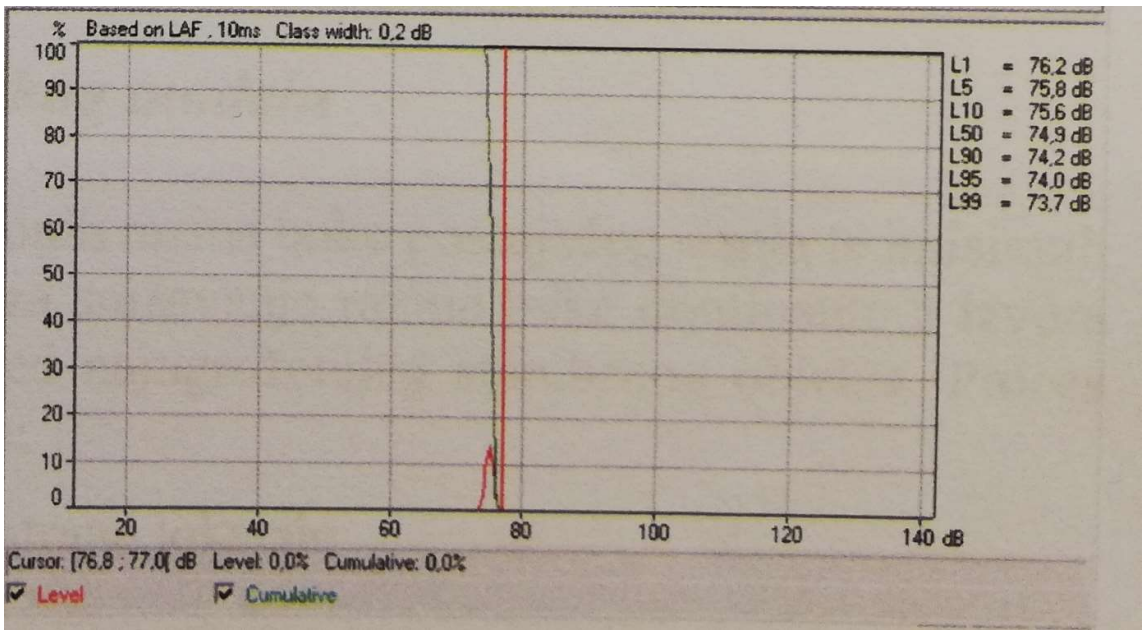
Frekvencijsko vrednovanje na grafikonu MM6 – visina zbroja razine zvučnog tlaka L_{Raeq}: 74,9 dB(A) dio 2 pokazuje porast od nule do 68 dB niskih frekvencija do 1000 Hz, zatim konstantnu razinu do 4000 Hz i onda pad do 16000 Hz. Dakle nije visoka razina međutim u višem frekventnom polju koji se kreće od 2000 Hz na više javljaju se visoke razine zvučnoga tlaka.

Grafikon 8 MM6- razina ukupne buke L_{Raeq}: 74,9 dB(A), dio 2



Izvor: Obrada autora

Grafikon 9 MM6- razina ukupne buke L_{Raeq}: 74,9 dB(A), dio 3



Izvor: Obrada autora

6. AKUSTICKI MODEL

6.1. Općenito

Prvenstveno problem rješavanja buke predstavlja jednu od najsloženijih zadaća u vidu zaštite okoliša kako je ista često povezana sa složenim tehničkim zahvatima, odnosno, gotovo uvijek i s velikim troškovima. Predviđanje štetnosti određene razine buke može se izvesti na nekoliko načina, no inženjerskim zahvatima s velikom točnošću i vjernošću modela, a ujedno i fleksibilnošću proračuna u potpunosti može udovoljiti jedino akustično modeliranje. Ono se odnosi na proces stvaranja virtualnog svijeta koji je zapravo model stvarne promatrane situacije te se u njemu simuliraju fizikalni uvjeti nastajanja, širenja i disipacije akustične energije, odnosno zvuka te se slijedom navedenog, ovakav model koristi za određivanje razine buke u stvarnoj situaciji. Simuliraju se uvjeti širenja zvuka na vanjskom prostoru pri čemu se uzimaju u obzir svi utjecajni faktori promatranog prostora, odnosno, stanje atmosfere, raspored i karakteristika objekta, lokalna topografija, karakteristike tla, meteorološki efekti i sl.

Sama složenost proračuna pri akustičnom modeliranju zahtjeva uporabu računala, odnosno suvremenih programa za provođenje istoga, primjerice Lima 7812, Predictor 7810- proizvodi tvrtke Bruel&Kjaer. Programi su, pored ostaloga, primjenjivi i u situacijama kada je potrebno odrediti razinu buke nakon primjene mjera za zaštitu od buke, što je osnovni cilj predmetnog akustičnog modela.

Algoritam po kojem se u konkretnom slučaju provodi proračun širenja buke je određen normama kojima su specificirane metode mehanizma širenja buke u vanjskim prostorima. One su same po sebi općenite i mogu biti primijenjene na široki spektar izvora buke ili sklopova izvora, a pokrivaju najznačajnije mehanizme prigušenja.

HRN EN ISO 9613-1 – Akustika – prigušenje zvuka pri širenju na otvorenom – 1 dio: Računanje apsorpcije zvuka u atmosferi (ISO 9613-1:1993)

HRN EN ISO 9613-2- Akustika – Prigušenje zvuka pri širenju na otvorenom – 2 dio: Opća metoda proračuna (ISO 9613-2:1996)

6.2. KORACI U POSTUPKU IZRADE AKUSTIČKOG MODELA

Cilj izrade akustičkog modela jest određivanje imisionih razina buke postojećeg stanja te imisionih razina buke nakon primjene optimiziranih mjera za snižavanje buke dominantnih izvora buke (dizalice topline i klima komora) ispred najugroženijeg stambenog objekta. Proces određivanja navedenih razina je podijeljen u četiri faze, odnosno, određivanje akustičnih karakteristika promatrane lokacije,izrada akustičnog modela postojećeg stanja, kalibracija modela te izrada akustičkih modela stanja nakon primjene mjera za snižavanje razine buke.

6.3. ODREĐIVANJE AKUSTIČNIH KARAKTERISTIKA

U prvoj fazi određeni su svi relevantni faktori koji definiraju akustične karakteristike okoline promatrane lokacije. Očevidom su utvrđene karakteristike okolnog tla (dijelom tvrdo – beton i asfalt, a dijelom mekano – travnata i zemljana površina) kao i položaj i svojstva objekta (stambene kuće standardnih karakteristika, pomoćni objekti). Konfiguracija terena je detaljno utvrđena pomoću državne geodetske karte, te snimljenih podataka na terenu.

U svrhu utvrđivanja imisionih razina buke provedena su ranije navedena mjerenja razina buke dizalice topline te klima komora dvorane i kuhinje, kao i dominantnih izvora buke.

6.4. IZRADA AKUSTIČNOG MODELA POSTOJEĆEG STANJA

Na temelju skupljenih podataka iz faze 1 izrađuje se akustični model i provodi simulacija postojećeg stanja. U preliminarni model promatrane situacije uneseni su dominantni izvori buke, odnosno, dizalice topline te klima komore dvorane i kuhinje, karakterizirani kao plošni izvori buke te je na temelju rezultata mjerenja razina zvučnog tlaka, metodom reverzibilnog inženjeringa, utvrđena ukupna zvučna snaga i zvučna snaga svakog pojedinog izvora, kao i spektralne oktavne razine – tablica u nastavku:

Tablica 5 Ukupna zvučna snaga i zvučna snaga svakog pojedinog izvora te spektralne oktavne razine

Izvor buke	**Zvučna snaga (L_{WA}), dB(A)**								
	Središnja fr.,Oktava, Hz								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	**Ukupna vrijednost dB(A)**
Klima komora kuhinje	70,5	86,2	91,3	85,9	87,9	83,5	80,1	72,2	94,95
Klima komora dvorane	61,6	72,4	78,4	81,5	87,0	84,2	81,5	72,5	90,62
Dizalica topline	55,2	61,6	67,8	72,0	72,0	70,8	65,9	57,1	77,48

Izvor: obrada autora

Proračun je proveden uz sljedeće meteorološke parametre:

- Temperatura 26°C.
- relativna vlažnost 70%.
- tlak zraka 1025 hPa.
- razmak između točaka modela 1m.
- visina proračuna – mreže točaka 4m.

Proračun je, osim u točkama mreže, obavljen i u diskretnim točkama, primjerice na mjestu ocjenjivanja buke, ispred bukom najugroženijeg objekta. Ostali izvori buke vrtića su znatno manje zvučne snage te samim time nemaju utjecaja na razine buke ispred najugroženijih stambenih objekata, odnosno, nisu navedeni kao izvori buke u proračun.

6.5. KALIBRACIJA MODELA

Kalibracija se modela provodi u cilju što točnijeg određivanja svih relevantnih faktora koji imaju utjecaj na akustične karakteristike promatrane lokacije u određenome trenutku. Time se postižu točniji rezultati pri simulaciji i općenito podiže pouzdanost modela u situacijama koje se ne mogu provjeriti mjerenjem, kao što je to u slučaju nakon provedbe mjera za snižavanje razina buke. Pri kalibraciji se uspoređuju rezultati simulacije, odnosno, izračuna s rezultatima mjerenja, te se u slučaju potrebe, podešavaju parametri koji imaju značajnog utjecaja čime se postiže u konačnici slaganje rezultata mjerenja i modeliranja unutar predviđene tolerancije.

Što se tiče našeg mjerenja, unaprijed definirana tolerancija +/- 1dB na mjernom mjestu (i svakoj točki modela) postignuta je bez kalibracije modela – na mjernom mjestu MM1, ispred prozora s dvorišne strane stambenog objekta na adresi Stella Maris kbr 2, izmjerena je razina buke od 59,2 dB, a modeliranjem je dobivena razina od 59,0 dB, odnosno, razlika je u 0,2 dB.

6.6. TEHNIČKI ZAHTJEVI

Pravilnikom je postavljen zahtjev da razina buke ispred najugroženijih stambenih objekata ne prelazi vrijednosti dane u tablici 1 istog pravilnika, ovisno o dobi dana. Bukom najugroženiji stambeni objekt se nalazi, sukladno planu namjene prostora grada Umaga – dio GUP-a, u sljedećim zonama, prema pravilniku:
Stela Maris kbr 2- u zoni mješovite, pretežito stambene namjene – zona 3 Pravilnika.
Najviše razine vanjske buke koje su dopuštene ispred najugroženijih stambenih objekata u Zoni 3 su 55dB danju i 45dB noću.

Osnovni kriterij za ocjenjivanje vanjske buke ispred najbližih stambenih zgrada noću je, dakle, 45dB ispred stambenog objekta Stella Maris kbr 2 u Umagu. U najnepovoljnijem slučaju, pri radu izvora buke u režimu maksimalne snage (rad i u noćnom režimu od 06,00 do 07,00 h i u dnevnom režimu), razine ukupne buke u takvim uvjetima, kao i razine prekoračenja dopuštenih razina buke iznose:

Tablica 6 Razina ukupne buke te razine prekoračenja razine iste (prije sanacije)

Mjerno mjesto	Rad izvora buke dB	Dopuštena razina buke dB	Iznos prekoračenja dB
MM1	59,2	45	14,2

Izvor: obrada autora

Prekoračenje dopuštenih razina vanjske buke ispred stambene zgrade na mjernom mjestu 1 (MM1) iznosi 14,2 dB pri čemu se kao osnovni kriterij za sniženje buke uzima prekoračenje do 14,2 dB. Uzevši u obzir spektar emitirane buke novih izvora buke (značajno zračenje zvuka na srednjim i nižim frekvencijama), zaključuje se kako dovođenje razina buke u zakonske okvire u vanjskom prostoru predstavlja veliki problem. Zone, a niti granice zona iz urbanističkog plana nisu zone i granice zona definirane

Pravilnikom o najvišim dopuštenim razinama buke (Narodne novine broj 145/05) te se ne poklapaju s granicama urbanističkih zona. Zbog navedenog, ocjenjivanje vanjske buke nije obavljeno na granici zona buke, već smo ispred najugroženijih stambenih objekata.

6.7. AKUSTIČNO RJEŠENJE

Kako su prekoračenja dopuštenih razina buke u odnosu na najbliže stambene prostore tijekom noći dosta visoka, odnosno, na mjernom mjestu MM1 iznose 14,2 dB i same mjere koje bi trebalo poduzeti u svrhu dovođenja razina buke u dopuštene okvire su značajne. S obzirom na to, ovim se radom predviđaju mjere koje će osigurati da izvori buke emitiraju razinu buke koje na imisijskom mjestu MM1 ne prekoračuje najviše dopuštene vrijednosti koje su propisane Pravilnikom.

Analizom izvora buke zaključeno je kako aktivne mjere zaštite, odnosno mjere zaštite na samome izvoru ne mogu biti primijenjene u smislu zamjene postojećih klima komora i dizalica topline manje bučnima te pomicanje radne točke ventilatora klima komora, što se odnosi na smanjenje broja okretaja i slično, te je slijedom toga zaključeno kako je najbolje rješenje ovog problema primjena mjera na putu širenja

buke od izvora prema mjestima imisije, odnosno, primjena pasivnih mjera zaštite.

Rješenje ovog problema moguće je ostvariti primjenom akustičnih mjera zaštite u vidu postavljanja izolacijsko-apsorpcijske barijere ispred dizalice topline s ciljem sprječavanja prekomjernih širenja buke u bukom najugroženije stambene prostore te prigušenjem buke koja se od ventilatora klima komora kuhinje i dvorane šire prema vanjskom prostoru, odnosno, postavljanjem prigušivača buke.

Veličina i ostale dimenzije barijere za zaštitu od buke te vrsta prigušivača buke utvrđeni su temeljem proračuna, za što je osnova bio akustični model. Nakon provedbe mjera za sanaciju potrebno je obaviti kontrolna mjerenja u vanjskom prostoru ispred bukom najugroženijeg stambenog objekta, na istom mjestu na kojem su ranije obavljena mjerenja.

Ukoliko se utvrdi da rezultati zadovoljavaju postojeće kriterije, nije potrebno poduzimati dodatne mjere zaštite, odnosno, ukoliko navedeni kriteriji nisu ispunjeni potrebno je poduzeti dodatne mjere zvučne zaštite.

6.7.1. Postavljanje izolacijsko-apsorpcijske barijere ispred dizalice topline

S ciljem sprječavanja prekomjernog širenja buke od dizalice topline, potrebno je postaviti izolacijsko-apsorpcijsku barijeru.

Opći tehnički zahtjevi prilikom postavljanja iste jesu:

a) da se barijere izvode od čeličnog lima (trapezni), debljine 1 mm.

b) da se s unutrašnje strane (prema izvoru buke) na materijal barijere pričvršćuje pojačano hidrofobna mineralna vuna kao TERVOL APG-S (Termika, Novi Marof) gustoće oko 60 kg/m^3(ili više) i debljine 10 cm.

c) da se na mineralnu vunu postavlja zaštitni tanki perforirani aluminijski lim ili metalna mreža (perforacija min. 30 %).

d) da na profilu na dnu barijere treba predvidjeti rupe za odvod vode.

e) da elemente za učvršćivanje barijere treba odrediti prema zahtjevima statičkog i dinamičkog opterećenja (vjetar).

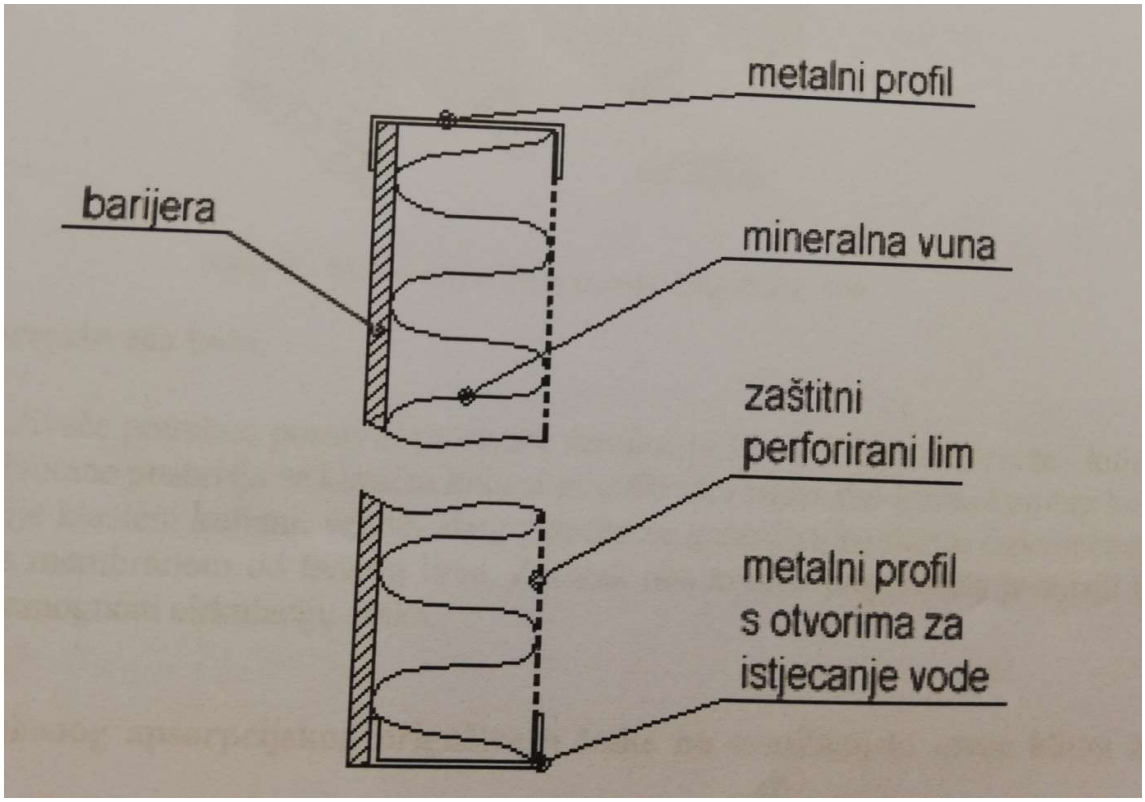
f) da je prilikom izvedbe barijere nužno poštivanje točnih dimenzija barijere i njenog položaja u odnosu na promatrani izvor.

g) da dimenzije barijere po širini trebaju biti takve da ona obuhvaća dizalicu

topline tako da je osigurano zaslanjanje gledano prema najbližim stambenim kućama.

h) da gornji dio barijere mora biti nagnut prema izvoru buke pod kutom od 45° ili manje u odnosu na vertikalu, ali uz uvjet da položaj vrha barijere zadovoljava zahtjeve s grafičkih priloga – udaljenost od izvora na visinu barijere.

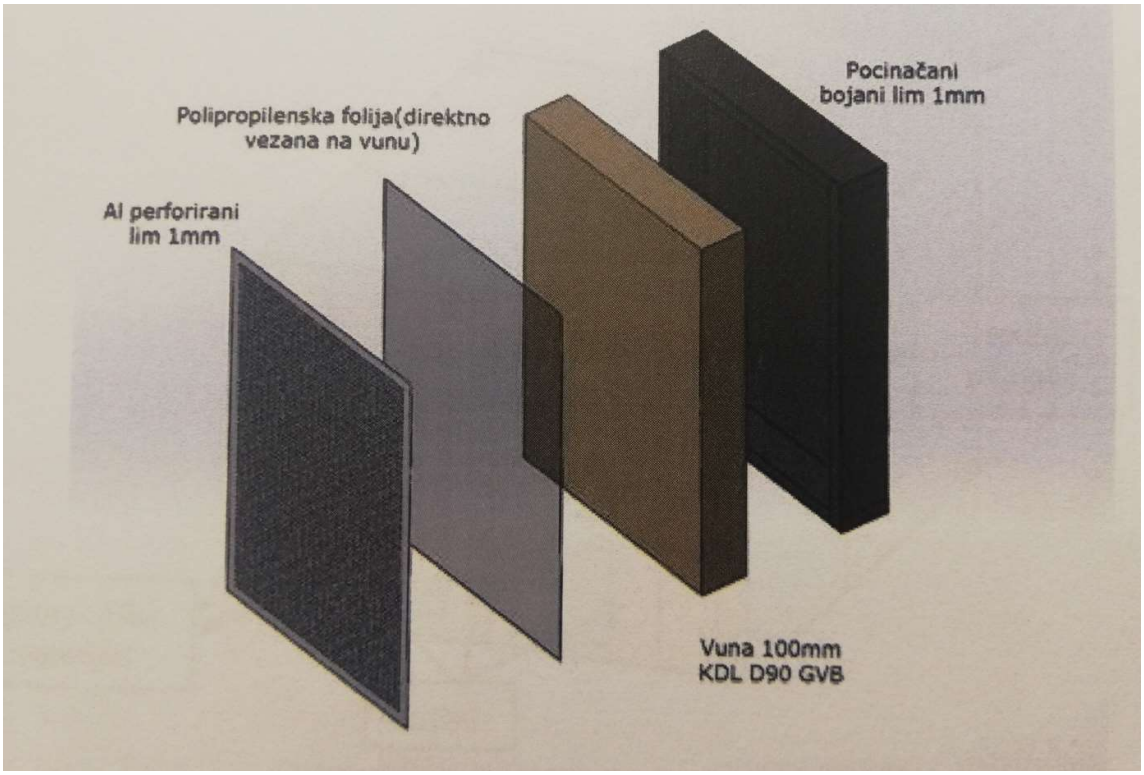
Shema 1 Strukture barijere



Izvor: Izobell 100, Đuro Đaković

U proračunima su korišteni podaci o zvučno izolacijskim i zvučno apsorpcijskim svojstvima akustičnog panela IZOBELL 100, proizvođača Đuro Đaković – Montaža Izolak, čiji je sastav prikazan na slici 15., dalje u tekstu. Kako bi akustični paneli i u ugrađenom stanju ostvarili karakteristike laboratorijskih ispitivanja, prije ugradnje, potrebno je brtvljenje između ploča panela. Također, zvučna barijera dizalice topline može biti izrađena od izolacijsko-apsorpcijskih panela drugih proizvođača dostupnih na tržištu (pr. izoformapaneli d.o.o. Rupa, Kingspan,....) s time da treba uzeti u obzir da vrijednost zvučne izolacije panela oktave 250 Hz mora biti minimalno 21 dB, a jednobrojna vrijednost zvučne izolacije barem 35 dB.

Slika 15 Sastav akustičkog panela IZOBELL 100



6.7.2. POSTAVLJANJE PRIGUŠIVAČA BUKE

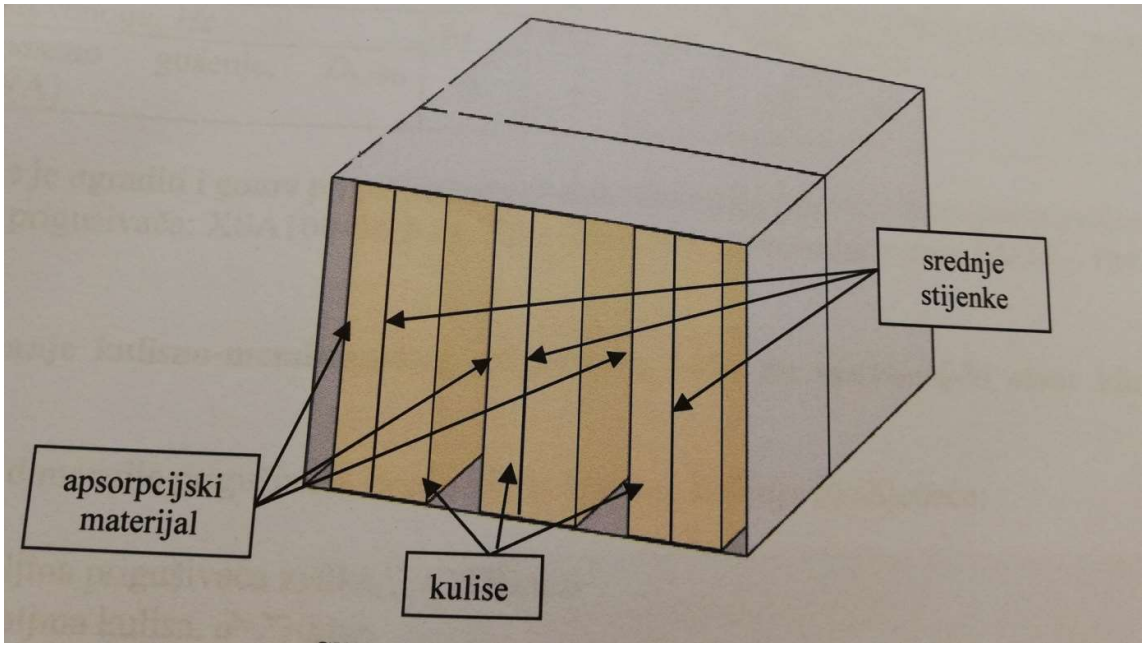
Zvučne prigušivače potrebno je postaviti na otvore ventilatora klima komora dvorane i kuhinje, dok se na klima komoru dvorane postavlja klasični kulisni prigušivač. S druge strane, prigušivač klima komore kuhinje je znatno veći te nije klasično kulisni te je zbog potrebe za prigušenjem na nižim frekvencijama, dio kulisa komora s membranom tankog lima. U konačnici je zadatak oba zvučna prigušivača sniziti buku na traženu razinu i omogućiti cirkulaciju zraka.

6.7.3. POSTAVLJANJE KULISNOG APSORPCIJSKOG PRIGUŠIVAČA BUKE NA VENTILACIJSKI OTVOR KLIMA KOMORE DVORANE

Presjek zvučnih prigušivača biti će pravokutan kako su i postojeći otvori istoga oblika, dimenzija također prilagođenih onima postojećih ventilacijskih otvora (720 x 1800 mm). Kod pravokutnih se otvora u pravokutno kućište prigušivača umeću prigušne kulise izrađene od pojačano hidrofobnemineralne vune kao Tervolapg-s (Knaufinstalation, Novi Marof) gustoće oko 60 kg/m^3 (ili veće gustoće), odnosno,

površinsko ravni apsorber od spužve kao Oriofon PR (OriolikOriovac). Mineralna vuna se, s vanjske strane, oblaže metalnom mrežom ili perforiranim čeličnim ili Al limom, s kružnom perforacijom s otvorima promjera 3-5 mm, uz udio otvora na ukupnoj površini od minimalno 30 %. Vanjska i srednja stijenka prigušivača izrađuju se od čeličnog lima debljine 1,5 mm.

Shema 2 Kulisni prigušivač zvuka

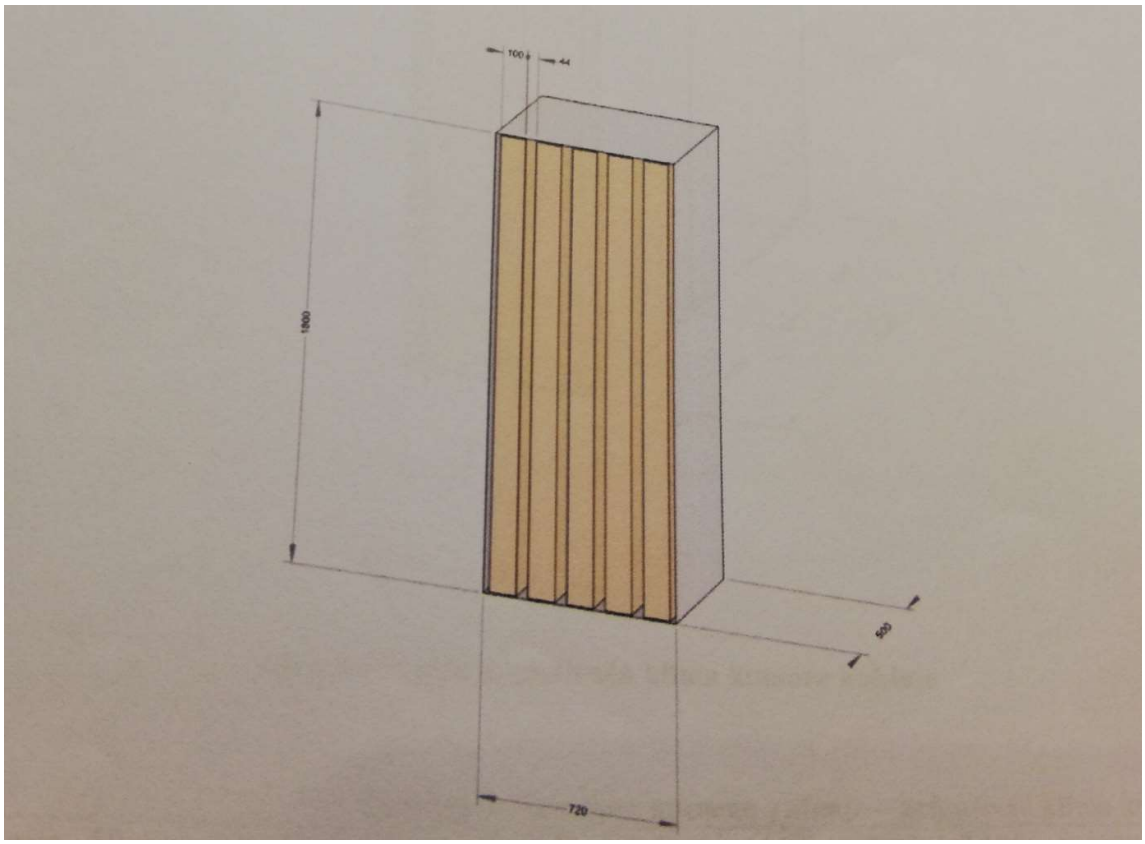


Izvor: Knaufinstalation, Novi Marof

Potrebne dimenzije prigušivača zvuka klima komore dvorane su sljedeće:

- duljina prigušivača zvuka, L=500 mm.
- debljina kulisa, d=100 mm.
-razmak između kulisa, s= 44 mm.
-širina prigušivača, H=720 mm.
-visina prigušivača, B=1800 mm.
-udaljenost bočnih metalnih stijenki od prve kulise, s/2=22 mm.

Shema 3 Izgled prigušivača klima komore dvorane



Izvor: Knaufinstalation, Novi Marof

Tablica 7 Prikaz unesenog prigušenja (dB)

Frekvencija, Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Uneseno gušenje, dB	93	25	10	18	36	42	29	22

Izvor: obrada autora

Iz navedene tablice primjećuje se da je pri visokim frekvencijama od 1000 Hz do 4000 Hz prigušenje od 30 dB što je značajno za očuvanje ljudskog sluha koji je pri tim frekvencijama najranjiviji.

6.7.4.POSTAVLJANJE KULISNO-MEMBRANSKOG PRIGUŠIVAČA BUKE NA VENTILACIJSKI OTVOR KLIMA KOMORE KUHINJE

Potrebne dimenzije prigušivača zvuka klima komore kuhinje su sljedeće:

-duljina prigušivača zvuka, L=2250mm.

-debljina kulisa, d=230mm.

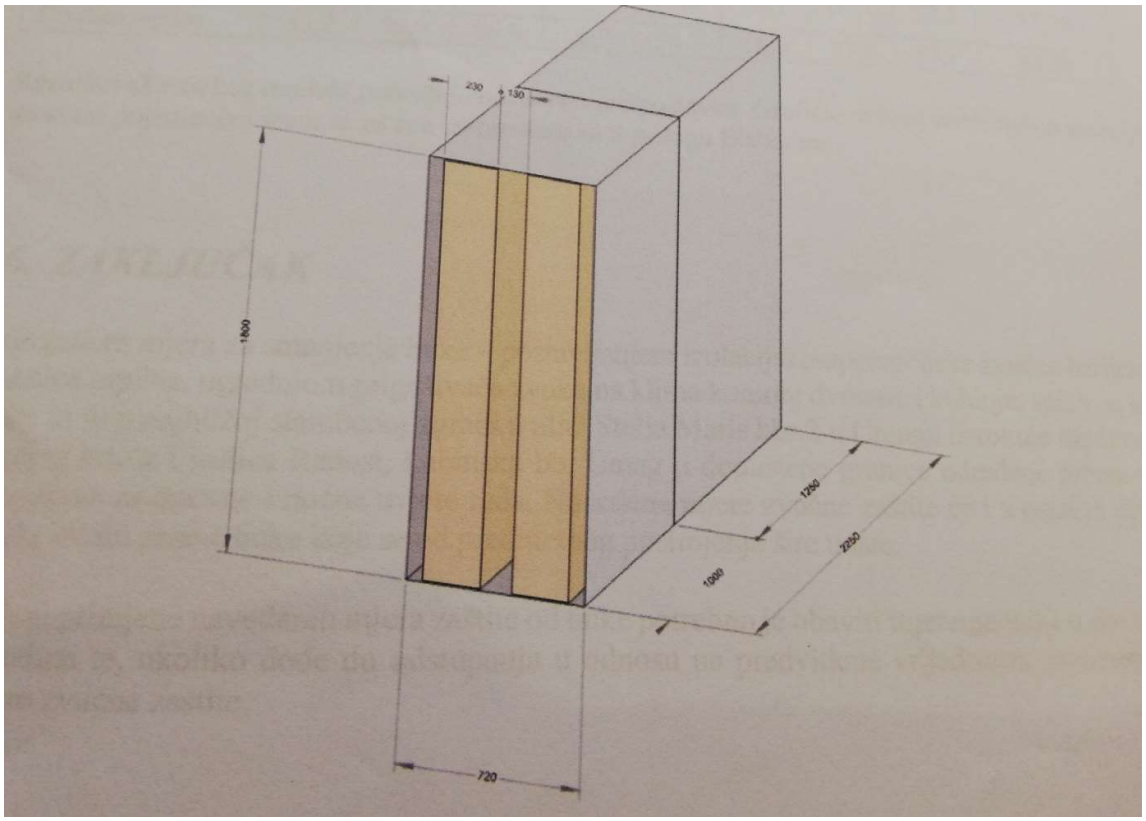
-razmak između kulisa, s=130mm.

-širina prigušivača, H=720mm.

-visina prigušivača, B=1800mm.

-udaljenost bočnih metalnih stjenki od prve kulise s/2=65mm.

Shema 4 Izgled prigušivača klima komore kuhinje



Tablica 8 Prikaz unesenog prigušenja (dB)

Frekvencija, Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Uneseno gušenje, dB	9	20	39	37	38	25	18	17

6.7.5. AKUSTIČNI MODELI STANJA NAKON PROVEDBE MJERA SANACIJE

Provedbom mjera zvučne zaštite, odnosno, ugradnjom zvučne barijere ispred dizalice topline te ugradnjom prigušivača buke na otvore klima komore dvorane i kuhinje osigurat će se ukupno gušenje buke od 16,2 +/- s dB čime će razina buke ispred prozora najugroženijeg stambenog prostora biti niža od dopuštenih 45dB noću, odnosno 55dB danju. Prikaz u sljedećoj tablici:

Tablica 9 Zvučna snaga izvora buke (nakon provedbe mjera sanacije)

Središnja frekv. Oktava, Hz / Izvor Buke	**Zvučna snaga (L_{WA}), dB(A)**								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	**Ukupna vrijednost dB (A)**
Klima komora kuhinje	68,6	67,2	67,0	66,2	66,3	66,6	66,8	70,0	76,56
Klima komora dvorane	661,6	68,6	68,4	67,6	67,8	68,1	69,1	72,5	77,76
Dizalica topline	55,2	56,9	56,8	56,7	56,7	556,9	57,5	57,1	65,80

Izvor: obrada autora

7. ZAKLJUČAK

Mjerenje, koje je izvršeno u suradnji s Gospodinom Elvisom Ciligom, dipl. ing. stroj koji je omogućio prisustvovanje, obavljeno je sa za to propisanim instrumentima i dobiveni rezultati su uspoređeni sa svim pravilnicima i normama kojima su propisane razine buke.

U predmetnom, novoizgrađenom objektu, odnosno u njegovu prizemlju se nalaze jasličke skupine, a na katu skupine za djecu od treće godine do polaska u Osnovnu školu. Također, u Radosti se nalazi i dvorana za provođenje sportskog programa te uprava vrtića i na koncu pripadajuća centralna kuhinja. Mjerenja su obavljena na ukupno 8 mjernih mjesta u blizini izvora buke, odnosno, 3 mjerna mjesta su označena kao kritične točke u smislu imisije najviših razina buke: MM1(Mjerno Mjesto 1) - klima komora kuhinje, MM3– dizalica topline te MM6 – klima komore dvorane.

Prekoračenja dopuštenih razina buke u odnosu na najbliže stambene prostore tijekom noći su dosta visoka, odnosno, na mjernom mjestu MM1 iznose 14,2 dB, i same mjere koje bi trebalo poduzeti u svrhu dovođenja razina buke u dopuštene okvire su značajne. Prilikom odluke o poduzimanju mjera zaštite od iste, dokučeno je kako se aktivne mjere u vidu mjera zaštite na samome izvoru ne mogu primijeniti u smislu zamjene postojećih klima komora i dizalica topline manje bučnima te pomicanje radne točke ventilatora klima komora u smislu smanjenja broja okretaja i slično, te se kao najbolje rješenje pokazala primjena mjera na putu širenja buke od izvora prema mjestima imisije, odnosno, primjena pasivnih mjera zaštite u vidu postavljanja izolacijsko-apsorpcijske barijere ispred dizalice topline s ciljem sprječavanja prekomjernih širenja buke u bukom najugroženije stambene prostore te postavljanjem prigušivača buke.

Na predmetnim kritičnim točkama, predviđeni su za postavljanje IZOBELL 100 prigušivači buke te bi prema izračunima uslijed njihova postavljanja pri visokim frekvencijama od 1000 Hz do 4000 Hz trebalo biti postignuto prigušenje od 30 dB, što je značajno za očuvanje ljudskog sluha koji je pri tim frekvencijama najranjiviji. Provedbom mjera zvučne zaštite, odnosno, ugradnjom zvučne barijere ispred dizalice topline te ugradnjom prigušivača buke na otvore klima komore dvorane i kuhinje osigurat će se ukupno gušenje buke od 16,2 +/- s dB čime će razina buke ispred

prozora najugroženijeg stambenog prostora biti niža od dopuštenih 45dB noću, odnosno 55 dB danju.

Kako bi se utvrdila efikasnost istih, potrebno je obaviti kontrolna mjerenja u vanjskom prostoru ispred bukom najugroženijeg stambenog objekta, na istom mjestu na kojem su ranije obavljena mjerenja, prilikom čega će se u konačnici utvrditi da li je potrebno poduzeti dodatne mjere zaštite kako bi se u Umagu omogućio normalan rad izvora buke, odnosno, dječjeg vrtića i jaslica Radost, Labinska bb te se razine buke dovele u dopuštene granice određene prema važećim propisima za dnevne i noćne uvjete rada. Navedene mjere zvučne zaštite će i u ostalim dijelovima grada sniziti razine buke koje se od predmetnog postrojenja šire.

8. POPIS LITERATURE

KNJIGE :

Tihomil Jelaković (1978): *Zvuk, sluh, arhitektonska akustika*- 2. Prerađeno i dopunjeno izdanje, Zagreb: Školska knjiga, 1978

Horvat, J., Regent, A. (2009): *Osobna zaštitna oprema*, ISBN 978-953-6911-43-1, Veleučilište u Rijeci.

Radanović, B. (1999.): *Fizikalne štetnosti – Buka*, 2. *Izdanje,* Zagreb: IPROZ, 1999.

Vojnović, J., *BUKA I AKUSTIKA*, Zapisi s predavanja, 2007.

Sever, S. (2007): *Fizikalne štetnosti*, IPROZ, VŠSR, Zagreb, skripta, ISBN 9536313065.

Regent, A.; Kršulja, M. (2015).: *Fizikalne štetnosti – Zbirka riješenih zadataka*, Rijeka: Veleučilište u Rijeci, ISBN 978-953-6911-82-0, 2015

OSTALI IZVORI:

https://www.hzjz.hr/sluzba-zdravstvena-ekologija/buka-i-zdravlje/

https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni_materijali/k_sigurnost_2/buka%202017.pdf

https://zastitanaradu.com.hr/novosti/Buka-na-radnom-mjestu-15

http://www.zzjzpgz.hr/nzl/68/buka.htm

https://repozitorij.unin.hr/islandora/object/unin:877/preview

ZAKONSKA REGULATIVA:

Zakon o zaštiti na radu (NN br. 71/14, 118/14 i 154/14).

Zakon o zaštiti od buke (NN 30/09)

Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN 145/05)

Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (NN 46/08)

Pravilnik o zaštiti na radu za mjesta rada (NN 29/13)

Zakon o zaštiti okoliša (Narodne novine broj 110/07)

Pravilnik o uvijetima glede prostora, opreme i zaposlenika pravnih osoba koje obavljaju stručne poslove zaštite od buke (Narodne novine broj 91/07)

Pravilnik o stručnom ispitu iz područja zaštite od buke (Narodne novine broj91/07)

Pravilnik o djelatnostima za koje je potrebno utvrditi provedbu mjera za zaštitu od buke (Narodne novine broj 91/07)

Pravilnik o načinu izrade i sadržaja karata buke i akcijskih planova te o načinu izračuna dopuštenih indikatora buke (Narodne novine broj 75/09)

Popis slika

Slika 1 Širenje zvuka 3
Slika 2 Prikaz valne duljine 5
Slika 3 Izvori buke i njezina jačina 7
Slika 4 Primjeri vrste zvuka i razine jakosti zvuka izražene u decibelima 8
Slika 5 Ljudsko uho 10
Slika 6 Osobna zaštitna sredstva za zaštitu sluha - antifoni, čepići za uši (plastični, silikonski, spužvasti) 16
Slika 7 Aluminijski paneli za zaštitu od buke 16
Slika 8 Bruel & Kjar ručni analizator tip 2250 18
Slika 9 Bruel&Kjaer ručni analizator tip 2250 20
Slika 10 Satelitska snimka novoizgrađenog vrtića Radost 21
Slika 11 Novogradnja 24
Slika 12 Klima komore dvorane 24
Slika 13 Klima komore kuhinje 25
Slika 14 Dizalica topline – iznad strojarnice vrtića 25
Slika 15 Sastav akustičkog panela IZOBELL 100 40

Popis grafikona

Grafikon 1 MM1 – razina ukupne buke $L_{Raeq:}$ 79,3 dB(A), dio 1 28
Grafikon 2 MM1 – razina ukupne buke $L_{Raeq:}$ 79,3 dB(A), dio 2 29
Grafikon 3 MM1 – razina ukupne buke $L_{Raeq:}$ 79,3 dB(A), dio 3 29
Grafikon 4 MM3 –razina ukupne buke $L_{Raeq:}$ 66,1 dB, dio 1 30
Grafikon 5 MM3 –razina ukupne buke $L_{Raeq:}$ 66,1 dB, dio 2 30
Grafikon 6 MM3 –razina ukupne buke $L_{Raeq:}$ 66,1 dB, dio 3 31
Grafikon 7 MM6- razina ukupne buke $L_{Raeq:}$ 74,9 dB(A), dio 1 31
Grafikon 8 MM6- razina ukupne buke $L_{Raeq:}$ 74,9 dB(A), dio 2 32
Grafikon 9 MM6- razina ukupne buke $L_{Raeq:}$ 74,9 dB(A), dio 3 32

Popis Shema

Shema 1 Strukture barijere 39
Shema 2 Kulisni prigušivač zvuka 41
Shema 3 Izgled prigušivača klima komore dvorane 42
Shema 4 Izgled prigušivača klima komore kuhinje 43

Popis Tablica

Tablica 1 Brzine širenja zvuka u nekim od materijala 4
Tablica 2 Najviše dopuštene razine 13
Tablica 3 Najviše dopuštene razine za svako radno mjesto..... 14
Tablica 4 Meteorološki uvjeti pri mjerenju 27
Tablica 5 Ukupna zvučna snaga i zvučna snaga svakog pojedinog izvora te spektralne oktavne razine..... 35
Tablica 6 Razina ukupne buke te razine prekoračenja razine iste (prije sanacije) 37
Tablica 7 Prikaz unesenog prigušenja (dB)..... 42
Tablica 8 Prikaz unesenog prigušenja (dB)..... 44
Tablica 9 Zvučna snaga izvora buke (nakon provedbe mjera sanacije)..... 44
Tablica 10. Najviše dopuštene razine za svako radno mjesto **Error! Bookmark not defined.**