

# ZVUK I OKOLIŠ 7

## ZATVORENI PROSTOR

Tipični izvori buke: buka aviona, ventilacije, buka kroz cijevi, vrata i zidove, buka igrališta, buka kiše...

## MJERA BUKE U PROSTORIJAMA

Buka u zatvorenim prostorijama od vanjskih utjecaja (npr. prometa) i utjecaj uređaja vezanih na zgradu (npr. klimatizacija, liftovi) mjeri se kao  $L_{eq}$  u oktavnim frekvencijskim pojasevima i vrednuje po jednoj od poznatih metoda. Vrednuje se zbog postizanja zadovoljavajuće govorne razumljivosti. Vrste su: NR-Noise Rating (Europa), NC-Noise Criterion (Amerika), RC-Room Criterion.

**NR razina** se dobiva pomoću krivulje izmjerenih oktavnih vrijednosti buke, a odgovara onoj NR krivulji koju ni jedna izmjerena vrijednost ne prelazi (u koracima od 1 dB).

NR krivulja	Primjena
NR 25	Koncertne dvorane, studiji za snimanje, crkve
NR 30	Privatni stanovi, bolnice, kazališta, kina, konferencijske sobe
NR 35	Knjižnice, muzeji, sudnice, škole, bolnice, stanovi, hoteli, upravni uredi
NR 40	Aule, hodnici, garderobe, restorani, noćni klubovi, uredi, trgovine
NR 45	Trgovački centri, supermarketi, kantine, uredi općenito
NR 50	Uredi s bučnim strojevima
NR 60	Lagani tehnički poslovi
NR 70	Ljevaonice, teški tehnički poslovi

**NC krivulje** su slične NR krivuljama. NC vrijednost se može dobiti približno iz razine zvučnog tlaka mjerene A krivuljom (FORMULA!!!)

**RC krivulje** se temelje na oktavnim mjerenjima buke u prostorijama. RC krivulje su ravne krivulje. RC vrijednost je aritmetička sredina izmjerenih vrijednosti na 500, 1000 i 2000 Hz oktavama. Dodana su A i B područja gdje mehaničke vibracije mogu biti smetajuće (A-visoka vjerojatnost osjećanja vibracija koja prate buku, B-mala vjerojatnost istog).

## APSORPCIJA ZVUKA

Kad zvuk naiđe na prepreku dio energije: se reflektira (A,B,C), prijeđe kroz prepreku (D), se pretvori u toplinu (E-K). Ti procesi ovise o kutu upada zvučnog vala, geometriji prepreke odnosno pregrade i osobinama medija.

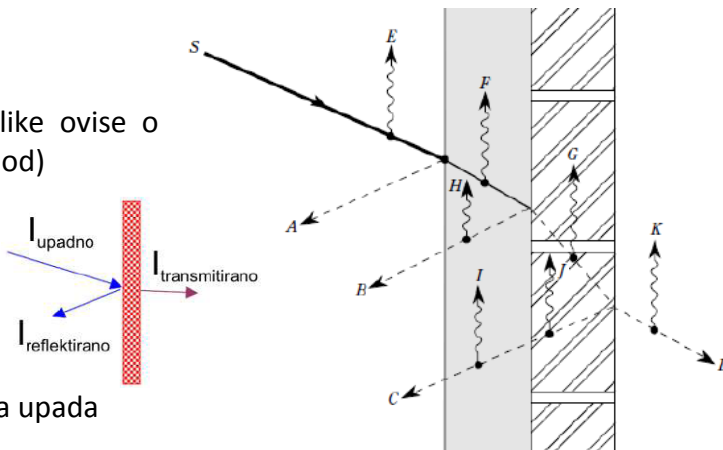
$$E_{upadna} = E_{reflektirana} + E_{transmitirana} + E_{apsorbirana}$$

Značajke zvučnog polja zatvorenih prostora uvelike ovise o apsorpciji njegovih graničnih ploha (zidovi, strop, pod)

Koeficijent apsorpcije  $0 \leq \alpha \leq 1$

$$\alpha = \frac{I_{apsorbirano}}{I_{upadno}} = \frac{I_{upadno} - I_{reflektirano}}{I_{upadno}} = 1 - r^2$$

$\alpha$  je funkcija materijala prepreke, frekvencije, i kuta upada



## APSORBERI

Su akustički elementi koji se kao završna unutarnja obrada stavljaju na strop, zidove ili pod. Građeni su tako da imaju optimirani koeficijent apsorpcije na određenom frekvencijskom području radi postizanja željenog vremena odjeka u prostoriji. Vrste su:

- Porozni – materijal koji omogućuje prolazak zraka (koeficijent apsorpcije ovisi o debljini, udaljenosti od tvrde podloge, kutu upada zvuka)
- Membranski – zatvoreni, obično tanka membrana sa zračnim prostorom iza nje
- Rezonatorski – rade na principu Helmholtzovog rezonatora, ovisnost koeficijenta apsorpcije o postotku perforacije pokrovne ploče

**NRC (Noise Reduction Coefficient)** – Skalar koji opisuje prosječnu apsorpciju zvuka nekog materijala usrednjavanjem koeficijenta apsorpcije na najvažnijim oktavnim frekvencijama za čovjeka:

$$NRC = (\alpha_{250} + \alpha_{500} + \alpha_{1000} + \alpha_{2000}) / 4$$

**NRI (Noise Reduction Index)** – skalar koji opisuje prosječno smanjenje razine buke u nekoj prostoriji uslijed promjene prosječnog koeficijenta apsorpcije materijala graničnih ploha. Načelno se može postići najveće smanjenje do 9 dB (eliminacija refleksija u tvrdom kutu prostorije).

Drugi način računanja je pomoću jednadžbe:

$$NRI = L_{p1} - L_{p2} = 10 \log \frac{\overline{S_2 \alpha_2}}{S_1 \alpha_1}$$

$L_p$  su razine zvučnog tlaka prije i poslije obrade prostorije,  $S$  površine prije i poslije obrade,  $\alpha$  prosječni koeficijenti apsorpcije obrađenih površina prije i poslije obrade.

Za smanjenje buke unutar prostorije za 6 dB, potrebno je povećanje srednjeg koeficijenta apsorpcije 4 puta. Učinkovitost (apsorpcija) apsorbera ovisi o njihovom postavljanju.

## UTJECAJ APSORBERA NA VRIJEME ODJEKA

Sabineova formula za vrijeme odjeka ( $T_{60}$ )

- $V$  – volumen prostorije
- $A$  – ekviv. aps. površina
- $S_i$  – površina  $i$ -te plohe
- $\alpha_i$  – koef. aps.  $i$ -te plohe

$$T_{60} = 0,161 \frac{V}{\sum_{i=1}^n \alpha_i S_i} = 0,161 \frac{V}{A}$$

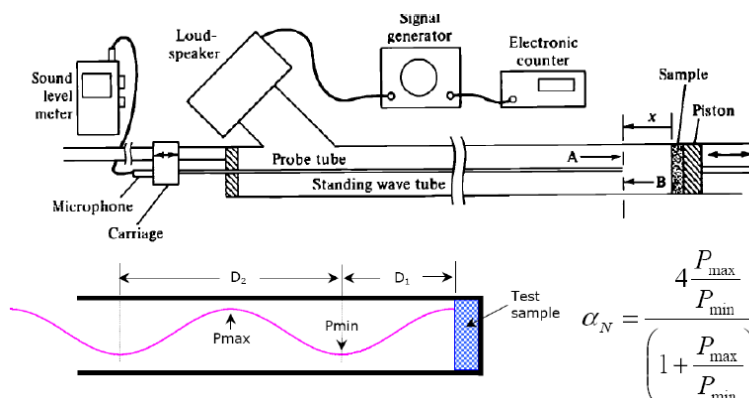
## NAČINI MJERENJA KOEFICIJENTA APSORPCIJE

**U ječnoj komori** – mjeri se promjena vremena odjeka uslijed unošenja određene površine materijala koeficijenta apsorpcije  $\alpha$ .

$$\alpha = \frac{0,16V}{S} \left( \frac{1}{T_u} - \frac{1}{T_p} \right)$$

- $\alpha$  – koeficijent apsorpcije uzorka
- $S$  – površina uzorka mjerenog materijala
- $V$  – volumen ječne komore
- $T_u$  – vrijeme odjeka s uzorkom
- $T_p$  – vrijeme odjeka prazne komore

**U Kundtovoj cijevi** – na malim uzorcima

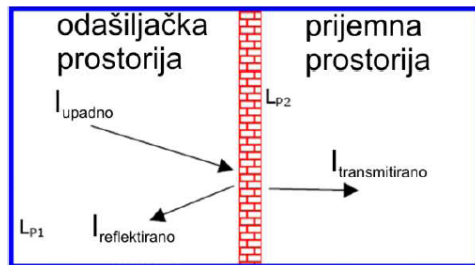


## ZVUČNA IZOLACIJA

Od strukturne buke (buka od udara) i zrakom nošene buke. Te dvije vrste buke po načinu širenja često se pojavljuju vezane jedna uz drugu.

$\tau$  je koeficijent transmisije (prolaza) zvuka između dvije prostorije. On je funkcija materijala, frekvencije i kuta upada.

$$\tau = \frac{I_{\text{prolazno}}}{I_{\text{upadno}}}$$

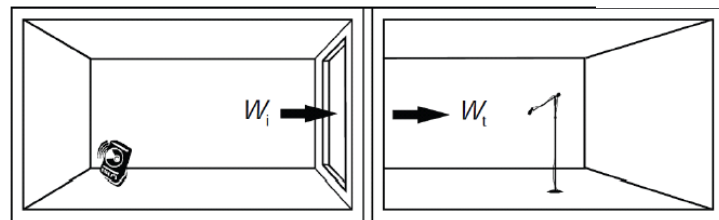


## INDEKS ZVUČNE IZOLACIJE R (SOUND REDUCTION INDEX)

U americi se još naziva i STL. To je logaritamski odnos upadne i transmitirane energije.  $R = 10 \log \frac{1}{\tau}$   
normirana jedinica koja vrijedi u RH

$$R = 10 \log \frac{W_I}{W_T}$$

- $W_I$  – zvučna snaga koja upada na zid
- $W_T$  – zvučna snaga koja prolazi kroz zid
- R – indeks zvučne izolacije, dB



Teoretska vrijednost R - vrijedi za beskonačnu homogenu ploču od nekog materijala.

Praktična vrijednost R – vrednovani indeks zvučne izolacije  $R_w$  neke pregrade prikazuje izolaciju jednom brojkom. To je vrijednost pomaknute standardne krivulje izolacijske moći na 500 Hz, ali tako da zbroj nepovoljnih odstupanja ne prelazi 32 dB.

## NR (NOISE REDUCTION)

Smanjenje razine buke uslijed postavljanja neke prepreke između mjesta izvora buke i mjesta prijema.

$$NR = L_{p1} - L_{p2}$$

Tako se definira i IL (Insertion Loss) – promjena razine buke sa i bez barijere.

## IZRAČUN R ZA JEDNOSTAVNE ZIDOVE

$$R = L_{p1} - L_{p2} + 10 \log \frac{S_w}{S_2 \alpha_2}$$

- $L_p$  – razina zvučnog tlaka u odašiljačkoj, odnosno prijemnoj pr.
- S – površina zajedničkog dijela između prostorija
- $S_2 \alpha_2$  – ukupna ekvivalentna apsorpcijska površina prijemne pr.

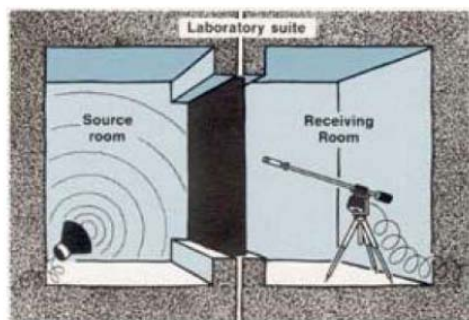
## IZRAČUN R ZA KOMPOZITNE ZIDOVE

Zid koji se sastoji od više elemenata različitih koeficijenata transmisije.

$$\tau_{\text{kompozitni}} = \frac{\sum_{i=1}^n \tau_i S_i}{\sum_{i=1}^n S_i}$$

## MJERENJA INDEKSA ZVUČNE IZOLACIJE

Laboratorijska mjerenja – posebne dvije susjedne prostorije normiranog zajedničkog otvora, volumena i vremena odjeka.



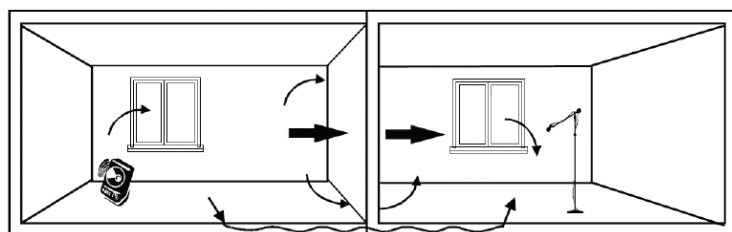
$$R = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{S}{A}$$

$L_1, L_2$  – razina zvuka u odašiljačkoj i prijemnoj prostoriji

$S$  – površina zajedničkog dijela

$A$  – ekvivalentna apsorpcijska površina (prijemna prostorija)

Terenska mjerenja – mnogo faktora doprinosi prijenosu zvuka iz jedne prostorije u drugu, posebice bočne plohe. Vrijednost zvučne izolacije  $R'$  je niža nego kod laboratorijskih mjerenja.



□ odašiljačka prostorija: zvučnik i zvukomjer

□ prijemna prostorija: zvukomjer (mikrofon), više točki

## ZVUČNA IZOLACIJA OD ZVUKA UDARA

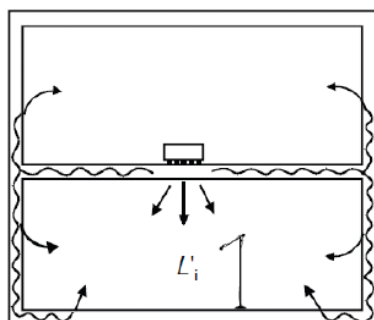
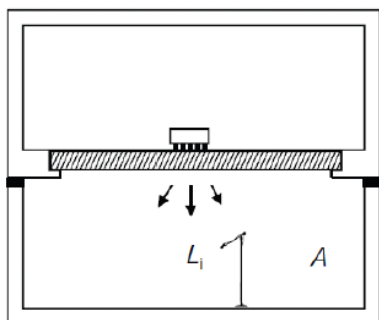
Zvuk udara – simulacija buke ljudskih koraka po podu prostorije (ili stubama), posebno zbog utjecaja vibracija na prijenos zvuka. Mjeri se normalizirana vrijednost udarnog zvuka samo u prijemnoj prostoriji.

$$L'_n = L_I + 10 \log \frac{A}{10}$$

□  $L_I$  – razina zvuka udara (prijemna prostorija)

$A$  – ekvivalentna apsorpcijska površina (prijemna prostorija)

To je preostala buka od uređaja za simulaciju udara, što je  $L$  manji izolacija je bolja (za razliku od  $R$ )



Shema mjerenja zvučne izolacije od zvuka udara i smjer širenja vibracija od pobudnog uređaja.

Stroj za simulaciju zvuka udara (lupalica):

5 utega težine 0,5 kg koji padaju slobodnim padom s visine 4 cm na površinu poda frekvencijom 10 udara u sekundi.

Praktična vrijednost  $L$  – vrednovani indeks izolacije od zvuka udara  $L_N$  neke pregrade prikazuje izolaciju jednom brojkom. To je vrijednost pomaknute standardne krivulje izolacijske moći na 500 Hz, ali tako da zbroj nepovoljnih odstupanja ne prijeđe 32 dB.

## MJERE ZA SMANJENJE BUKE

Ispravno odvajanje zida i poda radi povećanja zvučne izolacije, upotreba zvukolova i dvostrukih vrata, pregrade moraju biti što više, površine koje nas okružuju moraju biti apsorpcijske.

# ZVUK I OKOLIŠ 8

## OTVORENI PROSTOR

Iste razine buke u otvorenom i zatvorenom prostoru jednako djeluju na čovjeka, iako su najčešće u pitanju sasvim različiti izvori (vanjski izvori buke su u zatvorenim prostorima obično niže 20-30 dB niže razine za razliku izolacije).

## MJERE ZAŠTITE OD BUKE

Općenito postoje 3 načina smanjenja buke:

1. Djelovanjem na mjestu nastanka buke
2. Djelovanjem na putu širenja buke
3. Djelovanjem na mjestu prijema

Emisija buke – promatra se u odnosu na izvor, postoji ovisnost akustičke snage izvora buke o mehaničkoj snazi uređaja

Imisija buke – promatra se u odnosu na mjesto prijema

## BARIJERE ZA ZAŠTITU OD BUKE

Loše – biljke ne daju akustičku snagu

Bolje – zasjena od nasipa bi poboljšala ograda između drveća

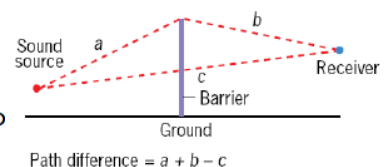
Najbolje – nasipana zemlja funkcionira kao barijera, a biljke kao vizualna barijera



Najjednostavnije barijere su vrlo tanke beskonačno dugačke (2D) barijere. Učinkovitost barijera uglavnom je ograničena ogibom zvuka oko vrha barijere i u manjoj mjeri indeksom zvučne izolacije materijala od kojeg je barijera napravljena, ovisi i o koeficijentu apsorpcije barijere od strane izvora buke, stvarnoj debljini i duljini barijere, apsorpciji tla.

- prigušenje zvuka zbog barijere iznosi:
  - $D = 10 \log (20,4 k_f + 3)$
- pri čemu je  $k_f$  Fresnelov broj, i računa se kao:
  - $k_f = ((a+b)-c)/(\lambda/2)$

- utjecaj geometrije barijere na njenu učinkovitost u ovisnosti o frekvenciji zvuka:



## EKVIVALENTNA RAZINA BUKE NA PRIJAMNIKU $L_p$

$$L_p = L_W + D_C + C_b - A_{prop}$$

- $L_W$  = razina zvučne snage izvora, u dB
- $D_C$  = korekcija zbog usmjerenosti ako izvor ne emitira zvuk u svim smjerovima jednako, u dB
- $C_b$  = korekcija ako izvor nije uvijek aktivan (npr. ako za 12 sati aktivnosti na dan, razina se umanjuje za 3 dB), u dB
- $A_{prop}$  = atenuacija zbog propagacije, u dB

$$A_{prop} = A_{geom} + A_{atm} + A_{tlo} + A_{bar} + A_{efekt} + C_{refl}$$

- $A_{div}$  = aten. kao rezultat geometrijskog širenja vala
- $A_{atm}$  = aten. zbog apsorpcije u zraku
- $A_{tlo}$  = aten. zbog apsorpcije/refleksije tla
- $A_{bar}$  = aten. zbog ogiba zvuka na barijeri
- $A_{efekt}$  = aten. zbog različitih efekata (varijacije u vremenu, disperzija kroz kompleksne strukture, npr. cijevi)
- $C_{refl}$  = korekcija zbog doprinosa refleksija

# ZVUK I OKOLIŠ 9

## **ZAKON O ZAŠTITI OD BUKE**

Zakonom se utvrđuju mjere u cilju izbjegavanja, sprječavanja ili smanjenja štetnih učinaka na zdravlje ljudi koje uzrokuje buka u okolišu, uključujući smetanje bukom, osobito u vezi s: utvrđivanjem izloženosti buci i to izradom karata buke na temelju metoda za ocjenjivanje buke u okolišu, osiguravanjem dostupnosti podataka o buci okoliša i izradom akcijskih planova koji se temelje na podacima korištenim u izradi karata buke.

**Buka okoliša** je neželjen ili po ljudsko zdravlje i okoliš štetan zvuk u vanjskome prostoru izazvan ljuskom aktivnošću, uključujući buku koju emitiraju: prijevozna sredstva, cestovni, pružni, zračni, pomorski, riječni promet, postrojenja i zahvati za koje se prema posebnim propisima iz područja zaštite okoliša, odnosno rješenje o objedinjenim uvjetima zaštite okoliša, odnosno rješenje o prihvatljivosti zahvata za okoliš

**Štetni učinci** su učinci štetni za ljudsko zdravlje i okoliš.

Buka štetna po zdravlje ljudi jest svaki zvuk koji prekoračuje propisane najviše dopuštene razine s obzirom na vrstu izvora buke, mjesto i vrijeme nastanka.

Indikator buke jest akustička veličina za opis buke okoliša koja je povezana sa štetnim učincima buke.

**Ocjenjivanje** jest svaka metoda za izračunavanje vrijednosti indikatora buke ili s njim povezanog štetnog učinka.

**L<sub>den</sub>** (indikator buke za dan-večer-noć) jest indikator buke za ukupno smetanje bukom.

**L<sub>day</sub>** (indikator dnevne buke) jest indikator buke za vremensko razdoblje „dan“.

Levening (indikator večernje buke) jest indikator buke za vremensko razdoblje „večer“.

**L<sub>night</sub>** (indikator noćne buke) jest indikator buke koja uzrokuje poremećaj sna za vremensko razdoblje „noć“

**Karta buke** jest prikaz postojećeg/ili predviđajućeg stanja imisije buke na promatranom području, izražena harmoniziranim indikatorima buke, najčešći podaci koje karta buke sadrži jesu prekoračenje propisanih dopštenih vrijednosti, procijenjeni broj ljudi izloženih pojedinim razinama buke te procijenjeni broj stanova, škola, bolnica izloženih određenim vrijednostima indikatora buke u promatranom području.

**Strateška karta buke** jest temeljna karta buke naimjenjena cjelovitom osjenjivanju izloženosti stanovništva buci od različitih izvora buke.

**Konfliktna karta buke** jest razlikovna karta buke namjenjena za izradu akcijskih planova.

**Akcijski planovi** su planovi izrađeni radi upravljanja bukom okoliša i njenim štetnim učincima, uključujući mjere zaštite od buke.

Mjerama zaštite od buke mora se spriječiti nastajanje emisije prekomjerne buke, odnosno smanjiti postojeća buka na dopuštene razine. Zaštita od buke se provodi danonoćno. U smislu zakona dan traje 12 sati (7-19 h), večer traje 4 sata (19-23 h), a noć traje 8 sati (23-7 h).

## PRAVILNIK O NAJVIŠIM DOPUŠTENIM RAZINAMA BUKE

**Izvor buke** jest svaki stroj, uređaj, instalacija, postrojenje, sredstvo za rad i transport, tehnološki postupak, elektroakustički uređaj za emitiranje glazbe i govora, bučna aktivnost ljudi i životinja i druge radnje od kojih se širi zvuk. Izvorima buke smatraju se i cjeline kao nepokretni i pokretni objekti te zatvoreni i otvoreni prostori za šport, rekreaciju, igru, ples, predstave, koncerte, slušanje glazbe i sl.

**Boravišni prostor** jest svaki otvoreni i zatvoreni prostor u kojem ljudi borave trajno ili privremeno.

**Radni prostor** jest svaki otvoreni i zatvoreni prostor u kojem ljudi rade.

**Osnovna razina buke  $L_{95}$**  jest razina buke koja je određena 95% vremena trajanja.

**Ekvivalentna trajna razina buke  $L_{eq}$**  jest ona razina stalne buke koja bi na čovjak jednako djelovala kao promatrana promjenjiva buka istog vremena trajanja.

**Rezidualna buka** jest ukupna buka prisutna na nekom mjestu prije nego što je došlo do bilo kakve promjene u postojećoj situaciji.

**$L_{max,T}$**  jest najviša razina buke tijekom mjerenja standardizirana na vrijeme 0,5 s.

**Ocjenska razina** služi za ocjenu udovoljavanja dopuštenim razinama buke. To je svaka predviđena ili izmjerena akustička razina kojoj je dodano prilagođenje. Označava se indeksom R.

**Prilagođenje** jest svaka veličina koja je dodana predviđenoj ili izmjerenoj akustičkoj razini zbog uzimanja u obzir nekih značajki buke:

- Sadržaja istaknutih tonova, impulsa, informacija (govor, pjevanje), dubokih tonova
- Vremenskog perioda pojave buke (dan, noć, vrijeme dnevnog odmora, radno vrijeme)
- Vrste izvora buke (cestovni, zračni promet...)

## BUKA U ZATVORENIM BORAVIŠNIM PROSTORIMA

Svi novi izvori buke u zgradi i izvan nje zajedno ne smiju povisiti postojeću razinu buke u boravišnim prostorijama.

Najviše dopuštene razine buke  $L_{A95}$  u zatvorenim boravišnim prostorijama niže su za 10 dB od  $L_{Aeq}$ navedenih u slijedećoj tablici

Najviše dopuštene ocjenskekvivalentne razine buke  $L_{RAeq}$  u zatvorenim boravišnim prostorijama. One vrijede kod zatvorenih prozora i vrata prostorija.

Zona prema Tablici 1. ovog Pravilnika	1	2	3	4	5
Najviše dopuštene ekvivalentne razine buke $L_{Req}$ u dB(A)					
– za dan	30	35	35	40	40
– za noć	25	25	25	30	30

Najviše dopuštene maksimalne standardne razine buke  $L_{RAFmax,nT}$  koje se u zatvorenim boravišnim prostorijama javljaju kao posljedica rada na zgradu vezanih servisnih uređaja (uređaji za dovod i odvod vode, uređaji za snabdijevanje energijom, grijanje, prozračivanje i klimatizaciju, dizala, uređaji za pranje, bazeni i športski uređaji, uređaji za sakupljanje i uklanjanje otpada, vrata na motorni pogon itd.

Vremenska značajka buke	Dopuštena razina buke $L_{RAFmax,nT}$ u dB(A)
Stalna ili isprekidana buka (npr. grijanje, pumpe)	25
Kratkotrajna ili kolebajuća buka (npr. dizala, ispiranje WC)	30



Najviše dopuštene ekvivalentne razine buke u zatvorenim prostorijama posebne namjene

Namjena prostora	Najviša dopuštena ekvivalentna razina buke $L_{A,eq}$ u dB(A)
Koncertne dvorane, kazališta i slične prostorije	25
Kina, čitaonice, izložbene prostorije, predavaonice, učionice i slične prostorije	35

## VANJSKA BUKA

Za područja u kojima je postojeća razina rezidualne buke jednaka ili viša od dopuštene razine prema slijedećoj tablici, imisija buke koja bi nastala od novoprojektiranih, izgrađenih ili rekonstruiranih odnosno adaptiranih građevina sa pripadnim izvorima buke ne smije prelaziti dopuštene razine iz tablice, umanjene za 5 dB(A).

Za područja u kojima je postojeća razina rezidualne buke niža od dopuštene razine prema tablici, imisijabuke koja bi nastala od novoprojektiranihizgrađenih, rekonstruiranih ili adaptiranih građevina sa pripadnim izvorima buke ne smije povećati postojeće razine buke za više od 1 dB(A).

Razina buke od novoizgrađenih građevina prometne infrastrukture koja uključuje željezničke pruge, državne ceste i županijske ceste u naseljima, a koje dodiruju, odnosno presijecaju zone iz 1., 2., 3. i 4. treba projektirati i graditi na način da razina buke na granici planiranog koridora prometnice ne prelazi ekvivalentnu razinu buke od 65 dB(A) danju, odnosno 50 dB(A) noću.

U slučaju rekonstrukcije ili adaptacije građevina prometne infrastrukture koje stvaraju buku iznad dopuštene razine, građevina prometne infrastrukture treba projektirati, odnosno rekonstruirati ili adaptirati na način da se razina buke smanji na dopuštenu razinu.

Zona buke	Namjena prostora	Najviše dopuštene ocjenske razine buke imisije $L_{RAeq}$ u dB(A)	
		za dan( $L_{day}$ )	noć( $L_{night}$ )
1.	Zona namijenjena odmoru, oporavku i liječenju	50	40
2.	Zona namijenjena samo stanovanju i boravku	55	40
3.	Zona mješovite, pretežito stambene namjene	55	45
4.	Zona mješovite, pretežito poslovne namjene sa stanovanjem	65	50
5.	Zona gospodarske namjene (proizvodnja, industrija, skladišta, servisi)	<p>– Na granici građevne čestice unutar zone – buka ne smije prelaziti 80 dB(A)</p> <p>– Na granici ove zone buka ne smije prelaziti dopuštene razine zone s kojom graniči</p>	



## BUKA NA RADNOM MJESTU

Podjela najviših dopuštenih razina:

- s obzirom na ometanje rada
- s obzirom na zamjećivanje signala opasnosti i/ili upozorenja
- s obzirom na oštećenje sluha

Najviše dopuštene ocjenskeekvivalentne razine buke  $L_{Aeq}$ koju na radnom mjestu stvaraju proizvodni i neproizvodni izvori buke, s obzirom na ometanje rada

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

## S OBZIROM NA ZAMJEĆIVANJE SIGNALA OPASNOSTI I/ILI UPOZORENJA

Razina zvučnog signala opasnosti ili upozorenja mora biti 10 dB viša od postojeće razine buke na ispitivanom radnom mjestu

## S OBZIROM NA OŠTEĆENJE SLUHA

Kada izmjerena ekvivalentna razina buke na radnom mjestu prelazi 80 dB(A), kao ocjenska razina buke za pojedinog radnika primjenjuje se normalizirana dnevna osobna izloženost buci  $L_{RE,8h}$ . Ako je buka tijekom radnog tjedna promjenjiva, primjenjuje se normalizirana tjedna osobna izloženost  $L_{RE,w}$ . Najviša dopuštena dnevna ili tjedna osobna izloženost buci radnika iznosi 85 dB(A). Istodobno najviša vršna C-vrednovana razina buke ne smije biti viša od  $L_{C,peak} = 140$  dB(C)

## POVREMENI IZVORI BUKE

Povremeni izvori buke pojavljuju se rijetko, diskontinuirano i pojedinačno kao npr. pri servisiranju opreme, ispuštanju pare, i sl.

U zonama 1–4, ocjenska razina buke izvan zgrada ne smije biti veća od 70 dB(A) danju i 55 dB(A) noću.

Pojedinačne kratkotrajne vršne vrijednosti buke  $L_{RE}$  ne smiju u:

- zoni 5 biti veće danju za 25 dB(A), noću za 15 dB(A)
- zonama 1–4 biti veće danju za 20 dB(A), noću za 10 dB(A) od propisanih vrijednosti

## OCJENSKA RAZINA BUKE $L_R$

$$L_r = L_{Aeq} + K_I + K_T + K_R + K_S$$

- ▣  $K_I$  = korekcija zbog impulsnog zvuka
- ▣  $K_T$  = korekcija zbog sadržaja čistih tonova
- ▣  $K_R$  = korekcija zbog vremena dana
- ▣  $K_S$  = korekcija (pozitivna ili negativna) za različite izvore i situacije

# ZVUK I OKOLIŠ 10

## PRAVILNIK O KARTAMA BUKE

**Karta buke** jest prikaz postojećeg i/ili predviđenog stanja imisije buke na promatranom području, izražena harmoniziranim indikatorima buke. Najčešći podaci koje karta buke može sadržavati jesu prekoračenje propisanih dopuštenih vrijednosti, procijenjeni broj ljudi izloženih pojedinim razinama buke, procijenjeni broj stanova, škola, bolnica izloženih određenim vrijednostima indikatora buke u promatranom području.

**Strateška karta** buke jest temeljna karta buke namijenjena cjelovitom ocjenjivanju izloženosti stanovništva buci od različitih izvora buke

**Konfliktna karta buke** jest razlikovna karta buke namijenjena za izradu akcijskih planova.

**Dopuštena vrijednost indikatora buke** jest vrijednosti  $L_{den}$  ili  $L_{night}$ , te, gdje je primjereno, i  $L_{day}$  i  $L_{evening}$ , pri čijem prekoračenju nadležno tijelo razmatra ili provodi mjere zaštite od buke.

**Aksijski planovi** su planovi izrađeni radi upravljanja bukom okoliša i njezinim štetnim učincima, uključujući mjere zaštite od buke.

**Akustičko planiranje** jest planiranje koje služi za upravljanje budućom bukom okoliša, a koristi se prostorno planskim mjerama zaštite od buke kao što su sustavno planiranje i upravljanje svim vrstama prometa, zaštita mjerama zvučne izolacije i upravljanje bukom na mjestu emisije.

**Javnost** jest jedna ili više fizičkih ili pravnih osoba.

Za izradu strateških karata buke koriste se indikator buke za dan-večer-noć  $L_{den}$  i indikator noćne buke  $L_{night}$  izraženi u dB(A). Za akustičko planiranje i određivanje područja zaštita od buke pored navedenih indikatora buke koriste se i indikator dnevne buke  $L_{day}$  i indikator večernje buke  $L_{evening}$ .

### Indikator buke za dan-večer-noć $L_{den}$ u dB(A):

$$L_{den} = 10 \lg \frac{1}{24} \left[ 14 \cdot 10^{0,1 L_{day}} + 2 \cdot 10^{0,1 (L_{evening} + 5)} + 8 \cdot 10^{0,1 (L_{night} + 10)} \right]$$

$L_{day}$ —A-vrednovana ekvivalentna razina buke definirana u ISO 1996-2 utvrđivana svakog dana tijekom jedne godine

$L_{evening}$ —A-vrednovana ekvivalentna razina buke definirana u ISO 1996-2 utvrđivana svake večeri tijekom jedne godine

$L_{night}$ —A-vrednovana ekvivalentna razina buke definirana u ISO 1996-2 utvrđivana svake noći tijekom jedne godine.

## OPĆENITO O KARTAMA BUKE

Prikazuje postojeće i predviđene razine imisija buke unutar promatranog područja. Jednoznačno određuje ukupnu izloženost populacije buci uzrokovanoj cjelokupnom ljudskom aktivnošću. Daje uvid u probleme upravljanja bukom, i daje jasnu, nedvosmisleni i lako čitljivu sliku tih problema. Omogućava učinkovitije prostorno planiranje, planiranje zaštite postojećih prostora od izvora buke, te provedbu „akustičkog zoniranja prostora“ prema zakonski dozvoljenim razinama buke. Izrađuje se pomoću računala, unutar aplikacija koje analiziraju i predviđaju širenje zvuka u zadanom modelu. Za izradu karte buke koja vjerno opisuje postojeće stanje su potrebni podaci koji se prikupljaju mjerenjima i od naručitelja. Tokom izrade

karte buke model se višestruko kontrolira i uspoređuje sa stvarnim stanjem da bi se postigla dovoljna kvaliteta modela. Izvori buke zastupljeni u kartama buke dijele se na ove glavne komponente:

1. Buka cestovnog prometa
2. Buka željezničkog prometa
3. Buka industrijskih postrojenja

Pravilnici koji su najuže vezani uz problematiku izrade karata buke su:

1. Pravilnik o načinu izrade i sadržaju karata buke i akcijskih planova
2. Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave.

## **MODELIRANJE PROSTORA**

Osnovni model za izradu karte buke sastoji se od četiri glavne komponente:

1. Slojnice, odnosno model reljefa tla
2. Ceste i željezničke pruge
3. Prepreke širenju zvuka
4. Apsorpcijske zone

## **KONFLIKTNE KARTE BUKE**

Daju podatak o tome koliko je stvarna razina buke u nekom dijelu grada veća ili manja od dopuštene. Na temelju razlike dopuštene i proračunate razine buke dobiva se konfliktna karta buke. Iz njih su najbolje uočljivi problemi vezani uz preveliku imisiju buke u pojedinim zonama. Grad se dijeli sljedeće na zone namjene:

1. Zona namijenjena odmoru, oporavku i liječenju
2. Zona namijenjena samo stanovanju i boravku
3. Zona mješovite, pretežito stambene namjene
4. Zona mješovite, pretežito poslovne namjene sa stanovanjem
5. Zona gospodarske namjene (proizvodnja, industrija, skladišta , servisi)

## **ANALIZA IZLOŽENOSTI STANOVNIŠTVA BUCI**

Kada se proračunom utvrde razine buke u području promatranog grada, može se pristupiti analizi izloženosti stanovništva. Pomoću statističkih podataka o populaciji izrađuje se model naseljenosti grada, te se na temelju proračunatih razina buke određuje raspodjela izloženosti stanovništva određenim razinama buke. Iz tih podataka dobiva se uvid koliko je stanovnika i u kojoj mjeri izloženo štetnim utjecajima prevelikih razina buke.