

# Djelovanje buke na čovjeka

---

**Zećo, Jasmina**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2016**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:391843>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-01**



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

*Repository / Repozitorij:*

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



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
**STRUČNI STUDIJ SIGURNOSTI I ZAŠTITE**  
**ZAŠTITA NA RADU**

**ZAVRŠNI RAD**

**Studentica: Jasmina Zećo**

**Naslov teme: DJELOVANJE BUKE NA ČOVJEKA**

**Opis zadatka: 1. Uvod**

**2. Buka**

**3. Buka i moguće zdravstvene posljedice**

**4. Buka i psihičko zdravlje**

**5. Zaštita od buke**

**6. Zaključak**

**Zadatak zadan:**

**10/2015**

**Rok predaje rada:**

**01/2016**

**Predviđeni datum obrane:**

**01/2016**

**Mentor:**

**Dr. sc. Nikola Trbojević, prof. v. š.**

**Predsjednik Ispitnog povjerenstva:**

**Dr. sc. Igor Peternel, pred.**

**Veleučilište u Karlovcu**  
Stručni studij sigurnosti i zaštite  
Zaštita na radu

Student: Jasmina Zećo

**Djelovanje buke na čovjeka**

Završni rad

Karlovac, siječanj 2016.

**Veleučilište u Karlovcu**  
Stručni studij sigurnosti i zaštite  
Zaštita na radu

Student: Jasmina Zećo

**Djelovanje buke na čovjeka**

Završni rad

Mentor: Dr.sc.Nikola Trbojević

Karlovac,siječanj 2016.

## **Sažetak:**

Buka se najjednostavnije definira kao svaki neželjeni zvuk koji čujemo. Izvoribuke mogu, ali i ne moraju biti vezani s radnom aktivnošću ljudi koji su njima izloženi. Kadse govori o nevezanima, najčešće se radi o buci prometa, koja danas spada u najvažnije zagađivače okoliša. U svrhu zaštite naseljenih područja u blizini prometnica, izrađuju sestudije utjecaja buke na okoliš. Pri tome se koriste različiti algoritmi predviđanja razine buke. Algoritmi predviđanja razlikuju se po broju i vrsti parametara koji se koriste pri proračunima, te u metodi proračuna koji se razlikuju od zemlje do zemlje. Da bi se točnost podataka dobivenih proračunom povećala, potrebno je uvesti dodatne parametre i modificirati modelproračuna. Zaštita od buke provodi se na razne načine. Kod buke proizvodnih pogona najčešće se koristi prigušenje prostora i oklapanje bučnih strojeva. Kod prometnica se najčešće koriste zvučne barijere.

Ključne riječi - buka, buka prometa, parametri za proračun razine buke, zvučne barijere

## **Abstract:**

The noise can be simply defined as any unwanted sound that we hear. Noise sources may or may not be related to the working activity of people who are exposed to them. When talking about unrelated, mostly for noise of traffic, which today is one of the most important environmental contaminants. In order to protect populated areas near roads, made the study of noise impact on the environment. In doing so, using different algorithms predicting noise levels. The algorithms predictions differ in the number and type of parameters used in the calculations, and the calculation method that is different from country to country. To the accuracy of the data obtained by the budget increase, it is necessary to introduce additional parameters and modify the calculation model. Noise protection is carried out in various ways. When noise manufacturing plants commonly used damping space and shielding noisy machines. When roads are commonly used sound barrier.

Keywords - the noise, the noise of traffic, the parameters for the calculation of noise levels, noise barriers

## Sadržaj:

	<b>Str.</b>
1. UVOD.....	1
1.1. Učinak i mehanizam djelovanja buke na čovjeka.....	2
2. BUKA.....	4
2.1. Izračunavanje nivoa buke.....	5
3. SVAKODNEVNA BUKA I MOGUĆE ZDRAVSTVENE POSLJEDICE.....	8
3.1. Predikcija razine buke.....	12
4. NEKI MEĐUNARODNI ASPEKTI BORBE PROTIV BUKE.....	13
5. NEKI PRIMJERI IZ SEKTORA OBUHVAĆENIH IPPC DIREKTIVOM.....	15
5.1. Vađenje kamena i rude.....	15
5.1.1. Mogući učinci eksplozija.....	16
5.1.2. Smanjivanje utjecaja eksplozija.....	17
5.2. Radovi na odlagalištu.....	17
5.3. Stanice za pretovar otpada, sustavi za uporabu i centri za obradu otpada.....	18
5.4. Proizvodnja metala.....	19
5.5. Proizvodnja hrane.....	20
5.5.1. Metode smanjivanja buke.....	20
6. ŠTETNO DJELOVANJE BUKE NA OSJEĆAJ SLUHA I RAVNOTEŽE.....	26
7. BUKA I PSIHOLOŠKO ZDRAVLJE.....	29
8. ZAŠTITA OD BUKE U RADNIM PROSTORIJAMA.....	31
8.1. Mjere zaštite na oruđima za rad i uređajima.....	31
8.2. Mjere zaštite od buke na objektima s radnim prostorijama.....	32
8.3. Osobna zaštitna sredstva protiv buke.....	32
8.4. Zdravstvene mjere zaštite od buke.....	32
9. ZAKLJUČAK.....	33
10. LITERATURA.....	34

## 1.UVOD

Posljednjih desetljeća smo svjedoci znanstveno tehničke revolucije. Čovjek je zavladao atomskom energijom, osvojio jednim dijelom svemirska prostranstva i uveo u svoj život najširu primjenu mehanizacije i automatizacije. Zbog toga i životna sredina postaje važan element svakodnevnog života.

Znanstveno- tehnička revolucija ima utjecaja na dinamiku i karakter migracije ljudi, na demografske promjene i na njihov svakodnevni život. Javljaju se mnogi faktori različite prirode i porijekla, koji kvalitativno mjenjaju životnu sredinu čovjeka. Ti faktori mogu biti mehaničke prirode (buka i vibracije), zatim poremećaj električnosti u smislu izmjenjene ionizacije zraka, utjecaj magnetizma i sl., što sve ukazuje da se životna sredina čovjeka, u gradovima, izmjenila i da zahtjeva kompleksno proučavanje i poduzimanje preventivnih mjera u smislu zaštite zdravlja ljudi.

Ne treba zaboraviti da čovjek ne umire, već da biva postepeno ubijan raznim, nedovoljno ispitanim učincima, koji ga okružuju, a kojih je sve više i više i to, kako u radnoj, tako i u životnoj sredini. Učinak tih štetnih agensa se manifestira kroz čitavu životnu sredinu čovjeka; zagađenu hranu, vodu, zrak, buku, tlo, tako da na suvremenog čovjeka, posebice urbanog, djeluju mnoge nepoznate stvari.

Industrijska buka za razliku od buke u životnom okruženju (interna buka), traje određeno vrijeme, u granicama je određenog intenziteta i protiv nje se, određenim mjerama zaštite uspješno borimo. Ona je za određena radna mjesta normirana. Norme za industrijsku buku polaze od toga, da se sluh i zdravlje radnika uopće, za vrijeme provedeno na radu ne ošteti trajno, tj. da se za vrijeme 16-satnog odmora organizam dovede u stanje "restitutio ad integrum" (potpuno odmoran).

Pošto je kod velikog broja radnih ljudi, koji imaju buku na svom radnom mjestu, prisutna i u njihovim stanovima i gradska buka, do takvog odmora ne dolazi, te je zbog toga zdravlje ove populacije posebno ugroženo.

Danas u svijetu, a i kod nas, sve više se poklanja pažnja normama za radnu sredinu. U tom smislu trebaju se vršiti mjerenja industrijske buke, eliminirajući sve ostale faktore, može se odrediti stvarni stupanj oštećenja psihosomatskog zdravlja ljudi koji rade u bukom ugroženom prostoru. Na osnovu takvih ispitivanja predlažu se određene norme za buku.

Buka od davnina predstavljala problem. Tako je 211. god.pr.Kr. izdano u Kini naređenje Ming Tija, šefa policije, za vrijeme vladavine cara Šu Huan Tija sljedećeg sadržaja: "Tko vrijeđa najvišeg, neće biti obješen, neće mu biti odrubljena glava, već ćemu svirači frula i bubnjeva i larmadžije neprekidno toliko dugo svirati dok ne padne mrtav". Takođersu se i stari Rimljani štitili od štetnog učinka buke (kovačke radionice i sl.) na taj način što su takvim zanatskim radnjama koje su se nalazile u blizini zgrada u vrijeme predviđeno za odmor zabranjivali rad.

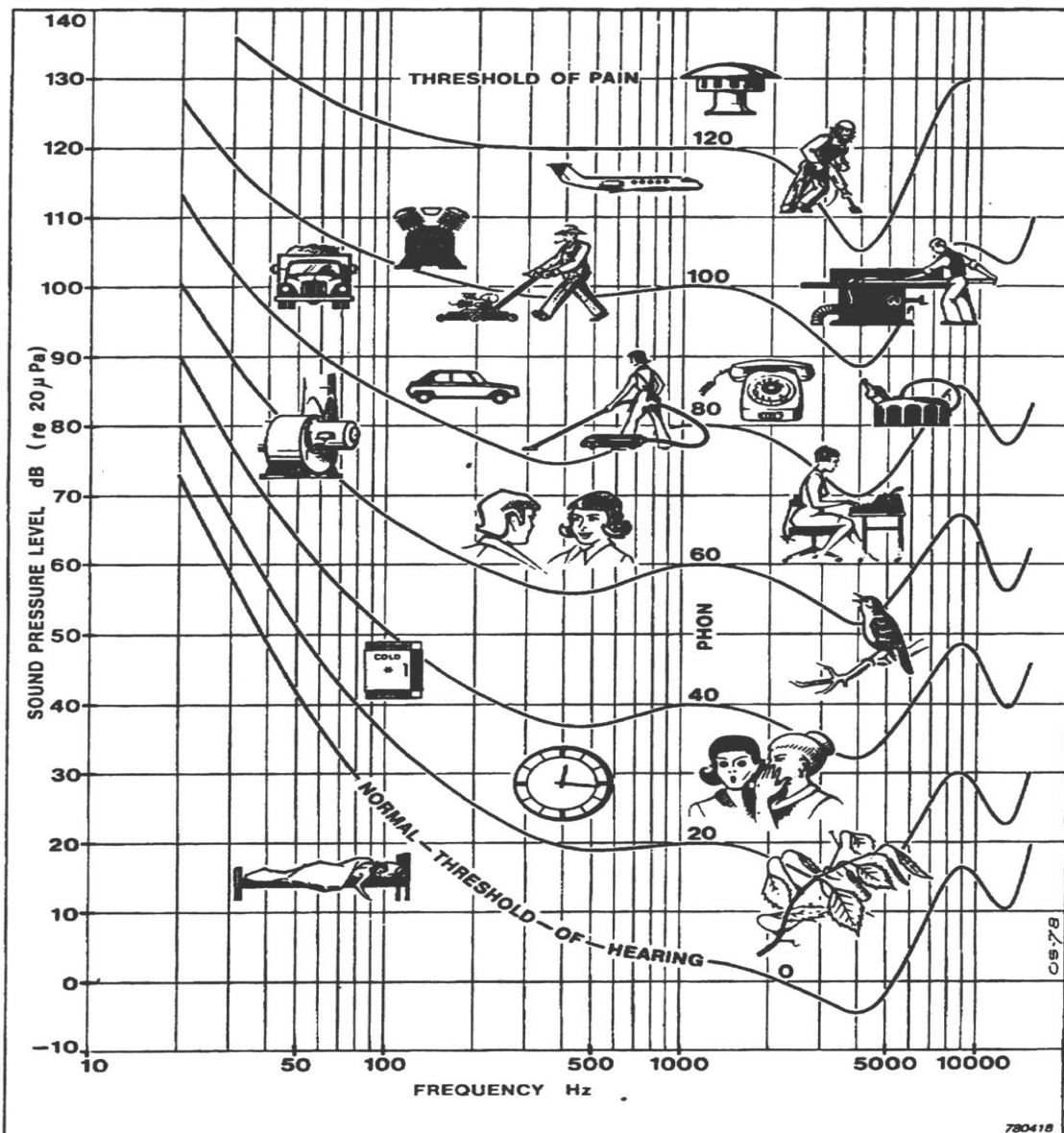
Prve podatke o štetnom učinku buke daju Švedani Tybe i Fosbroke 1826. god. Oni su objasnili oštećenje sluha kod ljudi koji su radili u kovačkim radionicama. Ta oštećenja sluha su nazvali "kovačka naglušost". Kasnije se javljaju i drugi autori sa proučavanjima štetnog učinka industrijske buke na čovjeka.

## 1.1. Učinak i mehanizam djelovanja buke na čovjeka

Buka svojim djelovanjem na čovjeka ima dvojake efekte: - auralne  
- ekstraauralne

Auralni efekti- su već odavno poznati i dosta istraživani, za razliku od ekstraauralnih koji još uvijek predstavljaju za znanost nedovoljno istraženo područje.

Ljudsko uho je sposobno primiti spektar zvuka od oko 16 Hz do 20.000 Hz . Zvučne valove manje od 16 Hz čovjek ne čuje i oni se registriraju kao potresi – vibracije (spadaju u područje infra zvuka). Frekvencije veće od 20.000 Hz naše uho također ne registrira; one se nazivaju ultrazvukom, koji ima danas vrlo visoku primjenu u medicini.



Slika 1. Područje i jačina učestalosti osjetljivosti ljudskog uha, po Dr. Flecheru.



Donja krivulja predstavlja nivo jačine najslabijeg čistog tona koji se može čuti. Iz dijagrama se vidi da je Kortijev organ najosjetljiviji na frekvenciji između 2.000 – 3.000 Hz gdje je granica čujnosti oko ~5 dB. Pri jačinama, iznad ovih koje odgovaraju gornjoj krivulji, koja se naziva “granica bola” a to je 120 dB, osjećaj se mijenja od normalnog slušnog osjećaja u osjećaj nelagode, čak i bola (120 – 130 dB). Visina gornje krivulje približno je konstantna i na nivou oko 120 dB za sve frekvencije.

Svaki čisti ton, koji se može čuti, može se predstaviti točkom koja leži negdje na površini između ovih dviju krivulja. Samo 1% stanovništva ima tako nisku granicu čujnosti, kao što je donja krivulja. 50% stanovništva može čuti ton frekvencije od 2500 Hz kada je nivo jačine buke oko 8 dB i 90% kada je nivo 20 dB. Zato normalna audiometrijska krivulja počinje od 20 dB. Ova čujnost od 20 dB samo za interval od oko 200 do 15.000 Hz. Na frekvencijod 1.000 Hz područje nivoa je oko 30 dB do oko 120 dB, dok je na 100 Hz samo od 30 dB do 120 dB.

Subjektivna jačina zvuka se odnosi na osjećaj koji se stvara u svijesti onog koji je izložen djelovanju zvuka – buke.

Ovaj pojam je čisto subjektivan, nasuprot objektivnoj količini jačine zvuka i ne može se neposredno mjeriti aparatima. Naravno da subjektivna jačina raste sa objektivnom jačinom, ali među njima nema jednostavne linearne relacije. Čisti tonovi, iste jačine, ne proizvode obavezno jednako isto subjektivno doživljavanje – subjektivnu jačinu zvuka.

Za djelovanje na čovjeka vrlo je bitna i visina zvuka. Ona se odnosi na onu osobinu osjećaja zvuka koja omogućava čovjeku da ocijeni jedan ton kao “visok” ili “nizak”.

Isto kao i subjektivna jačina i visina zvuka je subjektivna količina i ne može se mjeriti instrumentima. Za čist ton konstantne jačine, i visina postaje sve viša sa povećanjem učestalosti, ali visina čistog tona konstantne učestalosti postaje niža, kada se povećava nivo jačine.

Industrijska buka od preko 90 dB nanosi oštećenje sluha. S obzirom na veliki broj radnih mjesta gdje se buka kreće preko 90 dB, ozljede sluha su vrlo česte, te predstavljaju veliki socijalno – medicinski problem izazivajući trajna oštećenja i invalidnost.

Pored transmisiona uloge, srednje uho ima za zadatak da štiti unutrašnje uho od prejakih zvukova, tj. od onih koji prelaze njegov kapacitet. Primjećeno je da srednje uho može spriječiti prijenos unutrašnjem uhu valova pritiska koje imaju vrijeme rasta veće od 200 m/sek., putem aktivnosti eustahijeve cijevi, ili čak lomljenjem malog bubnja, kada se pod visokim intenzitetom zvučnih valova, mali mišić u srednjem uhu može kontrahirati, izazivajući krutost osikularnog lanca i na taj način smanjenje transmisije zvuka.

Ovo vrijeme trajanja 200 m/sek. : 50 m/sek. odgovara limitima frekvencije omotača unutrašnjeg uha koji su postavljeni, prema “Bekesy”, uglavnom prema dimenzijama unutrašnjeg uha i prirodi bazirane membrane.

Ekstraauralni efekti buke- se manifestiraju u obliku psihičkih i vegetativnih poremećaja, što dovodi do napetosti i negativnih emocija i ometanja normalnog dnevnog ritma.

Oni su jednaki za industrijsku i buku u životnom okruženju, samo ovise prvenstveno od intenziteta, spektra buke i dužine izloženosti. Kod osobe naviknute na industrijsku buku, imamo na početku izloženosti na buku jačine od preko 90 dB velike subjektivne smetnje: neugodan osjećaj u glavi i jak pritisak u ušima. Poslije 15-20 minuta ove teškoće se zamjenjuju neodređenim tegobama, općim zamorom, intelektualnom otupljenošću.

Po prestanku djelovanja buke, subjektivne smetnje su izražene u vidu tinitusa, koji predstavlja nadražaj Kohilee, a izvjesni zvuci viših frekvencija se čuju drugačije (zvonice, telefon). Sve ove smetnje su prolaznog karaktera, nestaju poslije nekoliko sati, da bi se sljedećeg dana ponovno javile. Međutim, poslije 2-3 tjedna većina radnika se navikava na buku i ne doživljavaju takve teške smetnje.

Ispitivanjem sluha ovih radnika, nekoliko dana po stupanju na posao, neposredno po završetku rada u bučnoj sredini, zapaža se da audiometrijska krivulja pokazuje skokove između 3.500 – 5.000 Hz . Nastavi li radnik raditi u buci, poslije izvjesnog vremena, razvija se tipično oštećenje sluha. Ulegnuće krivulje u području od 3.500 – 5.000 Hz se spušta i dalje do 30 – 40 dB . Skokom se produbljuje i do 60 dB .

Kasnije, skokom se proširuje; zahvaća i više frekvencije, ali radnik se još uvijek može sporazumijevati, jedino, ima teškoća u percepciji šapata i tihog govora. Konačno, audiometrijska krivulja se može kasnije spustiti i ispod 60 dB i zahvatiti kako visoke, tako i niske frekvencije. U tom slučaju, radnik ima velike poteškoće u ostvarivanju sociološkog kontakta.

## 2.BUKA



Slika 2.Gradska buka

Po definiciji, buka je svaki neželjeni zvuk. To znači da svaka zvučna pojava (zujanje, alarm, šum, galama, lupanje, govor i sl.) koja ometa rad ili odmor predstavlja buku. Buka je, posebno posljednjih desetljeća, jedan od osnovnih uzroka kompleksnog oštećenja zdravlja, posebno u velikim, gusto naseljenim gradovima. Pod određenim uvjetima i relativno tihi zvuci mogu predstavljati buku, tako da ona sadrži pored fizičkih i psihološke, tj. subjektivne elemente. Ocijena da li je neki zvuk buka ili nije, sasvim je subjektivna: ono što je jednom čovjeku buka, to nekom drugom ne mora biti, iako se radi o istom zvuku. Njena osnovna karakteristika je ometajući faktor koji ovisi od više veličina: jačine, raspodjele tonova, ritma ponavljanja i subjektivne sklonosti osobe

Na primjer, muzika koja se izvodi u diskoteci preko zvučnika, iako na prisutne ne djeluje kao neželjeni zvuk, dovodi nepobitno do oštećenja sluha u svim slučajevima kada se prekorači određena granica zvučnog nivoa. Najneugodnija, a time i najvažnija karakteristika buke je intenzitet (jačina). Kada potiče od jednog izvora proizvoljnog intenziteta i udaljenosti može se mjeriti i sa više ili manje uspjeha ublažiti. Ako su uzročnici buke više izvora (prometna buka) otežano je mjerenje intenziteta, lokacija izvora i spektralni sadržaj. Pri ovakvim slučajevima borba je tako rečeno neizbježna. Sve brži tempo života u velikim urbanim sredinama predstavlja višestruki izvor buke, time ona postaje prvorazredno važan životni problem. Od nastanka velikih gradova i pojave buke, pomno se prati i proučava ovaj problem i zaključeno je da buka predstavlja nepredvidljivo opasno zlo po zdravlje stanovništva, i to u više aspekata. Fenomenu buke odavno je objavljen rat, ali ni jedna značajna bitka nije dobivena. Najbolja akustička sredina za čovjeka je normalan razgovor od 40 do 50 decibela (dB). Totalna tišina, uprkos opće prihvaćenom mišljenju, nije tako korisna, pošto čak i osoba koja nema tako dobar sluh u takvoj situaciji čuje kretanje krvi kroz krvne žile i kucanje vlastitog srca. Sve što je glasnije od normalnog razgovora - za organizam je opterećenje.

## **2.1. Izračunavanje nivoa buke**

Primjenom modela predstavlja bolju, možda i jedinu praktičnu metodu za ocjenu nivoa buke u sljedećim situacijama:

- Kada se mjerenje provodi u uvjetima visoke pozadinske buke (npr. kada se određuje prometna buka pored proizvodnog pogona),
- Kada je potrebno prognozirati nivo buke za npr. izradu planske dokumentacije,
- Kada je potrebno ispitati alternative u razvoju i primjeni mjera za redukciju buke,
- Kada je potrebno izraditi konturne mape buke,
- Kada je ograničen pristup nekim mjernim točkama.

Nivoi buke se izračunavaju primjenom međunarodnih ili nacionalnih standarda koji definiraju algoritme izračunavanja. Algoritmi su uglavnom orijentirani prema određenom tipu izvora buke i njihova primjena je ograničena samo za taj izvor buke. Izuzetak predstavlja ISO 9613 koji određuje nivo buke na osnovu zvučne snage izvora buke i može se primjeniti na bilo koji izvor za koji je poznat podatak o nivou zvučne snage.

**Tablica 1.**Dvodjelni model algoritma za izračunavanje nivoa buke

I - MODEL IZVORA	II - MODEL PROSTIRANJA BUKE	III - NIVO BUKE NA MJESTU PRIJEMNIKA ILI U ČVOROVIMA MREŽE
1. Model cestovnog prometa Model izvora Podloga Struktura		
2. Industrijski i drugi izvori Popis izvora Nivo zvučne snage Vrijeme angažiranja		

Algoritmi se uglavnom baziraju na primjeru dvodjelnog modela. U prvom djelu se modelira izvor buke a u drugom prostiranje buke (od referentne točke do promatrane točke). Primjena oba modela daje nivo buke u proračunskoj točki. Standardizirani, najčešće korišteni algoritmi su empirijske prirode i baziraju se na prostim pravilima fizike.

Mnogi od njih se mogu primjeniti korištenjem olovke i papira. Potreba da se nivo buke računa u više točaka i da se istovremeno promatraviše izvora, dovela je do korištenja računala koja omogućuju brže izračunavanje, analizu i prezentaciju rezultata u različitim formama.

Za primjenu algoritma potrebno je definirati model sa izvorima buke, topografijom terena i geometrijom objekata koji mogu utjecati na širenje buke. Zatim se definira jedna ili više točki za izračunavanje i računalu se daje zadatak da izvrši proračune. Svi algoritmi daju ukupni ekvivalentni nivo buke u dB, neki imaju mogućnost izračunavanja nivoa buke u oktavnim opsezima, a ukupni nivo se dobiva zbrajanjem dobivenih oktavnih rezultata.

Postoji mogućnost izračunavanja dugotrajnih nivoa buke, odnosno ukupnih ekvivalentnih nivoa buke za duži vremenski period (cijeli dan ili dio dana: dnevni, večernji ili noćni period). Primjenom prvog modela algoritma izračunava se nivo buke u referentnoj točki, na definiranoj udaljenosti od izvora, korištenjem sljedeće jednadžbe:

$$L = L_w + G + C_T \text{ (dB)}$$

gdje je:

$C_T$  - korekcija nivoa buke zbog vremenskog angažiranja izvora buke, ako izvor nije stalno aktivan.

Primjenom drugog modela algoritma izračunava se slabljenje pri prostiranju, kao zbroj:

$$C = C_D + C_A + C_B + C_G + C_Z + C_R \text{ (dB)}$$

gdje je:

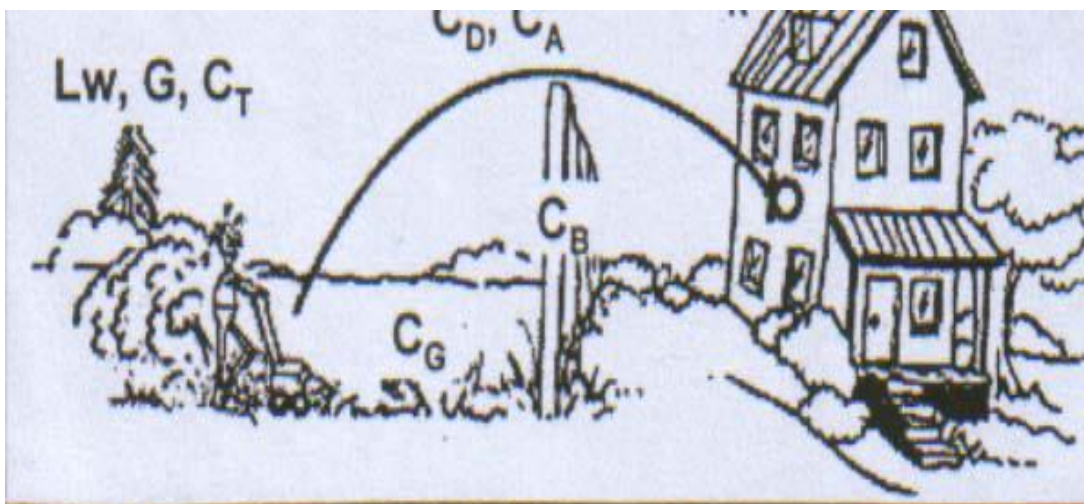
$C_D$  - korekcija zbog divergencije (širenja valnog fronta) zvučnih valova,

$C_A$  - korekcija zbog apsorpcije zraka,  $C_A < 0$ ,

$C_B$  - korekcija zbog prepreke,  $C_B < 0$ ,

$C_G$  - korekcija zbog apsorpcije terena,  $C_G < 0$ ,

$C_R$  - korekcija zbog refleksija,  $C_R < 0$  ,  
 $C_Z$  - korekcija zbog zelenila,  $C_Z < 0$  ,



**Slika 3.** Korekcija nivoa buke pri prostiranju buke

Svekorekcije, uglavnom imaju negativne vrijednosti, odnosno dovode do smanjenja nivoa buke koji je proračunat u referentnoj točki, primjenom prvog djela modela. Osim korekcije zbog refleksije, koja ima pozitivnu vrijednost, jer refleksija na mjestu prijema dovodi do povećanja nivoa buke.

Korekcija zbog divergencije može biti pozitivna (ako je razmak proračunske točke do izvora manji od referentnog) ili negativno (ako je razmak proračunske točke do izvora veći od referentnog).

Algoritmi su uglavnom optimizirani na osnovu nacionalnih baza podataka o emisiji izvora buke i iz tih razloga mogu biti manje precizni za primjenu u drugim zemljama, gdje godina starosti i struktura izvora buke (npr. vozila) može biti drugačija.

Topografski podaci, podaci o nivou zvučne snage mašina i strukturi prometnog protoka su ulazni podaci, čija kvaliteta značajno utječe na preciznost i točnost rezultata.

Korištenje geografskog informacijskog sustava i GIS mapa za generiranje topografskih podataka, mjerenje zvučne snage mašina ili brojanje prometa na izabranim točkama, može smanjiti rizik od grešaka pri proračunu. Ne treba zanemariti ni značajne vještine i iskustva korisnika algoritma u ocjeni buke u životnoj sredini i radu sa samim algoritmom i optimiziranju dobivenih rezultata. Pravilno korištenje algoritma za scenarija za koja je algoritam i projektiran, daje preciznost koja se kreće u granicama od 3 dB.

### 3.SVAKODNEVNA BUKA I MOGUĆE ZDRAVSTVENE POSLJEDICE

Buka kojoj su ljudi svakodnevno izloženi, okolinska, buka u životnom okruženju, buka boravišnih prostora, jedan je od najvećih problema bližeg ljudskog okruženja, posebno u gradskim područjima. Buka je neželjen, odnosno preglasan, neugodan ili neočekivani zvuk; spoj zvukova različitih svojstava koja može biti trajna, isprekidana i udarna, promjenjive jačine, različitog trajanja i vremenske raspodjele.

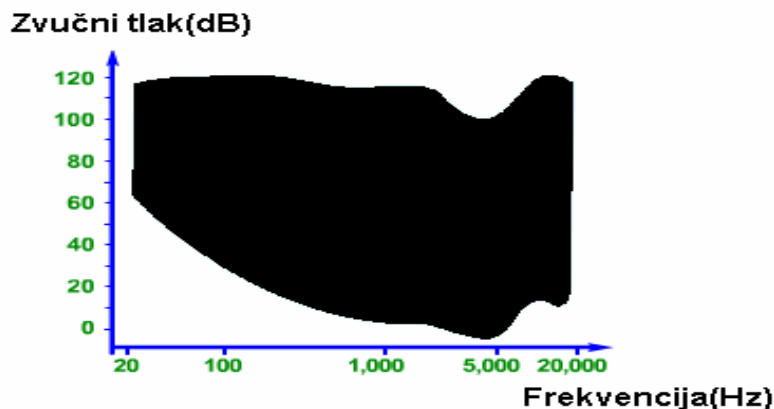
Glavni izvori u vanjskom prostoru su promet, industrija, građevinski i javni radovi, rekreacija, sport i zabava, a u zatvorenom boravišnom prostoru izvori buke su uz zgradu vezani servisni uređaji, kuhinjski aparati i buka iz susjedstva.

Nivoi buke prisutni u životnoj sredini nisu dovoljno visoki da bi doveli do oštećenja sluha, ali izazivaju čitav niz neauditivnih efekata. Posebno su osjetljiva na buku djeca mlađa od 6 godina i osobe starije od 65 godina, žene su nešto osjetljivije od muškaraca u srednjoj životnoj dobi.

Buka se ubraja u stresnogene faktore i utječe na poremećaj psihosomatskog zdravlja, jer izaziva specifične i nespecifične efekte, kao i stalne i privremene reakcije organizma. Buka je subjektivni pojam određen fizikalnim značenjima zvuka i fiziološkim svojstvima uha i ljudskog organizma. Zvuk je prema fizičkoj definiciji gibanje valova u elastičnom mediju. Za procjenu buke osnovne su fizičke veličine: zvučni tlak u paskalima (Pa), zvučni intenzitet u vatima na kvadratni metar ( $W/m^2$ ), frekvencija u hercima (Hz) i zvučna jačina u decibelima (dB).

Uho je najsloženiji i najsavršeniji biološko-mehanički uređaj u tijelu koji u zdravom stanju odgovara na frekvencije od 16 Hz do 20 kHz i tlakove od 20  $\mu$ Pa do 20 Pa. Titraji prolaze kroz rezonantni prostor vanjskog uha, u srednjem uhu prelaze u vibracije, a u pužu unutrašnjeg uha, na bazilarnoj membrani i u Cortijevom organu u elektrokemijske impulse koji putem slušnog živca informaciju o zvuku prenose u mozak.

Sluh se može ograničiti u intenzitetnom (0 dB - prag čujnosti; 130 dB - prag bola) i frekventnom rasponu (16 Hz – 20 000 Hz; najučinkovitiji prijenos zvuka je u području 1 000 Hz - 4 000 Hz). Unutar tog slušnog područja nalazi se područje za govor intenziteta 20 dB (šapat) do 80 dB (vikanje) i frekvencije 300 Hz do 3 000 Hz. jačina od 40 dB je granica socijalnog kontakta.



Slika 4. Slušna ploha

Veličina nivoa zvučnog tlaka razlikuje se od osjećaja buke.

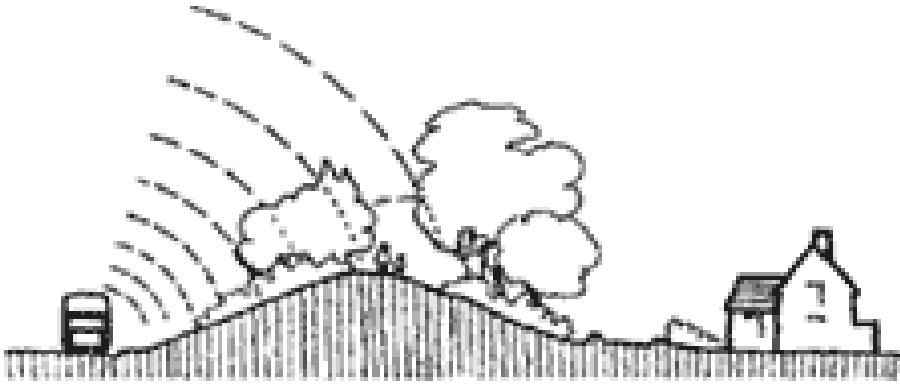
Velika predakua određivanju pokazatelj buke koji je razmjern posljedica madjelovanjabukenaljudskio rganizam je primjena vrednovanje jačine zvučnog tlaka (u decibelima), primjerene odgovoru slušnog organa na zvuk. To se postiže korekcijskim filterima u zvukomjerima.

Iz druge oblike buke (impuls, ton, vremenski raspored) uključuje se određena prilagodba, padobivamo ocjene buke. Mnoge vrijednosti i krivulje su teka aproksimacija slušnog odgovora na zvuk. Ekvivalentna neprekidna visina zvuka ( $L_{Raeq}$ ) ima ista svojstva energije i isti utjecaj na slušni organ kao promjenjiva jačina zvuka.

Razlike u individualnoj osjetljivosti nabu kusu velike, nadoživljaj buke djeluje stav prema buci, nedostatak nadzora nad bukom, prijenos neugodne informacije, ambijentalna buka i jačina zvučnog tlaka u okolini odgo varaju raspon od 35 dB do 110 dB.

**Tablica 2.** Zvukovi iz okoline i odgovarajući nivoi zvuka (buke) u decibelima

Zvuk	nivo jačine zvuka (dB)
prag čujnosti	0
šapat	20
govor	50
stan u prometnoj ulici	60
prometna ulica	70
automobil	70
kamion	90
avion	120
prag bola	130



**Slika 4.** Prostiranje zvuka

Bukaje čujna akustična energija koja može štetno djelovati na fiziološko i psihološko stanje ljudi. Štetni učinci buke na ljudsko zdravlje su auditivni i neauditivni. Nivoi energije okolinske buke najčešće su premale da bi izazvale neposredan učinak na tkivo i dale jasan uzročno-posljednički odnos.

$L_{Raeq24} \leq 70$  dB kod većini ljudi ne izaziva oštećenje sluha.

Neprofesionalna izloženost buci pri nekim rekreativnim i sličnim bučnim djelatnostima (rad motornom pilom, lov, preglasna muzika, motocikli, zvučne igračke) ipak može zbog jake isprekidane ili udarne buke izazivati auditivni učinak, češće privremeni pomak praga čujnosti, nego trajni gubitak sluha (sociocusis).

Maksimalni zvučni tlakovi pri takvim djelatnostima ne bi smjeli prijeći 140 dB za odrasle i 120 dB za djecu (ISO, 1999). Na gubitak sluha utječu neke bolesti, lijekovi, izloženost kemijskim elementima i vibracijama.

Buka ometa odvijanje ljudskih aktivnosti, sporazumijevanja govorom, učenje, praćenje radijskog i televizijskog programa, koncentraciju i druge mentalne aktivnosti, odmor, san. Izaziva neraspoloženje, razdražljivost, nemir, smetnje mentalnog zdravlja i ponašanja, umor i nesanicu.

Ne auditivni zdravstveni poremećaji izraz su fiziološke reakcije na stres.

Većina učinaka je kratkotrajna i prolazna: smetnje kardio-vaskularnog, probavnog i imunološkog sustava, smanjenje pažnje i pamćenja, suženje vidnog polja, ali mogu prijeći u kronične: nesаница, povišen krvni tlak, seksualne funkcije, tegoba i depresija.

Dugotrajna izloženost buci prometa  $L_{Raeq24} = 65-70$  dB može dovesti do takvih zdravstvenih smetnji ili pogoršati postojeće (artritis, bronhitis, depresija - WHO LARES Report, 2004). Agresivno ponašanje javlja se tek kod buke iznad 80 dB.

**Tablica 3.** Iz Pravilnika o najvišim dopuštenim visinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave



Zona buke	Namjena prostora	Najviše dopuštene ocjenske visine buke $L_{Raeq}$ u dB(A)			
		Vanjski prostor		Unutrašnji prostor	
		Dan	Noć	Dan	Noć
1.	Rekreativna	50	40	30	25
2.	Stambena	55	40	35	25
3.	Pretežito stambena	55	45	35	25
4.	Pretežito poslovna	65	50	40	30
5.	Gospodarska	granica/<80		40	30

Za područja u kojima je postojeća visina nivoa buke jednaka ili viša od dopuštene visine prema tablici 3., emisija buke koja bi nastala od novoprojektiranih, izgrađenih ili rekonstruiranih odnosno adaptiranih građevina sa pripadajućim izvorima buke ne smije prelaziti dopuštene visine iz tablice 3.

Za područja u kojima je postojeća visina nivoa buke niža od dopuštene visine prema tablici 3., emisija buke koja bi nastala od novoprojektiranih izgrađenih, rekonstruiranih ili adaptiranih građevina sa pripadajućim izvorima buke ne smije se povećati postojeće visine buke za više od 1 dB.

Visina buke od novoizgrađenih građevina prometne infrastrukture koja uključuje željezničke pruge, državne magistrale i puteve u naseljima, a koje dodiruju, odnosno presijecaju zone iz 1, 2, 3. i 4. iz tablice 3., treba projektirati i graditi na način da visina buke na granici planiranog dijela prometnice ne prelazi ekvivalentnu visinu buke od 65 dB danju, odnosno 50 dB noću.

Izuzetno, u slučaju kada je prilikom rekonstrukcije ili adaptacije građevina prometne infrastrukture nemoguće izvesti smanjenje visine buke primjenom uobičajenih tehničkih mjera za zaštitu od buke na sličnim građevinama, projektom treba obrazložiti razloge i dokazati da su poduzete sve raspoložive, a tehnički prihvatljive mjere za zaštitu od buke.

Procjenjuje se da je u Europi 40% stanovništva izloženo buci uličnog prometa ekvivalentne visine zvučnog pritiska iznad 55 dB tokom dana, a 20% je izloženo visini koja prelazi 65 dB. Te visine buke smatraju se nedopustivim za dugotrajnu izloženost općeg stanovništva.

Vanjska buka se nadzire donošenjem propisa, standarda i mjera koje ograničavaju broj i intenzitet izvora prilagođenom tehničkom napretku, fizički odvajaju i udaljavaju izvore buke i stanovništvo i educiraju stanovništvo.

Europske smjernice o okolinskoj buci koje su zastupane i u našim propisima - 1996 , navode potrebu uspostavljanja mreže stručnjaka za buku, izrade karata buke na temelju ujednačenih pokazatelja, informiranja javnosti o izloženosti buci i utjecajima na zdravlje, uvođenja akcijskog plana, usklađivanja propisa o izvorima buke i tehničkoj dokumentaciji uređaja i trajne financijske potpore istraživanjima buke.

Na lokalnom, gradskom nivou, važno je utvrditi i pratiti visine buke, predvidjeti udio buke pri prostornom planiranju, planiranju zelenih površina i prometnica i pri uvođenju svake nove djelatnosti, prilagoditi stanje u gradu propisima, provoditi mjere za smanjenje nivoa(jačine) buke. Poznati počeci proučavanja zvuka, odnosno muzičkih zakonitosti, idu u daleko 6. st.pr.Kr. (Pitagora, pokus sa strunom), nakon čega su mnogi znanstvenici proširivali znanje o složenoj interakciji zvuka i sluha.

U 20.st. industrijski razvoj je nametnuo neophodnu potrebu postavljanja graničnih vrijednosti za profesionalnu izloženost buci i pridržavanje tih propisa privremeno je smanjilo i izloženost općeg stanovništvu povišenim jačinama buke. Međutim, u posljednjih dvadesetak godina dolazi do povećanja broja puteva, brzine vozila, novih industrijskih postrojenja i razvoja bučnih rekreativnih aktivnosti i turizma, nedovoljno usklađenih s prostornim planiranjem, tehnološkim napretkom i postojećim propisima.

Zbog toga ponovo postaje izrazitim javno-zdravstvenim i ekološkim problemom, koji zahtjeva bolje upoznavanje štetnosti prekomjerne buke i provođenje nadzora i smanjenja jačina buke pri radu i u svakodnevnom životu. Efektima buke u životnom okruženju danas se u svijetu poklanja sve više pažnje jer do sada sprovedena istraživanja pokazuju da ona otežava nastanak sna, čini san površnim, skraćuje fazu dubokog sna i dovodi do buđenja, što se manifestira promjenom raspoloženja, osjećanjem umora, razdražljivosti, padom radne sposobnosti, glavoboljom i pojačanom nervozom. Za dobar san bilo bi poželjno da buka ne prelazi 30 dB.

### **3.1.PREDIKCIJA RAZINA BUKE**

Europska unija je objavila Direktivu 2002/49/EC u kojoj se zagađenjeokoliša bukom prepoznaje kao problem.

U ovoj direktivi definirane su veličine koje sekoriste za iskazivanje ekvivalentnih razina buke te su ujedno definirane mjerepredviđanja, zaštite i praćenja razina bukekoje su zemlje članice, kao i zemlje koje tonamjeravaju biti, obvezne ugraditi uodgovarajuće zakone. Republika Hrvatskaje preporuke spomenute direktive ugradilau Zakon o zaštiti od buke (NN20/03).Kroz spomenuti zakon propisana je izradakarata buke, utvrđivanja kritičnih zona I donošenje akcijskih planova radismanjivanja buke na mjestima gdje supremašene dozvoljene vrijednosti. Bit ovihpostupaka nije mjerenje buke, većproračun razina buke na osnovu ulaznih parametara koji se odabiru ovisno o promatranjoj zoni i o mogućim izvorima buke.

U svrhu zaštite naseljenih područja u blizini prometnica, izrađuju se studije utjecaja buke na okoliš. Pri tome se koriste različiti algoritmi predviđanja razine buke. Algoritmi predviđanja razlikuju se po broju i vrsti parametara koji se koriste pri proračunima te u metodi proračuna koji se razlikuju od zemlje do zemlje. Najčešće korišteni parametri u dosadašnjim proračunima su prosječni godišnji dnevni promet i udio teretnih vozila u ukupnom broju vozila. Osim tih parametara, za proračun su važne i korekcije ovisne o vrsti ceste (autocesta, državna cesta,...), vrsti podloge (beton, asfalt,...), nagibu ceste, brzini vozila te udaljenosti od raskrižja.

Kod algoritma predviđanja razine buke postoje četiri osnovne nesigurnosti koje treba uzeti u obzir. To su: nesigurnost ulaznih parametara modela, nesigurnost modela širenja, nesigurnosti u strukturi samih modela i nesigurnost modela za predikciju.

Nesigurnost ulaznih parametara nastaje zbog nedovoljno dobro definiranih ulaznih parametara koji se koriste u proračunu. Nesigurnost modela širenja nastaje zbog loše definiranih parametara širenja zvuka. Nesigurnost modela povezana je s različitim načinima proračuna koji se koriste u modelu, a nesigurnost u modelu za predikciju nastaje zbog netočnih podataka s kojima vršimo

usporedbu (koliko su točni rezultati mjerenja s kojima uspoređujemo rezultate proračuna). Da bi se točnost podataka dobivenih proračunom povećala, potrebno je uvesti dodatne parametre i modificirati model proračuna.

Prije svega, potrebno je razdvojiti parametre izvora buke od parametara propagacije zvuka, a zatim izdvojiti parametre izvora buke i finije ih podijeliti. Prosječni godišnji dnevni promet i dalje ostaje jedan od ključnih parametara, no, potrebno je detaljnije kategorizirati vozila i time zamijeniti dosadašnje dvije kategorije (osobna i teretna vozila) većim brojem novih. Prema novoj podjeli, vozila će biti podijeljena na motorkotače, osobna vozila, terenska vozila, kombi vozila, osobna vozila s prikolicom, cisterne, teretna vozila s ceradom i ostala vozila uz detaljan opis. Osim same brzine vozila, uvodi se ubrzanje vozila kao novi korekcijski parametar. U dosadašnjim modelima širenja zvuka jedini relevantni parametar bila je udaljenost od izvora zvuka. No, na širenje zvuka utječu i meteorološki uvjeti koji dosada nisu bili dovoljno detaljno opisani.

Neki od meteoroloških uvjeta su brzina i smjer vjetra u odnosu na izvor. Do sada je najveći pomak napravljen na području definiranja utjecaja meteoroloških uvjeta na propagacijski model. Na taj način je smanjena pogreška proračuna i do 3 dB. U Republici Hrvatskoj još nisu kategorizirani meteorološki uvjeti koje treba koristiti. Prilikom mjerenja koja smo provodili tijekom 2005. godine na autocesti Rijeka-Zagreb, uočili smo da izmjerene vrijednosti odstupaju od rezultata proračuna i do 10 dB, što je neprihvatljivo velika razlika, tim više što izravno utječe na višestruko povećanje troškova kasnije zaštite od buke.

#### **4.NEKI MEĐUNARODNI ASPEKTI BORBE PROTIV BUKE**



**Slika 6.**Buka okoline

U sklopu četiri najutjecajnije činbenika o kojima ovisi zdravlje pa i život svakog ljudskog bića (nasljedni faktori, stil ponašanja, utjecaj zdravstvene službe, okolni faktori), sve više se u posljednjim desetljećima uvažava utjecaj okolnih faktora.

Ako se uzme u obzir da se registriraju najcrnije prognoze u vezi sa klimatskim promjenama koje su već u toku, a u neposrednoj su ovisni o stupnju zagađenja naše planete i njenog zagrijavanja.

To se posebno pokazalo u Europi, gdje je i nastao veliki pokret za zaštitu i unapređenje životne sredine, osnovan još 1992. godine u Stockholmu. To i ne čudi, jer je Europa koljevka i izvorište svih velikih dostignuća, ali u pogledu životne sredine od svih kontinenata u Europi se bilježe najveći stupnjevi zagađenja.

Posljednjih desetljeća, u skupinu zagađivanja, odnosno oštećivanja okoline, ubraja se i buka. Sve više ima stručnjaka koji dokazuju kako veličina buke, koja se tretira kao vibracija nekih čvrstih ili plinskih molekula, te kao jedan oblik mehaničke energije, stimulira izlučivanje stresogenih hormona, sa njihovim kobnim učinkom na prvenstveno čovjekov cirkulacijski aparat, što uzrokuje hipertenziju, oštećenje srčanog mišića itd.

Posljedice ometaju čovjekov zasluženi odmor, a jednako tako i smanjuje radnu sposobnost na radnim mjestima, mogućnost koncentracije učenika u školama i sl. Sa tim problemom se iz razumljivih razloga uveliko bavila i svjetska zdravstvena organizacija, koja je svojevremeno postavila tvrdnju da u 60% slučajeva postoji zagađenje bukom, jer jačina buke prelazi tolerantne granice (što znači da ne bi smjela prelaziti danju 40, a noću 30 dB).

Radi toga je svjetska zdravstvena organizacija izdala nekoliko priručnika i upozorenja o tome kako tu vrstu zagađenja smanjiti na podnošljive granice. Još aktivnija je bila Europska Unija, koja je procjenila da oko 30% njenog stanovništva pati od zagađenja bukom.

Radi toga je donijela propise protiv tog zagađenja, propisujući mjere za smanjenje te buke. Među njima je čuvena direktiva 2003/10/EC od 06. Veljače, 2003. godine koja predlaže mjere za smanjenje buke. Kolika se važnost tome svemu pridaje od strane EU vidi se i iz činjenice da se po Europskoj Uniji u kontinuitetu donose akcijski programi.

U nekim drugim dokumentima Europske Unije se preciznije navode mjere, kao što su donošenje propisa i podzakonskih akata, razvijanje sustava praćenja buke sa utvrđivanjem strateških mapa buke koje obuhvaćaju glavne prometnice, gradove i naselja, kao i zahtijev da sve zajednice donesu svoje akcijske planove za reduciranje buke. Na nivou zemlje se zahtjeva formulacija i prihvaćanje "Nacionalne strategije za zaštitu zdravlja u vezi buke". Drugim riječima, treba podržati potrebu da se borba protiv buke potpomaže i zahtjeva da se pridržavamo propisa međunarodnih organizacija, kao što su svjetske zdravstvene organizacije, a posebice Europska Unija.

## 5. NEKI PRIMJERI IZ SEKTORA OBUHVAĆENIH IPPC DIREKTIVOM

### 5.1 VAĐENJE KAMENA I RUDA

Iako ove djelatnosti nisu izričito obuhvaćene IPPC-om u ovom stupnju, često su povezane s IPPC djelatnostima poput proizvodnje cementa pa su stoga uključene u ove smjernice. Upravljanje prometom element je primjenjiv na mnoge IPPC lokacije. Na mjestu kamenoloma, slijed radnji bi trebao biti što više zaklonjen prirodnom topografijom.

Pristupne ceste na lokaciji trebale bi, gdje god je moguće, biti zaklonjene prirodnom topografijom ili materijalom skupljenim na gomile. Pored toga, količina gradijenta na cesti trebala bi biti smanjena na najmanju mjeru kako bi se izbjeglo da vozilo ima veliki broj okretaja (turira) u maloj brzini. U obzir bi trebalo uzeti cestu malog profila radi smanjenja cjelokupne visine što će zauzvrat pomoći pri akustičnoj zaštiti od emisija buke.

Trebalo bi se pobrinuti da sesmanji visina s koje materijal pada s kamiona ili drugog uređaja a gumene obrubemoguće je koristiti u žljebovima za ispuštanje, kamionima za samoistovar i drugim mjestima prijenosa u svrhu smanjenja buke koja nastaje kada kamen padne na metalnu podlogu. Ostale tehnike nadzora buke uključuju ograničavanje uporabe određene vrste uređaja, ograničavanje broja sredstava korištenih u bilo koje vrijeme te održavanje opreme radi osiguranja ispravnosti prigušivača.

Na mnogim lokacijama, reverzni zvučni znaci za uzbunjivanje ili obavještanje mogu uzrokovati uznemiravanje na područjima osjetljivim na buku. Primjena alarmnih jedinica 'bijele buke' koji se prilagođavaju buci okoline, ili moduliranih usmjerenih alarma također mogu značajno smanjiti učinak buke izvan lokacije. Iako se ovdje vrši procjena odslučaja do slučaja, u obzir treba uzeti sva novonastala pitanja u svezi zdravlja i sigurnosti.

Mnoge su opće tehnike nadzora buke o kojima govori odjeljak 4 primjenjive na kamenolome i rudnika ali upravljanje povezanim pitanjima prometa često može biti temeljem dobrog nadzora buke.

Učinkovite mjere upravljanja prometom mogu obuhvaćati:

- smanjenje broja vozila/teških uređaja koji su aktivni na lokaciji u bilo koje doba
- osiguranje redovnog održavanja vozila i periodičnog procjenjivanja razina zvuka pripisanih svakom stroju, npr. mjerenjem buke na točno određenim referentnim udaljenostima
- osiguranje da bučna vozila budu smještena što je dalje moguće od područja osjetljivih na buku
- održanje površina cesta kako bi se smanjila buka i vibracije
- isključivanje strojeva u praznom hodu gdje god je moguće i sprječavanje prekomjernog turiranja te
- brigu da vozači budu svjesni da buka može izazvati smetnje i uznemiravanje lokalnog stanovništva, kako i da vozači iskažu dužan obzir ulaskom i odlaskom s lokacije (npr. bez nepotrebnog trubljenja).

Buka može izazvati porast broja pritužbi kada kod razina buke značajno prekorači prethodnu razinu ili kada god prekorači dozvoljene razine. Budući da su kamenolomi i rudnici uglavnom smješteni na udaljenim lokacijama; dodatna je opreznost potrebna uvijek kada bučan uređaj radi

blizu granice lokacije i/ili područja osjetljivih na buku (npr. tijekom izgradnje nasipa ili prometnica).

Uvijek treba u obzir uzeti utjecaj buke na područja osjetljiva na buku te se mora primijeniti odgovarajući nadzor. Smanjenje rada u ranim jutarnjim i kasnim noćnim satima ključno je u mnogim slučajevima a preporuča se i održavanje dobre komunikacije s obližnjim stanovništvom.

Ostale primjerene mjere upravljanja i nadzora buke obuhvaćaju:

- korištenje zgrada za smještaj bučnih fiksnih uređaja te obavljanje bučnih djelatnosti unutar nekog prostora, gdje je to moguće
- ugradnju opreme za prigušivanje (npr. razni prigušivači) na uređaj i opremu, gdje je izvedivo
- uporabu ograde za akustičnu izolaciju ili zaslona oko uređaja ili opreme
- osiguravanjem, gdje je moguće, da ograde i vrata/prozori prostora u kojima se odvija bučan tehnološki postupak budu odgovarajuće zabrtvljeni ili zatvoreni te
- bilježenje i ispitivanje svih pritužbi na buku.

### 5.1.1 Mogući učinci eksplozija

U kamenolomima i rudnicima gdje se eksplozije događaju jednom tjedno ili rjeđe, razine vibracija uzrokovanih eksplozijom ne smiju prekoračiti vršnu brzinu lebdećih čestica (PPV) od 12 mm/s, mjerenih u sva tri zajednička ortogonalna smjera na prijemnoj lokaciji.

Kod češćih eksplozija, vršna brzina lebdećih čestica ne smije prekoračiti 8 mm/s. To su razine za niskofrekvencijske vibracije, tj. manje od 40 Hz. Međutim, kada je frekvencija vibracije manja od 10 Hz, vršna brzina lebdećih čestica ne smije prekoračiti 8 mm/s. Poznato je da su ljudska bića vrlo osjetljiva na vibracije, s pragom percepcije koji je u pravilu u PPV rasponu od 0,15 – 0,3 mm/s, na frekvencijama između 8 Hz i 80 Hz kod trajnih vibracija te 0,5 – 1,5 mm/s u slučaju naglih vibracija uslijed eksplozija.

Smetnje uzrokovane vibracijama mogu se vezati uz pretpostavku da, ukoliko se vibracije mogu osjetiti, tada je šteta neizbježna; međutim, potrebne su ipak znatno više razine vibracija da bi uzrokovale oštećenja na objektima i konstrukcijama. Eksplozije općenito ne bi trebale uzrokovati povišenje vrijednosti pretlaka zraka na osjetljivim područjima koje iznosi preko 125 dB (Lin)max. Nametanje ograničenja apsolutnog pretlaka zrak može biti nepraktično, međutim, zbog učinaka raznovrsnih atmosferskih uvjeta ili manjih promjena u izvedbi eksplozije. Najbolja vrsta regulatornog nadzora može biti uključivanje točno određenog ograničenja, izraženog kao 90.-95. percentilna vrijednost svih rezultata praćenja. Time se dozvoljava nešto zanošenja kod manjeg broja pojedinačnih mjerenja vršni.

Lokalno stanovništvo i vlasnici imovine u blizini aktivnosti koje uključuju eksplozije mogu ponekad biti zabrinuti u svezi mogućnosti dugoročnog oštećenja na njihovim objektima. Ta zabrinutost može biti donekle ublažena ukoliko operater ima dobre odnose s javnošću te brzo i odlučno odgovara na sve zaprimljene pritužbe ili upite. U tom smislu, u procedure aktivnosti koje se odnose na eksplozije dobro je uvrstiti iredovni raspored eksplozija, procedure proaktivne komunikacije, otvoreni poziv zapregled svih podataka praćenja na lokaciji te redoviti pregled izvedbenog rješenja eksplozije.

### 5.1.2 Smanjivanje utjecaja eksplozije

Neka smjernice za izvođenje eksplozije upućuju na dobru praksu:

- odgovarajućeg izviđanja terena i ispitivanja stijena iz zraka prije izrade izvedbenog projekta eksplozije
- brige da izvedbeni projekt eksplozije uključuje odgovarajuće sigurnosne granice
- osiguranja odgovarajućeg opterećenja radi izbjegavanja prekoračenja ograničenja punjenja
- pravilnog punjenja i začepljenja radi nadzora pretlaka zraka i vibracije
- smanjenja maksimalnih inicijalnih punjenja (MIC) te
- gdje je primjenjivo, izbjegavanja izvođenja eksplozija tijekom loših vremenskih prilika, npr. obrata temperature ili kada umjereno ili jako puše vjetar (snage 4 ili više) prema osjetljivim receptorima.

## 5.2. RADOVI NA ODLAGALIŠTU

Radnje koje se obavljaju na odlagalištima neminovno vode k stvaranju buke. Glavni izvori buke na uobičajenom odlagalištu uključuju kretanje vozila i uređaja koji su povezani s dovozom otpada na odlagalište, odlaganjem, zbijanjem i pokrivanjem otpada, izgradnjom novih odlagališnih ploha, prekrivanjem i sanacijom popunjenih odlagališnih ploha.

Što se vrsta vozila i uređaja na odlagalištu tiče, ondje se uobičajeno nalaze vozila za sakupljanje otpada, rovokopači, kompaktori s kotačima. Specifične aktivnosti ili oprema na lokaciji također mogu doprinijeti povremenim lokalnim emisijama buke, npr. kod čišćenja vozila i kotača, podizanja, kod generatora, itd.

Fiksni uređaji, uključujući baklje odlagališnog plina, motore i uređaje za uklanjanje i pročišćavanje procjednih voda također mogu doprinijeti buci na odlagalištu. Neki od fiksnih uređaja, npr. baklja za spaljivanje odlagališnog plina, mogu imati potencijal za ispuštanje buke s karakterističnom zvučnom komponentom pa bi stoga uređaj trebao biti odgovarajuće razmješten unutar lokacije odlagališta, npr. na dijelu odlagališta koje je udaljeno od osjetljivih receptora. Svim se odlagalištima mora upravljati sukladno uvjetima dozvole za gospodarenje otpadom koju izdaje AZO.

Dozvola za gospodarenje otpadom u pravilu uključuje uvjete praćenja emisija buke karakterističnih za lokaciju i utvrđuje granične vrijednosti emisija i objekta. Na nekim odlagalištima, reverzni zvučni znaci za uzbunjivanje ili opasnost mogu uzrokovati uznemiravanje na područjima osjetljivim na buku.

Uporaba alarma «bijele buke» koji se prilagođavaju buci okoline ili moduliranih alarma također mogu značajno smanjiti učinak buke izvan lokacije. Iako se ovdje vrši procjena od slučaja do slučaja, u obzir treba uzeti sva novonastala pitanja u svezi zdravlja i sigurnosti.

Mnoge su opće tehnike nadzora buke o kojima govori odjeljak 4 primjenjive na odlagališta.

Pored toga, upravljanje prometom igra važnu ulogu u nadzoru buke a neke od mjera vezanih za promet uključuju:

- smanjenje broja vozila/teških uređaja koji su aktivni na lokaciji u bilo koje doba
- osiguranje redovnog održavanja vozila i periodičnog procjenjivanja razina zvuka pripisanih svakom stroju, npr. mjerenjem buke na točno određenim referentnim udaljenostima
- osiguranje da bučna vozila budu smještena što je dalje moguće od područja osjetljivih na buku
- održavanje površina cesta kako bi se smanjila buka i vibracije
- isključivanje strojeva u praznom hodu gdje god je moguće i sprječavanje prekomjernog turiranja te
- brigu da vozači budu svjesni da buka može izazvati dodijavanje i uznemiravanje lokalnog stanovništva, kako i da vozači iskažu dužan obzir ulaskom i odlaskom s lokacije (npr. bez nepotrebnog trubljenja).

Buka može izazvati porast broja pritužbi kada kod razina buke značajno prekorači prethodnu razinu ili kada god prekorači dozvoljene razine. Budući da su odlagališta ponekad smještena na udaljenim lokacijama; dodatna je opreznost potrebna uvijek kada bučan uređaj radi blizu granice lokacije I/ili područja osjetljivih na buku.

Uvijek treba u obzir uzeti utjecaj buke na područja osjetljiva na buku te se moraprimijeniti odgovarajući nadzor. Smanjenje najbučnijih aktivnosti u ranim jutarnjim i kasnim noćnim satima ključno je u nekim slučajevima a često pomaže održavanjedobre komunikacije s obližnjim stanovništvom.

Ostale primjerene mjere upravljanja i nadzora buke obuhvaćaju:

- korištenje zgrada za smještaj bučnih fiksnih uređaja te obavljanje bučnih djelatnosti unutar nekog prostora, gdje je to moguće
- ugradnju opreme za prigušivanje (npr. razni prigušivači) na uređaj i opremu, gdje je izvedivo
- uporabu ograde za akustičnu izolaciju ili zaslona oko uređaja ili opreme;
- primjenu programa redovnog održavanja uređaja i opreme korištene na lokaciji;
- primjenu zaštitnih nasipa oko samih mjesta odlaganja te
- bilježenje i ispitivanje svih pritužbi na buku.

### **5.3.STANICE ZA PRETOVAR OTPADA, SUSTAVI ZA OPORABU I CENTRI ZA OBRADU OTPADA**

Buka nastaje tijekom prihvata, rukovanja i obrade otpada u stanicama za pretovar otpada, centrima za oporabu materijala (MRF), centrima za obradu te tijekomuklanjanja otpada izvan lokacije.

Buka može nastati tijekom kretanja vozila zasakupljanje otpada i kontejnera, odlaganja, utovara i razvrstavanja otpada te uporabeutovarivača, rovokopača i grabilica za pomicanje otpada. U ovim objektima buka može isto tako nastati tijekom obrade u uređajima poput sjekača,



drobilica, kompaktora, transportnih traka i uređaja za baliranje, kao i od opreme za nadzor emisija poput sustav negativnog tlaka zraka.

Veći centri za gospodarenje otpadom pokriveni su sustavom izdavanja dozvola za gospodarenje otpadom a nadzor emisija buke iz tih objekata u pravilu je točno određen u dozvoli za gospodarenje otpadom. Mnoge opće tehnike nadzora buke obuhvaćene odjeljcima 4-6 primjenjive su na stanice za pretovar otpada, objekte za uporabu materijala i centre za obradu otpada.

Ostale primjerene mjere nadzora buke uključuju:

- obavljanje bučnih djelatnosti unutar nekog prostora, gdje je to moguće, ili na dijelovima lokacije koji su udaljeni od područja osjetljivih na buku
- uporabu ograde za akustičnu izolaciju ili zaslona oko uređaja ili opreme, ili blizu područja osjetljivih na buku
- primjenu mjera upravljanja prometom navedenih u odjeljcima 5 i 6
- smanjenjem na najmanju mjeru rada izrazito bučne opreme ili uređaja noću
- provedbu programa redovnog održavanja uređaja i opreme za rukovanje i obradu otpada
- osiguravanjem, gdje je moguće, da ograde i vrata/prozori prostora u kojima se odvija bučan tehnološki postupak budu odgovarajuće zabrtvljeni ili zatvoreni ondje gdje uređaji i oprema za rukovanje i obradu otpadom rade unutar zatvorenog prostora
- bilježenje i ispitivanje svih pritužbi na buku.

## **5.4. PROIZVODNJA METALA**

Buka i vibracije uobičajeni su problemi ovoga sektora a izvore nalazimo u svim dijelovima industrije. Buke iz tehnološkog postupka koja se ispušta iz postrojenja u obližnji okoliš čimbenik je koji je izazvao mnoge pritužbe a postoje saznanja o uzrocima i pristupima prema sprječavanju i smanjivanju buke i vibracija. Učinak buke na operatere unutar postrojenja nije obuhvaćen ovim smjernicama.

Važni izvori su promet i rukovanje sirovinama i proizvodima, zatim tehnološki postupci koji uključuju pirometalurški postupak, brušenje i glodanje, uporaba crpki i ventilatora, ispuštanje pare te postojanje sustava uzbunjivanja izvan nadzora. Buka se i vibracije mogu izmjeriti na više načina no, općenito, pojednosti su svojstvene industrijskom objektu a u obzir uzimaju učestalost zvuka i smještaj (blizinu) stambenog područja.

Novi uređaj može biti podešen na niske razine buke i vibracije. Dobro održavanje može spriječiti da oprema, kao što su ventilatori i crpke, postane neuravnotežena. Međusobna povezanost opreme može se projektirati tako da sprječava ili smanjuje prijenos buke.

Uobičajene tehnike smanjenja buke su:

- uporaba nasipa koji zaklanja izvor buke
- obujmljivanje bučnih uređaja ili sastavnica konstrukcijama koje apsorbiraju zvuk
- uporabu antivibracijskih nosača i međuspojeva za opremu;
- usmjeravanje strojeva koji stvaraju buku dalje od receptora
- promjenu frekvencije zvuka.

## **5.5.PROIZVODNJA HRANE**

Postoji puno izvora buke u proizvodnji hrane i srodnim industrijama. Buka često nastaje kod postupaka isparivanja, posebice iz termalnog kompresora, mehaničkog kompresora, ejektora pare i kod velike brzine fluida u cjevovodu. Time se obično može upravljati primjenom odgovarajuće akustične izolacije.

Buka također može nastati iz ventilatora i motora koji opslužuju rashladne tornjeve, kompresora, rashladne opreme ili vakuumskih sustava te iz dovoda i ispusta zraka iz sušionika.

Buka isto tako nastaje u crpkama zbog kavitacije. Emisije buke mogu biti problem kod linija za punjenje boca.

Uredan rad kotlova inače ne podiže buku izvan postrojenja no, to ovisi o mjerama poduzetim za zadržavanje buke, kao i o blizini susjednih prostorija.

Tijekom prekida postupka, razdoblja ispitivanja ili stavljanja izvan pogona kraće vrijeme može raditi sigurnosni ventil kotla. Taj bi učinak trebao biti lokalnog karaktera u odnosu na postrojenje no, mogao bi biti izvorom smetnji tijekom toga razdoblja. Velike sigurnosne ventile moguće je opremiti prigušivačima.

### **5.5.1 Metode smanjivanja buke**

Buka se može smanjiti brigom, kada god je moguće, da motori budu mehanički izolirani od pripojenih provodnih kanala i cijevi.

Pored toga, za fluidne sustave moguće je koristiti prigušivače radi smanjenja buke koja se prenosi putem fluida u sustav cjevovoda. Za sustave rukovanja materijalom, npr. žljebovi za ispuštanje i spremnici, buka koja nastaje uslijed doticaja materijala i žlijeba ili spremnika može se smanjiti izbjegavanjem naglih promjena smjera i smanjenjem udarnih sila putem postizanja doticaja proizvoda s uređajima klizanjem te smanjenja visine pada.

Ukoliko je nemoguće izbjeći učinke, mogu se primijeniti obloge od materijala koji potpuno oslabljuju buku.

### **Djelotvorni i tihi ventilatori**

Glavni uzrok buke ventilatora jest turbulencija i lokalno ometanje krivulje protoka uslijed vrtložnog odvajanja.

Vrtložno odvajanje jest periodično odvajanje vrtloga iz predmeta u fluidnom protoku koje uzrokuje promjenjivu silu koju osjeti predmet.

Najdjelotvorniji i najtiši ventilatori obično su oni s najnižom brzinom lopatica, odnosno oni s najvećim rasponom i niskom brzinom. U predmetnoj radnji, ventilator s unazad zakrivljenim ili unazad nakošenim lopicama koji je vršno djelotvoran tiši je od radijalnog ventilatora. Dodatne mjere smanjenja buke uključuju korištenje fleksibilnih spojeva između ventilatora i provodnih kanala radi smanjenja prijenosa vibracije, kao i namještanje ventilatora na izolatore vibracije radi sprječavanja prijenosa vibracije na potporne konstrukcije.

U primjeru sušionika s raspršivanjem, ventilator fiksne brzine od 2500 rpm oslobađajući oko 45000 m<sup>3</sup>/h zamijenjen je s dva manja ventilatora koji su radili na 1500 rpm i oslobađali podjednak ukupan volumen zraka.

Kontrola novih ventilatora radije je postignuta smanjenjem njihove brzine no primjenom prigušivača. Neto smanjenje buke iznosilo je oko 8 dB(A).

Tablica u nastavku prikazuje smanjenje buke koje se može očekivati uslijed smanjenja brzine ventilatora. Svako smanjenje od 3 dB(A) ekvivalentno je prepolovljavanju razine buke.

**Tablica 4.** Očekivano smanjenje buke uslijed smanjenja brzine ventilatora

Smanjenje brzineventilatora	Smanjenjebuke
10 %	2 dB(A)
20 %	5 dB(A)
30 %	8 dB(A)
40 %	11 dB(A)
50 %	15 dB(A)

Buke ventilatora prenose se na velikim udaljenostima. Više frekvencije iz ventilatora s mnogo lopatica sklone su raspršivanju na kraćim udaljenostima nego niže frekvencije koje ispuštaju ventilatori s manje lopatica.

### Smanjivanje buke iz cjevovoda

Cijevi mogu biti obujmljene zidovima ili polegnute u provodne kanale radi smanjenjarazina imisija buke. Optimalni rezultati postižu se bilo oblogom ili ispunjavanjem prazninamaterijalom koji apsorpira zvuk.

Zvučna se izolacija može poboljšati:

- odabiranjem materijala koji ima zvučno-izolacijska svojstva, npr. željezo umjestoplastike
- povećavanjem debljine stjenke cijevi
- izoliranjem cijevi.

Materijal i geometrija stjenke cijevi određuje širenje zrakom nošene buke. Prigušivanje vibracija u stjenkama cijevi koje povećavaju zrakom nošenu buku uzrokuje smanjenje energije zvuka apsorpcijom, budući da se zvuk širi kroz fluid. Ovaj učinak prigušivanja nije značajno na niskim frekvencijama, već se povećava kako raste frekvencija.

Učinak se prigušivanja smanjuje kako raste promjer cijevi. Nepravilnosti na površini cijevi također povećavaju učinak prigušivanja. Ukoliko cijevi imaju unutarnju oblogu koja apsorbira zvuk, tada kod više brzine protoka prigušivanje biva značajno smanjeno što se tiče širenja zvuka u smjeru protoka a povećano za širenje zvuka suprotno od smjera protoka.

Kod dimenzioniranja cijevi, važno je osigurati da glavna samopobuđujuća frekvencija razine zvuka koji ulazi u cijev bude dovoljno daleko od prirodnih frekvencija i prolaznih frekvencija cijevi. Sve prirodne frekvencije pod utjecajem su načina smještaja cijevi, puta kojim prolaze, npr. broj i položaj zavoja i svih unutarnjih prigušenja.

Cijevi služe za prijenos plinova, para, tekućina i krutina s prijenosnim medijem. Emisije buke koje nastaju iz cijevi uključuju buku koju prenose fluidi i krutine, kao i zrak. U stvarnosti, buka ne proizlazi iz laminarnih protoka ali rastuća turbulencija dovodi do povećanih razina buke u cijevima. Kavitacija uzrokuje intenzivnu buku. Kavitacija se javlja kada je statičan tlak lokalno podjednak ili niži od tlaka pare a pojavljuje se, primjerice, kada je smjer protoka promijenjen.

Kada se krutine prenose uz pomoć medija, nastaje dodatna buka uslijed međusobnih dodira krutih čestica, kao i njihovog dodira sa stjenkama cijevi, posebice kada se čvrstečestice prenose uz pomoć plinovitog medija.

Razina zvučnoga tlaka ovisi o krivulji protoka, materijalu od kojeg je načinjena cijev te o vrsti krutine. Razine zvučnog tlaka mogu doseći između 85 i 100 dB(A) na udaljenosti od jednog metra od ravnih elemenata cijevi. Porast od dodatnih 10 – 15 dB(A) može se očekivati u zavojima.

### **Zvučna izolacija opreme**

Ograde za zvučnu izolaciju mogu se izgraditi oko izvora onečišćenja bukom.

Izolacijska se ograda obično sastoji od metalnog štita obloženog apsorpcijskim materijalom kojipotpuno ili djelomično ograđuje izvor zvuka.

Smanjenje razine zvuka koje se može postići ovisi o izolaciji zvuka nošenog zrakom koju pružaju zidovi, ili o apsorpcijskom kapacitetu unutarnje obloge. Veličina, oblik i materijali zaslona određeni su izračunima akustične izvedbe kako bi se osigurali postizanje određenih ciljeva izvedbenog rješenja, tj. razine emisija buke. Spajanje ventilatora i provodnih kanala ili kućišta uz pomoć elastičnih spojeva i smještanjem opreme na podloge koje apsorbiraju buku također može smanjiti razine emisije buke.

Neki primjeri uporabe zvučno-izolacijskih materijala u sektoru hrane, pića i mlijeka obuhvaćaju:

- kod linija sa staklenim bocama, ograđivanje tekućih vrpca sa staklenim bocama i pokrivanje napojnih spremnika
- oblaganje unutrašnjosti spremnika s materijalom za potpuno prigušivanje učinka te obloga vanjske strane spremnika i zaštitnih ploča
- kod strojeva za punjenje, oblaganje pokrovnih ploča i oblaganje linija za punjenje
- u proizvodnji mesa, ugradnja napa za prigušivanje buke iznad posuda sa sjeckalicom mesa
- u proizvodnji mlijeka, ograđivanje homeogenizatora (tj. s unutarnje strane izoliranih prostorija u koje se rijetko ulazi)
- ograđivanje sušionika s raspršivanjem (tj. s unutarnje strane izoliranih prostorija u koje se rijetko ulazi)
- kod mljevenja, ograđivanje mlinova-čekičara, kružnih mlinova i mješalica

- u škrinjama i hladnjačama, ograđivanje rashladnih strojeva uz osiguranje ventilacije motora i ventilatora
- ograđivanje kompresora pare.

U slučajevima primjene, može biti nužno dozvoliti ulaz ili izlaz zraka iz akustične ograde. To smanjuje mogućnost smanjenja buke no, učinak toga može se smanjiti stvaranjem zavoja u provodnom kanalu zraka radi smanjenja emisija buke.

Primjerice, ventilatori mogu biti ograđeni zvučno-izolacijskom ogradom projektiranom tako da smanji rastreflektirane buke unutar ograde, a potrebno je omogućiti i odgovarajuću ventilaciju za hlađenje ventilatora.

Kod provodnih kanala, umjesto ugradnje prigušivača, često je moguće postići 10 –20 dB(A) smanjenja buke nošene zrakom iz kanala ili otvora oblaganjem zadnjeg zavoja u provodnom sustavu s materijalom koji apsorbira zvuk ili izgradnjom jednostavnog apsorpcijski obloženog zavoja pod desnim kutom da pristane na otvor. Utvrđeno je da bilo koja strana zavoja treba biti obložena u dužini ekvivalentnoj dvostrukoj veličini promjera provodnog kanala.

### **Razmještaj opreme radi usmjeravanja buke podalje od susjeda**

Neka oprema odašilje različite razine buke u različitim pravcima. Primjerice, sva oprema koja ima ventilacijski otvor ili izlaz s jedne strane imat će i maksimalnu razinu buke na istoj strani. Razmještaj opreme tako da najbučnija strana nije usmjerene prema osjetljivom području može, stoga, tamo smanjiti razine emisija.

Ne može se jamčiti da je ovo uvijek učinkovito jer se smjer odašiljanja zvuka mijenja s vremenskim uvjetima.

### **Zvučna izolacija zgrada**

Akustičan proizvod strojeva i akustična svojstva prostorija određuju razine zvučnog tlaka unutar zgrade. Te unutarnje razine zvučnog tlaka i zvučna izolacija koju pruža vanjski omotač, odnosno zidovi, krov, prozori, vrata i otvori, rezultiraju zračno nošenom snagom zvuka, odnosno razinom emisije.

To može predstavljati osobit problem kada se oprema nalazi unutar zgrade čeličnog skeleta s omotačem relativno lakog profila. Akustična snaga izvora povezana je s njegovom površinom. Stoga, fasade velikih zgrada mogu odašiljati značajnu akustičnu snagu.

Zgrade mogu biti izolirane protiv zrakom nošene buke. Puno je lakše izolirati protiv bukevisoke frekvencije nego niske frekvencije. Dostupna je izolacija jednostrukog ili dvostrukog omotača. Zvučna izolacija sastavnica manje-više homogene konstrukcije ovisi umnogome o njenoj težini po jedinici površine. Isto je tako važna prirodamaterijala.

Zgrade s dvostrukim omotačem sastoje se od dva gusta omotača odvojena zračnim procjepom ili otpornim izolacijskim slojem. Pod određenim uvjetima, zvučna izolacijakoju omogućavaju takvi elementi veća je od one s elementima jednostrukog omotača iste težine.

Najvažniji uvjet za bolju zvučnu izolaciju jest da zračni procjep između omotača bude dovoljno velik ili da je svaki izolacijski sloj između omotača dovoljno otporan i otvorene teksture. Izolacijski učinak praznine postiže se njenim popunjavanjem materijalom koji apsorbira zvuk, npr. ploče od mineralnih vlakana. Kruti spojevi između dvostrukih omotača imaju štetni učinak na zvučnu izolaciju.

Zvučna izolacija svakog zida jest samo onoliko valjana koliko i njena najslabija karika. Zvučna izolacija prozora, vrata, krovova i ventilacijskih rebara mora se uzeti u obzir kako bi se mogla izračunati zvučna izolacije cjelokupne konstrukcije.

Ukoliko indeks smanjenja zvuka prozora i vrata odgovara ili je približan onome zida, tada će biti postignuta cjelovita djelotvornost. Ako su u zid loše ugrađena vrata ili prozori, tada to značajno smanjuje mogućnost smanjenja buke. Ukoliko treba zadovoljiti određene ciljeve u projektiranju, tada veličinu, oblik i materijal zaštite treba odrediti izračunima projektne izvedbe u svezi akustike.

## **Zaštita zgrada od lokacija s imisijom buke**

Zaštita zgrada od lokacija s imisijom buke ima učinak smanjenja razine zvučnog tlaka na tim lokacijama.

Ostale zgrade u blizini mogu pružiti efekt zaštite ili ga se može stvoriti izgradnjom prepreka kao što su zidovi ili nasipi. Smatra se da potonji mogu postići učinak zaštite više od 5 dB(A) ukoliko ometaju bar optičku povezanost. Što je viša prepreka i bliža izvoru buke i/ili lokaciji imisije, veći je učinak zaštite.

## **Praksa održavanja**

### Opća

- Bilježenje i promptni popravak mjesta istjecanja.
- Provjera da se rubovi grabilice ispravno poklapaju kako bi se izbjegli gubici kapanjem tijekom prijenosa praškastih krutina.

### Para

- Osiguravanje da pregled odvajača kondenzata bude rutinska, urednodokumentirana, aktivnost.
- Popravak mjesta istjecanja pare.
- Osiguravanje uspostave sustava dokumentiranog izvješćivanja i popravaka mjesta istjecanja.
- Osiguravanje da se popravak mjesta istjecanja pare bude visoko na popisu prioriteta. Troškovi naglo rastu uslijed samo nekoliko propusnih ventila

### Komprimirani zrak

- Uspostavljanje učinkovitog sustava izvješćivanja o istjecanjima.
- Provođenje ispitivanja “izvan radnog vremena”, radi “oslušivanja” istjecanja, lociranja i obilježavanja.
- Popravljanje mjesta istjecanja.

Kod nekih tehnoloških postupaka koji traju 24 sata, važnost opskrbe svježim materijalom za brzu obradu može ograničiti mogućnosti da se smanje isporuke tijekom dana.

Ovo se ograničenje može odnositi na, primjerice, preradu voća i povrća odmah po ubiranju i preradu, primjerice, rajčice i graška u roku od 24 sata da bi se očuvala svježina i okus. Može biti teško ograničiti dolazak i odlazak smjenskih radnika kako bi se izbjeglo vrijeme kada buka može dodijavati lokalnom stanovništvu.

Na primjer, razine buke mjerene radnim danom u susjedstvu velike pivovare koja radi punih 24 sata dnevno. Razine buke pripisane pivovari mjerene su na utvrđenim najbližim lokacijama

emisije. Nadalje, izračunate su razine emisija najbliže utvrđenih lokacijaimisija uzrokovanih prometom u i iz pivovare, poput dostave sirovina (slada) i odvoza konačnih proizvoda (pivo u bocama i konzervama), sporednih proizvoda i otpada (kvasac i ostaci) te unutar postrojenja (viličari, kamioni i ostala vozila). Promet je u i iz pivovare dozvoljen samo tijekom dana.

Šest je građevnih čestica prepoznato kao prijamna mjesta emisija.

Osim na jednoj na kojoj su se nalazile skladišta i radionice, na građevnim česticama se nije gradilo. Mjerenja emisija pripisanih pivovari na najbližim mjestima prijema prikazani su u dolje navedenoj tablici. U obzir uzeti izvori emisija buke bili su ventilatori i kompresori te kratka ispusna buka iz ventila.

**Tablica 5.**Mjerenja buke iz pivovare

<b>Mjesto mjerenja*</b>	<b>L<sub>AFm</sub> (dB(A))</b>	<b>L<sub>AF95</sub> (dB(A))</b>	<b>Izvor buke</b>
1 (udaljenost od 100 m)	43,3	42,0	Ventilatori sustava odvodnje
2 (udaljenost od 110 m)	48,0	46,5	Ventilatori CIP sustava, krovni ventilatori
3 (udaljenost od 75 m)	49,7	48,0	Ventilatori CIP sustava, krovni ventilatori
4 (udaljenost od 120 m)	48,6	46,0	Ventilatori CIP sustava, kompresorska jedinica
5 (udaljenost od 110 m)	45,8	44,5	Kompresorska jedinica
6 (udaljenost od 110 m)	46,9	45,5	Kompresorska jedinica
L <sub>AFm</sub> = najviša razina buke izmjerena/iščitana na mjerачu buke, tijekom promatranog vremena			
L <sub>AF95</sub> = razina buke izmjerena u dB(A), prekoračena za 95 % promatranog vremena			
*Razdoblje mjerenja iznosilo je 1,5 – 10 minuta. Vrijednosti su prosjek triju mjerenja			

## Buke od prometa

U nastavku navedena tablica prikazuje mjerenja emisije buke od prometa unutar lokacije kao i od vanjskih dobavljača za razdoblja dnevnog i noćnog rada

**Tablica 6.**Buka od prometa

Lokacija	Djelomična ocjenska razina – noć (dB(A))	Djelomična ocjenska razina – dan (dB(A))	Ocjenjska razina (dB(A))	
			Dan	Noć
1	43,5	52,9	53,7	46,4
2	41,2	51,0	53,7	49,0
3	30,9	44,3	52,8	49,7
4	24,4	37,3	51,2	48,6
5	31,7	41,7	49,1	46,0

Koncentracija kretanja vozila tijekom dana može imati mješovite implikacije sigurnosti naradu. Tijekom dana, vidljivost je bolja no više je ljudi na lokaciji zajedno s dodatnom koncentracijom vozila, stoga upravljanje kretanjima vozila te odvajanje vozila od ljudi ima prioritet.

Izvan lokacije u smislu prometa postoje negativne naznake zagušenja stoga može bitinužno ograničiti sate predviđene za primitak robe ili odvoz robe s lokacije.

## 6.ŠTETNO DJELOVANJE BUKE NA OSJEĆAJ SLUHA I RAVNOTEŽE



**Slika 7.** Štetno djelovanje buke na osjećaj sluha i ravnoteže



Buka koja prelazi 85dB ima štetno djelovanje na osjećaj sluha i ravnotežu. Zakon o zaštiti od buke određuje zakonske regulacije buke.

Također je visina buke normirana pravilnikom o najviše dopuštenim visinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave.

Izvor buke može biti svaki uređaj, postrojenje, instalacija, tehnološki postupak, elektroakustički uređaj za emitiranje muzike ili govora, ali buku može stvarati i prirodate ljudi i životinje.

Mjeri se aparatom za mjerenje buke, kojim se analiziraju amplituda i frekvencija odnosno spektar zvuka, te iritacija slušatelja u svrhu spriječavanja nastajanja štetnih posljedica po zdravlje. Slušajući govor roditelja, ali i ostale zvukove oko sebe dijete ga doživljava kao ugodu i zadovoljstvo, ali prekomjerna buka, sirene i alarmi mogu biti psihološki vrlo iritantni pa i fiziološki štetni za uho.

U svakodnevnoj komunikaciji uz vid - sluh svakako ima vrlo važnu ulogu, pa time već u najranijem životnom dobu djeteta zaslužuje i dodatnu pažnju. Tako trebamo imati na umu da kupovina igračaka koje prave buku, a često su to loši proizvodi raznih muzičkih instrumenata (Noisy toys) mogu prouzrokovati iritaciju, ali i stvarno oštećenje sluha.

Glavni simptomi kod oštećenja sluha bukom je gluhoća, šum, neugodna bol i gubitak sluha. Subjektivni osjećaj punoće tlaka u ušima i zvonjava izraženi su poslije izlaganja buci u mirnoj sredini. Simptomi mogu trajati nekoliko minuta, sati ili dana. Osim oštećenja sluha može se javiti i vrtoglavica.

Subjektivno je doživljaj da simptomi nestaju spontano, a stanje sluha se vraća u normalu. No, to ipak nije tako. Dio osjetnih stanica Cortijeveg organa u unutrašnjem uhu nepovratno je oštećen. Prvi znak oštećenja su smetnje sluha na visokim tonovima, npr. cvrkut ptica ili neugodnosti kod komunikacije mobilnim telefonom. Ako se oštećenje sluha nastavlja gube se informacije za srednje i niže tonove i pojavljuju se veće smetnje u razumijevanju govora. Jačina oštećenja ovisi od intenziteta mjerenom u dB i dužini trajanja djelovanja buke.

Ako smo izloženi buci svakodnevno 8 sati, a intenzitet je do 85dB tada svakako dolazi do trajnog oštećenja sluha. Akustička trauma pokazuje audiogram trajnog oštećenja sluha bukom »zupcem« na 3kHz.

Oštećenja ravnoteže prepoznaju se po audiogramima koji prikazuju asimetričnost oštećenja sluha, i nemaju korelacije jačine oštećenja sluha i simptoma vestibularne patologije.

Iznenadna oštećenja bukom su hitna stanja te valja bolesnika hospitalizirati do 48 sati. Zbrinjavanje zahtjeva izolaciju, infuzijsko liječenje i svaku psihofizičku poštedu.

Dijagnostički postupak svakako uključuje: ciljanu anamnezu te ORL i audiološki pregled. Tonskom (visokofrekventna –TA) i govornom audiometrijom (balansirana i otežana GA) možemo odrediti mjesto oštećenja sluha, težinu i vrstu oštećenja (timpanometrija, supraliminarna audiometrija i otoakustička emisija - EOAЕ).

Prema potrebi preporučeno je učiniti i audiometriju moždanog debla (ABR), ali i otoneurološki pregled radi mogućeg oštećenja ravnoteže i pojava vrtoglavica.

Algoritam dijagnostičkog postupka za vestibularno oštećenje (ravnoteže) kod prekomjernog izlaganja buci obuhvaća: spontani, pogledni te potresni nistagmus, položajni i položavajući nistagmus, toplinski pokus (vestibulogram), pokus ravnoteže (RO, UNT. STEP pokus), a kod pozitivnih testova ravnoteže i elektronistagmografiju (ENG).

I samimožemoprocijeniti da li se nalazimo u okruženju koje je preglasno i možemo zadobiti oštećenje sluha i ravnoteže: ako imamo smetnje razumljivosti govora s osobom na udaljenosti pola metra, ako osoba koja stoji uz vas može čuti zvukove iz vašeg stereo uređaja na glavi, ako ne možete kontrolirati svoju jačinu glasa u buci.

Ako postanete promukli nakon boravka u buci oštetili ste glasne žice, a ako osjetite umor, razdražljivost, glavobolju, želju za izolacijom od komunikacije tada buka djeluje nepovoljno i na vaš psihički život.

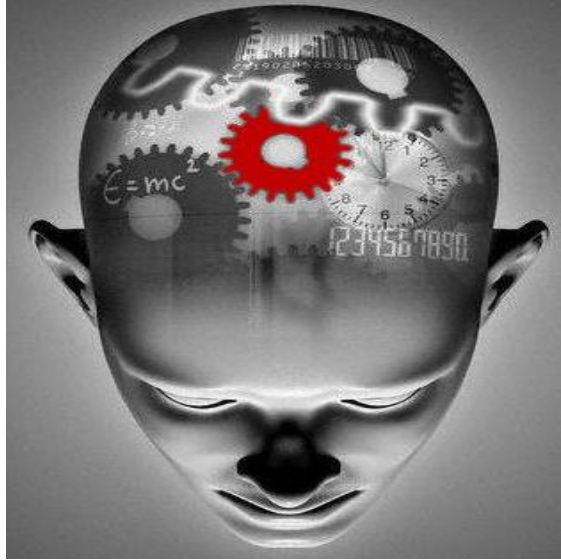
Zaštita oštećenja sluha bukom: smanjiti izlaganju prekomjernoj buci na radnom mjestu, u prometu (Boom Cars), naučite nositi „čepove“ za uši, koristite materijale koji apsorbiraju zvuk, ne upotrebljavati više bučnih alata u isto vrijeme, nemojte pojačavati zvuk na zvučniku. Kada je to moguće sadnjom biljaka, naročito onim sa širokim i dugim listovima smanjite buku oko vas. Djecu i osobe starije od 70 godina naročito treba štititi od buke.

Osobe „rizičnog“ sluha trebaju testirati sluh jednom godišnje, a dokazano oštećenje sluha bukom valja kontrolirati svakih 6 mjeseci te napraviti osim tonske i govornu audiometriju. Istraživanja pokazuju da se osjetne stanice u pužu mogu obnoviti do 48 sati nakon izlaganja prekomjernoj buci.

Zanimljiv je i podatak da nas serotonini čuvaju od prekomjerne buke, jer se u tim okolnostima pojačano izlučuju te podižu raspoloženje (živčani prag) i glasna muzika nam postaje zadovoljstvo - a ne nezadovoljstvo, odnosno prestaje biti buka!

Svaka aktivnost koja potiče cirkulaciju, pa tako i lijekovi za mikrocirkulaciju smanjuju mogućnost snezornoneuralnog oštećenja unutrašnjeg uha. Ali usprkos toga život u bučnom okruženju treba smanjiti na najmanju mjeru. Sami moramo tome pridonijeti, jer kako se kaže: ***Buka je uvreda za uši!***

## 7.BUKA I PSIHOLOŠKO ZDRAVLJE



**Slika 8.** Psihology

Buka ima značajan utjecaj na kvalitetu života i u tom smislu, prema definiciji zdravlja svjetske zdravstvene organizacije (SZO), pojavljuje se kao zdravstveni problem.

Definicija zdravlja svjetske zdravstvene organizacije uključuje potpuno fizičko i psihičko blagostanje, kao i odsutstvo bolesti. Prateći tu definiciju, radna grupa svjetske zdravstvene organizacije je 1971. izjavila: «Buka mora biti prepoznata kao velika prijetnja ljudskom blagostanju».

Među brojnim negativnim psihološkim posljedicama koje se kod stanovništva ugroženog bukom u životnom okruženju mogu očekivati, remećenje spavanja smatra se osnovnom i najvažnijom.

U pogledu izvora buke posebno nepovoljno djelovanje na spavanje ima buka teških vozila i vlakova. Niz terenskih studija ukazalo je na visoku učestalost psiholoških subjektivnih smetnji kod ljudi nastanjenih u područjima sa visokim nivoom buke u životnom okruženju (pored autoputova).

Pokazalo se da se stanovnici značajno češće žale na osjećaj “izrazitog umora”, “nervozu stomaka” i “glavobolje” nego stanovnici kontrolnog naselja sa normalnim nivoom buke. Dokazano je da buka predstavlja jedan od značajnih faktora neurotizacije osobnosti, a nervoze su danas među vodećim oboljenjima, posebno u gradskim sredinama.

Posljedice buke su malo kada katastrofalni i često su samo prolazni, ali nepovoljne posljedice mogu biti kumulirane produženom ili ponovljenoj izloženosti buci.

Iako često uzrokuje nelagodu, katkad i bol, gubitak sluha zbog buke nije trenutna već se razvija tokom godina. Gubitak sluha uzrokovan bukom itekako može oštetiti kvalitetu života kroz redukciju mogućnosti da se čuju bitni zvukovi te da se komunicira sa obitelji i prijateljima. Neki

drugi učinci buke, kao prekid spavanja, maskirani zvuci televizije, kao i nemogućnost primjerenog uživanja u vremenu za odmor, također kvare kvalitetu života.

Suprotno tome, buka može smetati procesima podučavanja i učenja, prekida izvođenje određenih zadataka i povećava opseg antisocijalnog ponašanja. Također postoje neki dokazi da može štetno utjecati na opće zdravlje i blagostanje na isti način kao i kronični stres.

Buka je jedan od najčešćih uzroka poremećaja spavanja. Brojne studije pokazuju da su poremećaji spavanja najčešće navedeni poremećaj koji je posljedica izloženosti prometnoj buci. Avionska buka također je čest uzrok poremećaja spavanja, posebno posljednjih godina s porastom noćnih letova u zračnom prometu. Kada poremećaji spavanja postanu kronični, mogu izazvati trajne posljedice na zdravlje i kvalitetu života osoba.

Brojna novija istraživanja ukazuju na kasne posljedice noćne buke, a istraživanje Ohrstroma i suradnika pokazalo je promjene raspoloženja kod osoba koje su bile izložene kontinuiranoj buci od 35 dB. Posljedice su se isticale u porastu pobuđenosti, ubrzanoj reakciji na nadražaj, a ove promjene su bile naročito uočljive kod starijih ispitanika.

Bukom izazvani poremećaji spavanja jedan su od kritičnih komponenata u društvenom okruženju.

Oni mogu uzrokovati kratkotrajne adverzivne efekte kao što su poremećaji raspoloženja i smanjenje poslovnih sposobnosti sljedećeg dana, ali isto tako mogu uzrokovati ozbiljnije efekte na zdravlje i kvalitetu života u dugotrajnoj kontinuiranoj izolovanosti buci.

Posebno su značajna istraživanja koja su utemeljena na dokazu da neonatusi izloženi kontinuiranoj buci tokom boravka u jedinicama intenzivne njege – inkubatorima mogu kao posledicu imati gubitak sluha, ali isto tako mogu razviti poremećaje u normalnom odrastanju i psihološkom razvoju.

“Shashaty”, je pokazala da djeca koja su boravila u inkubatorima tokom neonatalnog razvoja i bila izložena ekstenzivnoj buci imaju veći postotak hiperaktivnosti i poremećaje pažnje u kasnijem djetinjstvu.

Djeca mogu biti također izložena buci i u roditeljskom domu, bukom različitih igračaka, glazbenih uređaja, televizije, kao i vanjskom bukom, što prema istraživanjima Wachsa i Gruena može dovesti do poremećaja u kognitivnom razvoju, posljedice u razvoju govora. Posebno je značajno istraživanje Evansa, Bullingera i Hyggee (1988) koje je pokazalo da kronična izloženost buci aviona kod djece u dobi od 9-11 godina izaziva psihofiziološki stres koji se očitava povišenim krvnim tlakom u mirovanju kao i povišenom noćnom nivoom epinefrina i norepinefrina.

U novijim istraživanjima (Bronzaft i suradnici, 1998.) kod dvije grupe stanovnika, od koje je jedna živjela u neposrednoj blizini velikog aerodroma i druge, kontrolne grupe koja je živjela u uobičajenom okruženju, dokazana je značajna razlika u poremećajima spavanja, narušenoj kvaliteti života koja se očitavala u nemogućnosti adekvatnog svakodnevnog funkcioniranja kao što je slušanje radija i televizije, razgovora telefonom, ali i međusobne komunikacije.

Kontinuirana izloženost buci u psihološkom aspektu ometa primjerenu ljudsku komunikaciju te ima dugotrajne posljedice koje se očituju smanjenom tolerancijom, frustracijom, povišenim pragom reagiranja, a čak i minimalna buka uzrokuje porast anksioznosti, agresivnog i neprijateljskog ponašanja kao i smanjenje pomoćnog ponašanja.

Ovi efekti buke mogu djelomično objasniti i suvremeni trend dehumanizacije u međuljudskim odnosima.

## 8.ZAŠTITA OD BUKE U RADNIM PROSTORIJAMA



**Slika 9.** Zaštita od buke

### **8.1. Mjere zaštite na oruđima za rad i uređajima**

Oruđa za rad i uređaji koji pri upotrebi stvaraju buku, moraju ispunjavati akustičke propise iz članka 8.ovoga pravilnika (dopuštene vrijednosti visine buke).

Oruđa za rad i uređaji moraju biti izrađeni tako da sprečavaju buku koja nastaje zbog udarnih pravocrtnih i rotacijskih kretanja djelova oruđa i uređaja pri njihovom radu i prijenos buke preko konstrukcije na tlo, ostale elemente radnih prostorija u kojima se takva oruđa i uređaji nalaze.

Ako je za ispunjavanje propisa potrebno poduzeti posebne mjere, u dokumentaciji koja se prilaže uz oruđe za rad i uređaj, moraju se naznačiti i te mjere.

Za sprečavanje buke koja nastaje zbog kretanja fluida (zraka, para, plinovi) kroz cijevi ili kanale, kao i pri njihovom izlaženju u slobodnu atmosferu (motori s nutarnjim izgaranjem, parne mašine, kompresori, ventilatori i dr.), primjenjuju se odgovarajuće mjere zaštite pri projektiranju i montaži cjevovoda (ispravno uobličavanje kanala, odvajanje cjevovoda od izvora buke i od ostalih

elemenata prostorije umecima od gume i drugih materijala što amortiziraju zvuk, opremanje krajeva ispušnih cijevi na napravama za prigušivanje buke i sl.).

Za sprečavanje buke što nastaje zbog kretanja prijevoznih sredstava u zatvorenim prostorijama (mosne i ostale dizalice na šinama, željeznički vagoni, motorna kolica, ručna kolica i dr.), primjenjuju se odgovarajuće zaštitne mjere za smanjivanje buke (polaganje dizaličnih kolosijeka na elastičnu podlogu, spajanje zavarivanjem, oblaganje kovinskih kotlova pomoćnih prijevoznih kolica gumom ili drugim elastičnim materijalom koji amortizira zvuk, asfaltiranje glavnih puteva u halama i radionicama ako su od betona ili drugog tvrdog materijala i dr.

## **8.2. Mjere zaštite od buke na objektima s radnim prostorijama**

Objekti s radnim prostorijama u kojima će se smještati oruđa za rad i uređaji s izvorima buke ili u koje buka može doprijeti izvana, moraju u pogledu zvučnih propisa, odgovarati odredbi članka 8. ovoga pravilnika (dopuštene vrijednosti jačine buke), tehničkim propisima i akustičnim proračunima priloženim projektu objekta.

Mjere zaštite će se primjenjivati i pri rekonstrukciji građevinskih objekata, radnih prostorija i tehnoloških postupaka, kao i pri postavljanju novih oruđa za rad i uređaja u radnim prostorijama, ako bi takva rekonstrukcija odnosno postavljanje novih oruđa za rad i uređaja moglo pridonijeti prekoračivanju dopuštenih jačina buke.

Korisnici novih i rekonstruiranih objekata s radnim prostorijama u kojima su smještena oruđa za rad i uređaji s izvorima buke, moraju prije puštanja u redovni pogon tih oruđa i uređaja izvršiti mjerenja jačine buke na radnim mjestima i u radnim prostorijama, radi provjere da li buka prelazi dopuštenu jačinu propisanu ovim pravilnikom.

## **8.3. Osobna zaštitna sredstva protiv buke**

Na radnim mjestima na kojima se pri radu s oruđima za rad i uređajima, zbog tehničkih ili tehnoloških propisa eksploatacije odnosno drugih opravdanih razloga, ne mogu ispuniti akustički propisi iz članka 8. ovoga pravilnika (dopuštene vrijednosti jačine buke), koji se utvrđuju odgovarajućom tehničkom dokumentacijom, moraju se ugroženim osobama staviti na raspolaganje sredstva za zaštitu sluha predviđena Pravilnikom o sredstvima osobne zaštite na radu i osobnoj zaštitnoj opremi odnosno odgovarajućim normama.

## **8.4. Zdravstvene mjere zaštite od buke**

Na radnim mjestima na kojima buka prelazi 90 dB , mogu se zapošljavati samo osobe koje su na osnovi prethodnog specijalističkog zdravstvenog pregleda proglašene sposobnima za rad na takvim radnim mjestima. Osobe se moraju u toku rada podvrgavati periodičnim specijalističkim zdravstvenim pregledima, uključujući i audiometrijsko ispitivanje sluha, u skladu s člankom 49. stavke 3. Osnovnog zakona o zaštiti na radu.

## 9.ZAKLJUČAK :

Na modernom radnom mjestu buka je gotovo eliminirana. No, bilo koji izvor buke u radnom prostoru može i mora biti efektno maskiran tako da ne ugrožava zdravlje zaposlenih. Također, pri dizajniranju radnog mjesta treba obratiti pažnju na tzv. „bijelu buku”. Kao što kod svjetlosti bijela svjetlost predstavlja kompletan spektar vidljivog svjetla, tako „bijela buka” predstavlja istovremeno puštanje zvukova svih frekvencija u čujnom spektru (20 Hz – 20 kHz). Ovu buku (istina jako niskog intenziteta) proizvodi gotovo svaki kompjuter, zahvaljujući ventilatorima i diskovima koji, ma koliko tihi bili, prave bijelu buku. Dugoročno, bijela buka koja na prvi pogled ne smeta dovodi do dekoncentracije i nervoze korisnika.

Rješenje ovog problema je minimiziranje izvora bijele buke u jednoj prostoriji: što manje kompjutera u sobi – to bolje. Naravno, neprestano se prave sve tiša računala i IT uređaji, ali to povlači i veću cijenu. Uređaji moraju ispunjavati standard ISO 9296 i ISO 9613 da bi bili testirani u akustičkom laboratoriju koji posjeduje ovlaštenje ISO 7779.

U današnjem društvu sve se više vodi briga o zaštiti od buke, koja predstavlja jednu vrstu zagađenja okoliša. Precizno mjerenje buke, iako potrebno, često je i vrlo skupo, osobito ako se želi izmjeriti buka u više točakaprostora istovremeno. S povećanjem broja točaka prostora u kojima se mjeri buka, troškovi rastu i to najčešće nelinearno. Zbog toga je bitno imati što preciznije modele za proračun razine buke. Modeli za proračun buke bitni su i kod predviđanja razina buke koje će emitirati još nepostojeći izvori buke, primjerice, novo industrijsko postrojenje ili prometnica.

## 10.LITERATURA:

- [1] Trbojević Nikola, Osnove zaštite od buke i vibracije, 2011;
- [2] Austrotherm, Ploče za izolaciju od udarabuke, Valjevo, 2007., (<http://www.austrotherm.com/yu/main1>);
- [3] Environmental noise, (<http://www.nonoise.org/library/envnois/index.htm/>);
- [4] Gregurek R., Gozmi M. suradnici, Buka iz zdravlje, Akademija medicinskih znanosti Hrvatske, Zagreb, 2005;
- [5] Kosovac D., Trepćitečesće, Svijet komputera, 2004, (<http://www.sk.co.yu/2004/skt201.html/>);
- [6] Management of noise in the workplace, Department of Labour, Wellington, 2002;
- [7] Nikolić M., Buka, Medicinska knjiga, Beograd- Zagreb, 1985;
- [8] S.M., Zaštita od buke u radnim prostorijama – mjere zaštite, 2007, (<http://www.zastita.com.hr>);
- [9] Vidaković Z., Buka, Zavod za javno zdravlje, Subotica, 2007;
- [10] Zelenefasade. 2007, (<http://www.greendesing.com>);
- [11] Zakon o zaštiti od buke (NN 20/03);
- [12] Direktiva Europske unije 2002/49/EC;
- [13] L.E. Kinsler; A.R.Frey; A.B. Coppins; J.V. Sanders; Fundamentals of acoustics, John Wiley and Sons;
- [14] Direktiva Europske unije 2002/49/EC;
- [15] Zakon o zaštiti od buke (NN 20/03);
- [16] Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave NN145/04, Članak 2;



