



ZVUK I OKOLIŠ

5. UTJECAJ BUKE NA ČOVJEKA

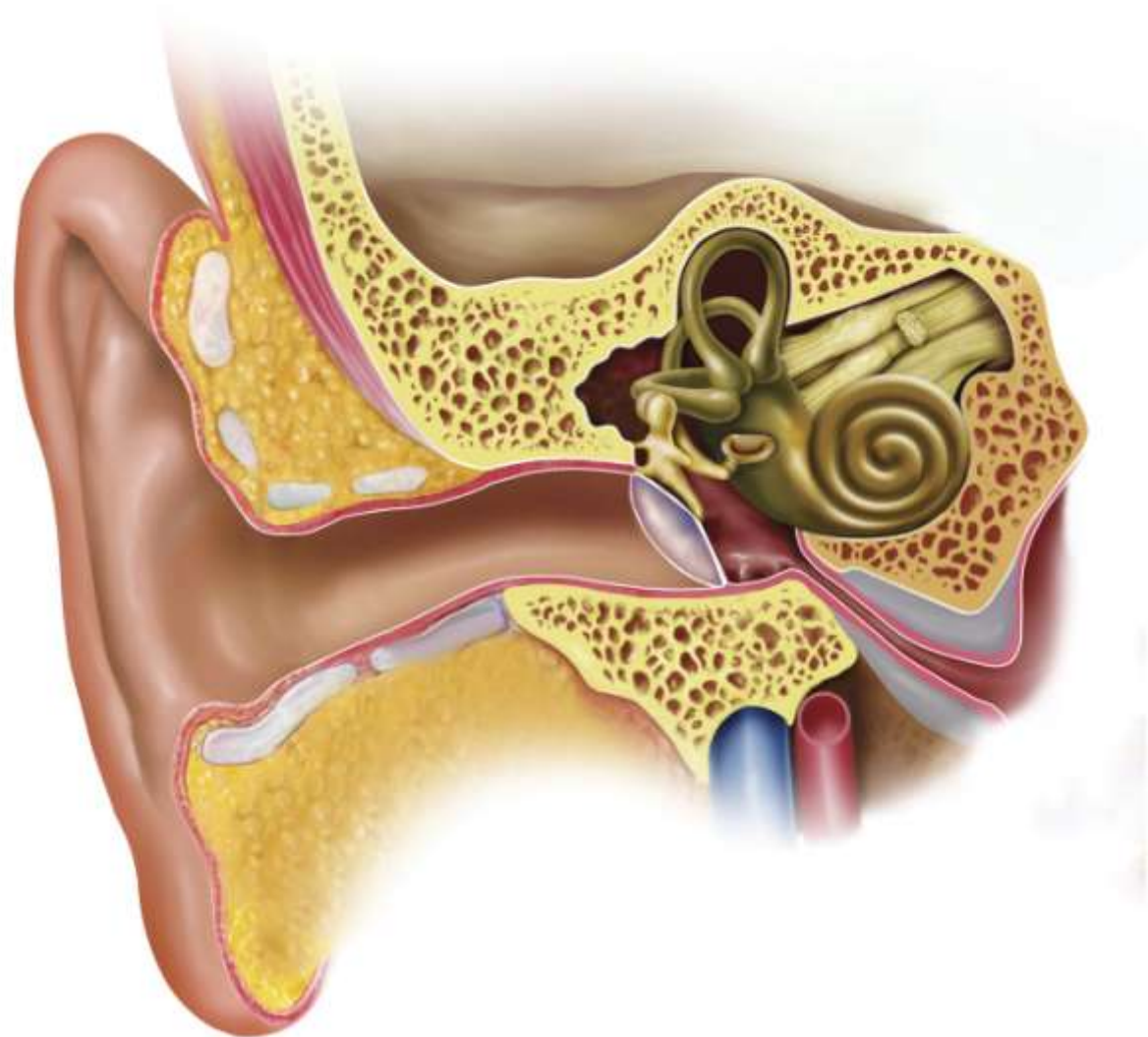
doc.dr.sc. Kristian Jambrošić

# Literatura, izvori slika

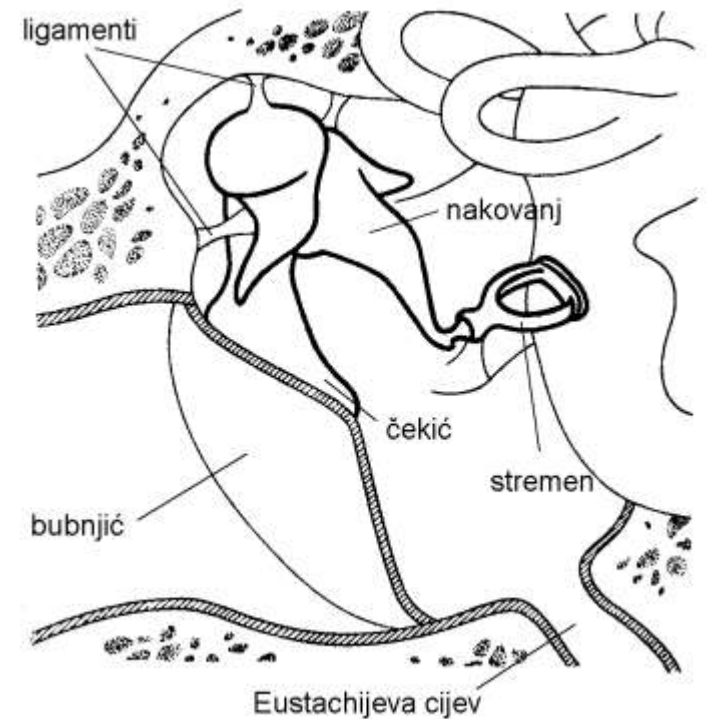
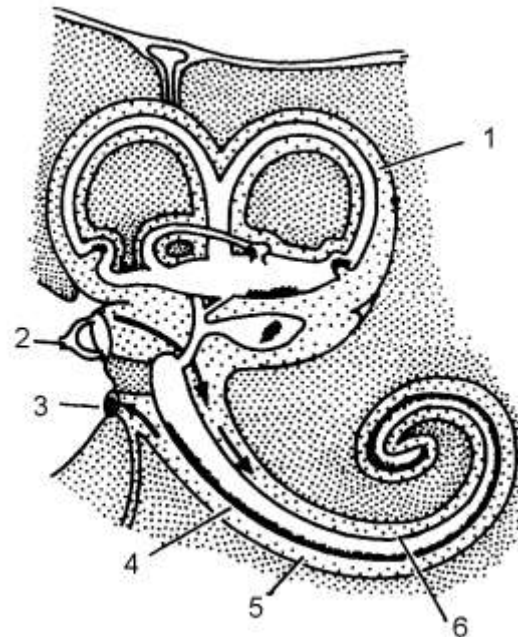
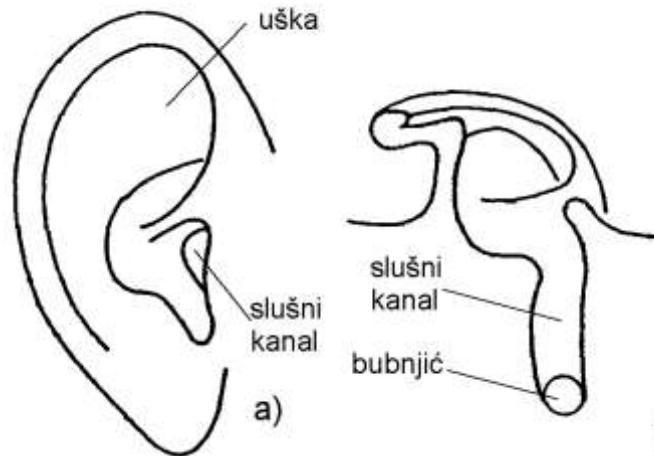
- **Brüel & Kjær online Library:**  
<http://www.bksv.com/Library.aspx>
- Marschall Long: **Architectural Acoustics**, Academic Press, 2006.
- **BAUA: Safe and Sound:**  
<http://www.baua.de/de/Publikationen/Publikationen.html>

- izloženost buci ima akumulirajući karakter (kao i ostala zagađenja)
- štetni utjecaj buke se uočava tek nakon duljeg vremena i prvenstveno se manifestira kao:
  - loše raspoloženje
  - umor
  - nesanica
  - glavobolja
  - gubitak koncentracije - smanjene radne sposobnosti
  - u konačnici, trajno oštećenje sluha
- utjecaj buke na čovjeka određen anatomijom sluha

# 4.1 Građa uha

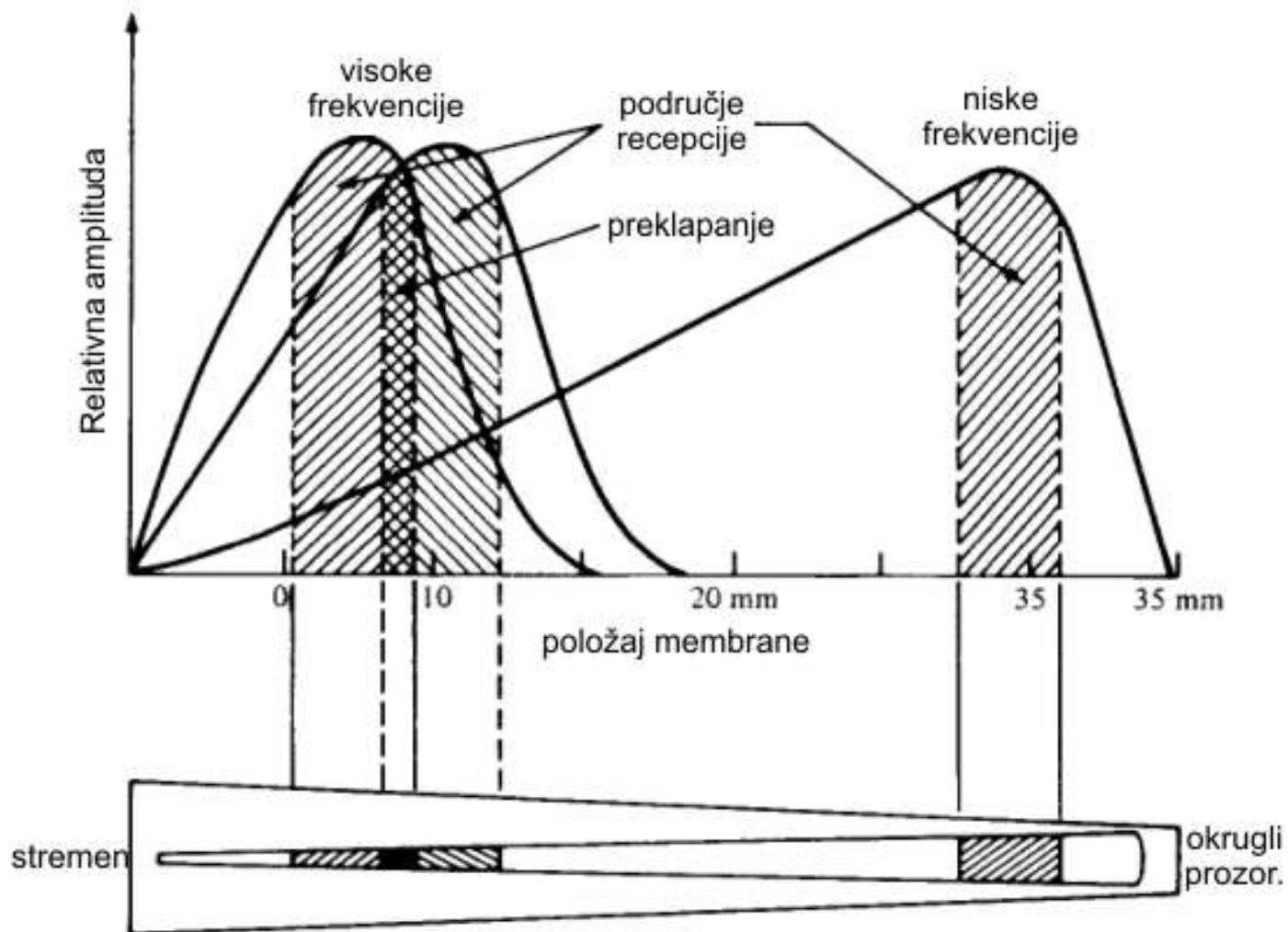


# 4.1 Građa uha



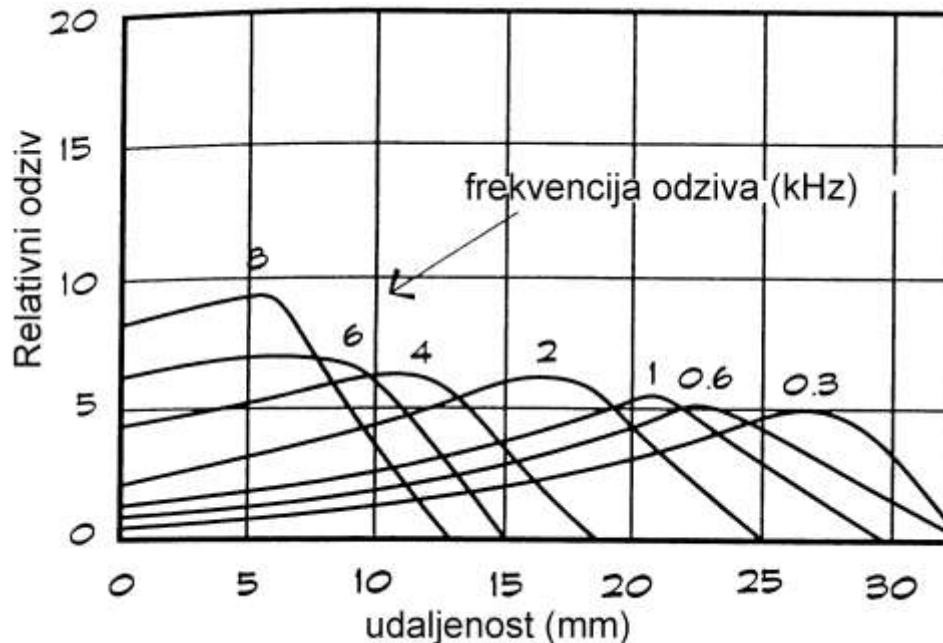


# 4.1.1 Bazilarna membrana - odziv



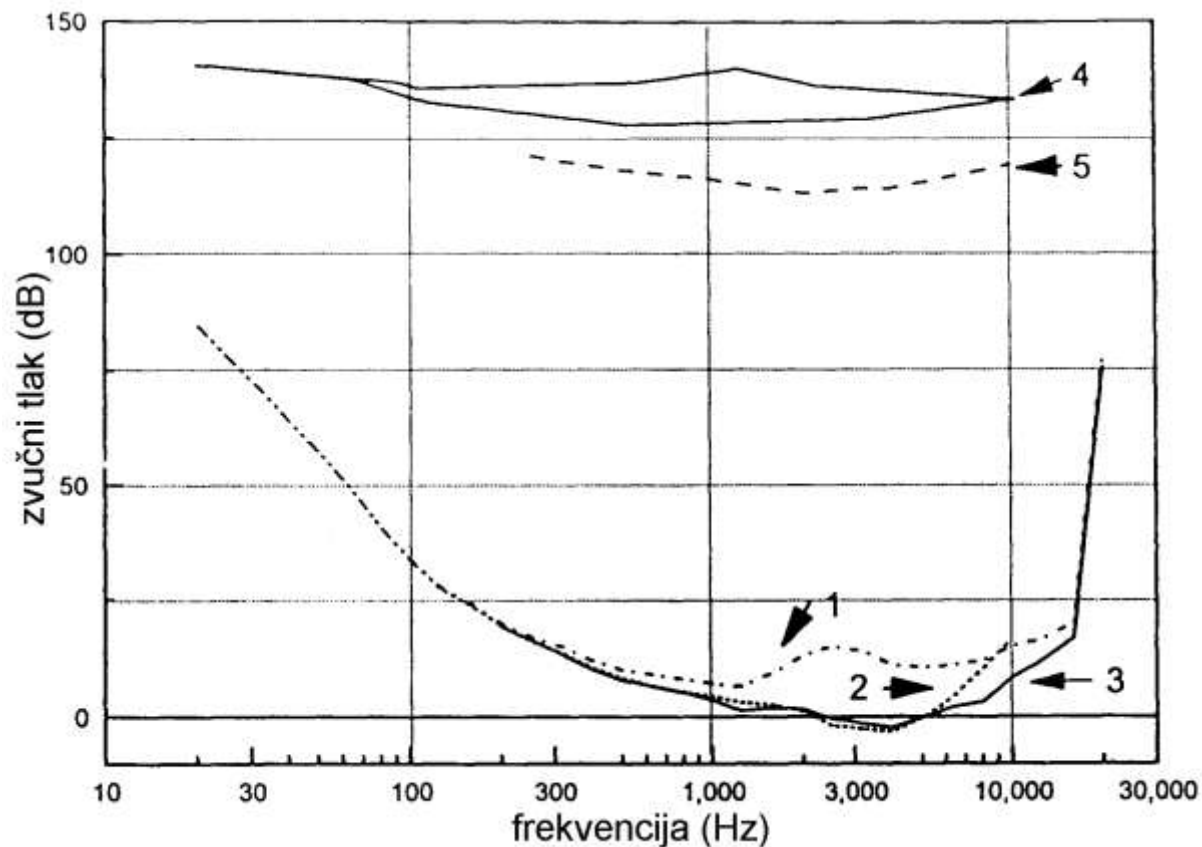
# 4.1.1 Bazilarna membrana

- sposobnost razlučivanja različitih frekvencija zvučnog signala, radi kao frekvencijski analizator
- sluh je sposoban detektirati oko 5000 različitih visina zvuka u preko 10 oktava



# 4.2 Slušna ploha

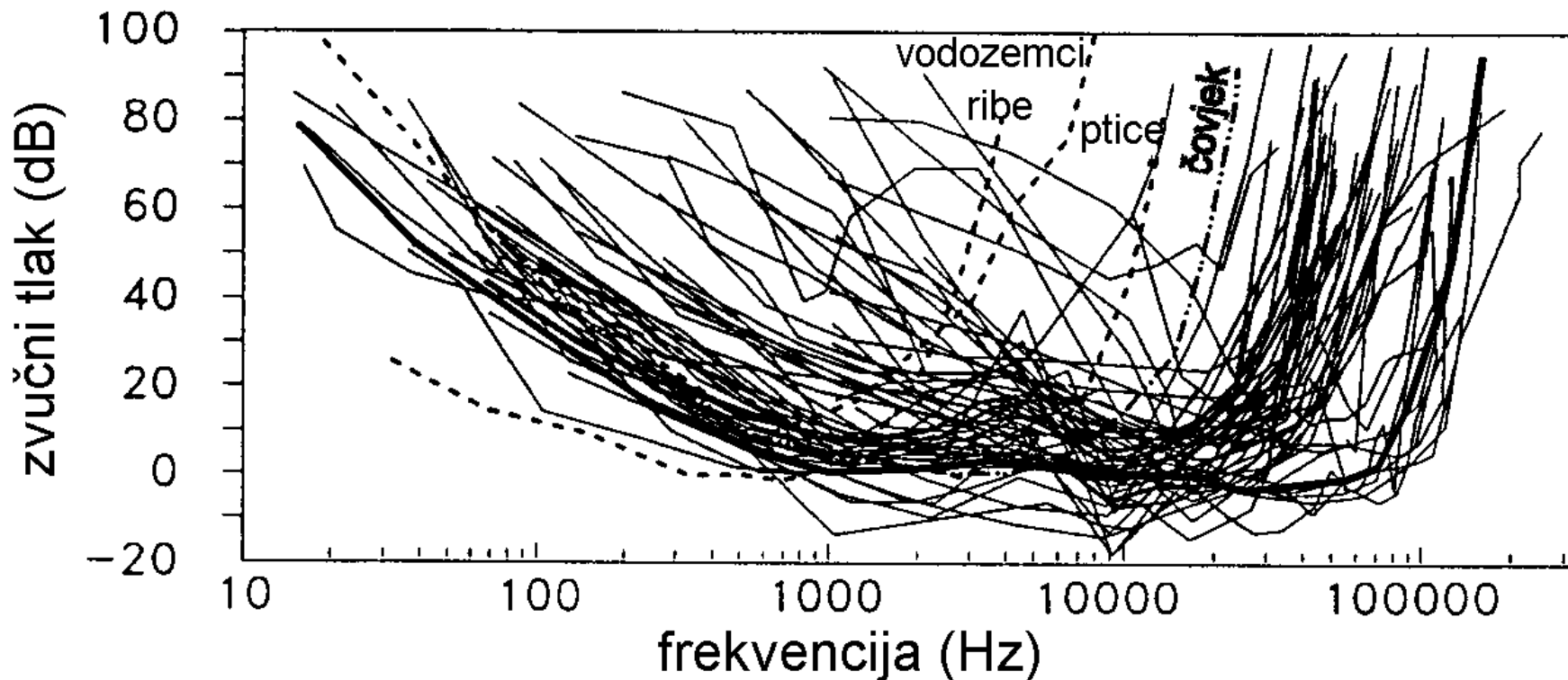
- prag čujnosti mjeren: 1 - binauralno u slobodnom polju, azimut izvora  $0^\circ$ ; 2 - monauralno pomoću slušalica; 3 - u difuznom zvučnom polju
- krivulje 4 omeđuje područje praga boli, a krivulja 5 prag nelagode





## 4.2.1 Pragovi čujnosti sisavaca

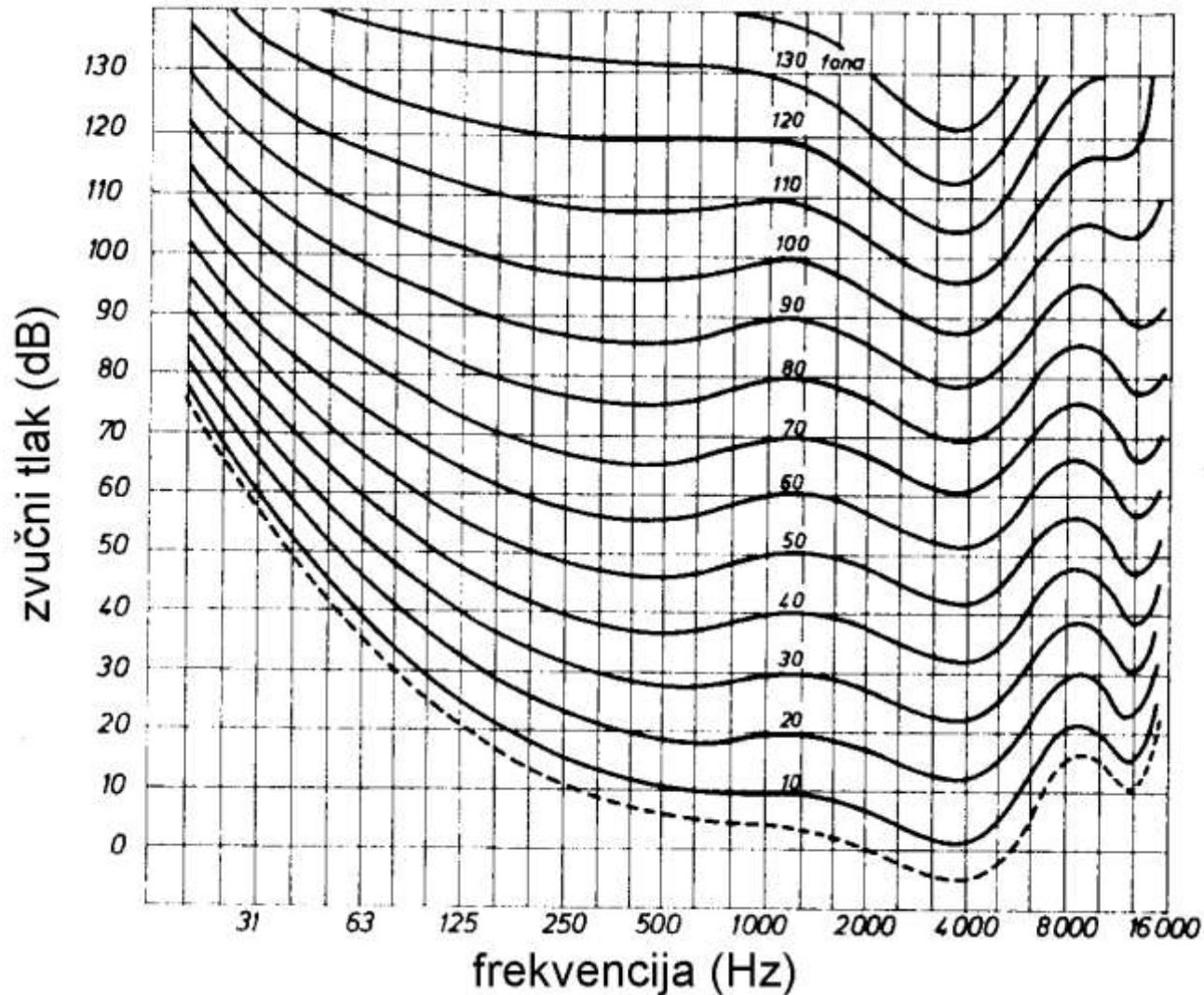
- čovjekov prag čujnosti u usporedbi s drugim sisavcima (pune crte), crtkano je prikazan prosjek za vodozemce, ribe i ptice radi usporedbe



# 4.3 Razina glasnoće zvuka

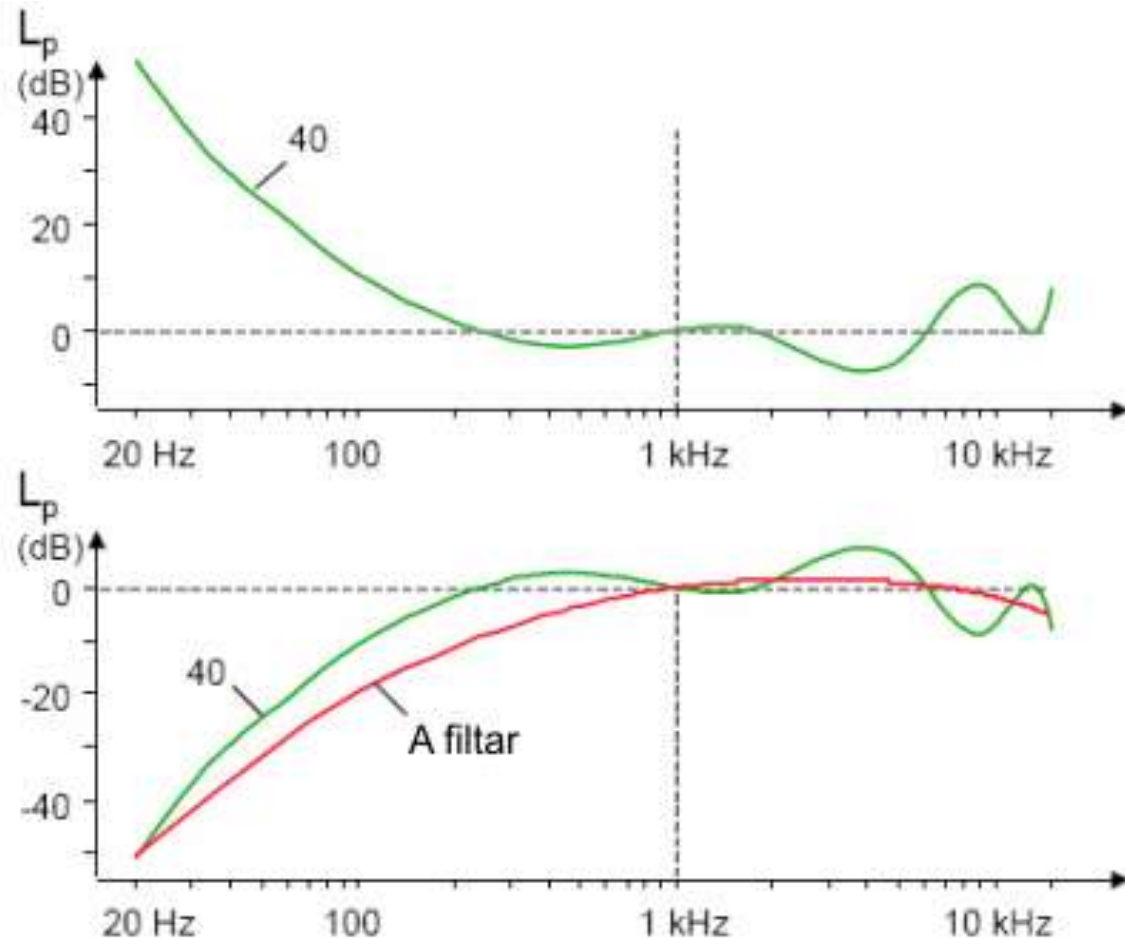
- glasnoća
  - ▣ subjektivna percepcija ovisna o amplitudi, frekvencijskom sastavu i vremenskom obliku zvuka
  - ▣ to je čovjekov sud o intenzitetu zvuka
  - ▣ nije u linearnoj vezi sa zvučnim tlakom ili razinom zvučnog tlaka
- razina glasnoće zvuka mjeri se u **fonima**, a prikazuje se krivuljama jednake glasnoće (izofone krivulje)

# 4.3.1 Krivulje jednake glasnoće, fon



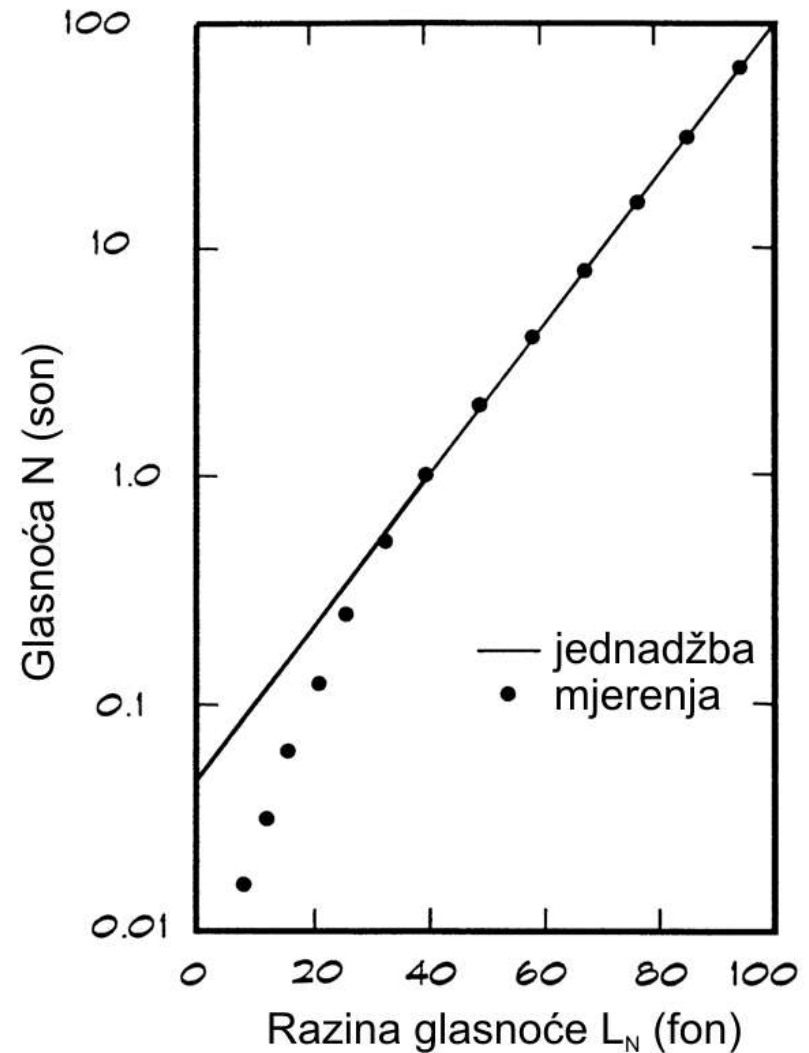
## 4.3.2 Razlog upotrebe A filtra

- krivulja jednake glasnoće 40 dB normalizirana na 0 dB pri 1 kHz:
- invertirana krivulja jednake glasnoće 40 dB i usporedba s A filtarskom karakteristikom:



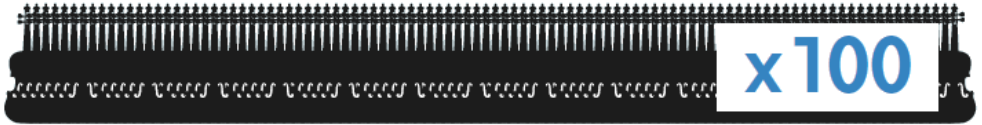





# 4.4 Glasnoća zvuka, son

- jedinica glasnoće zvuka je **son**
- $L_N = 30 \log N + 40$ 
  - ▣  $N$  – glasnoća u sonima,  
 $L_N$  – glasnoća u fonima
- osjet dvostruke glasnoće = porast sona dva puta



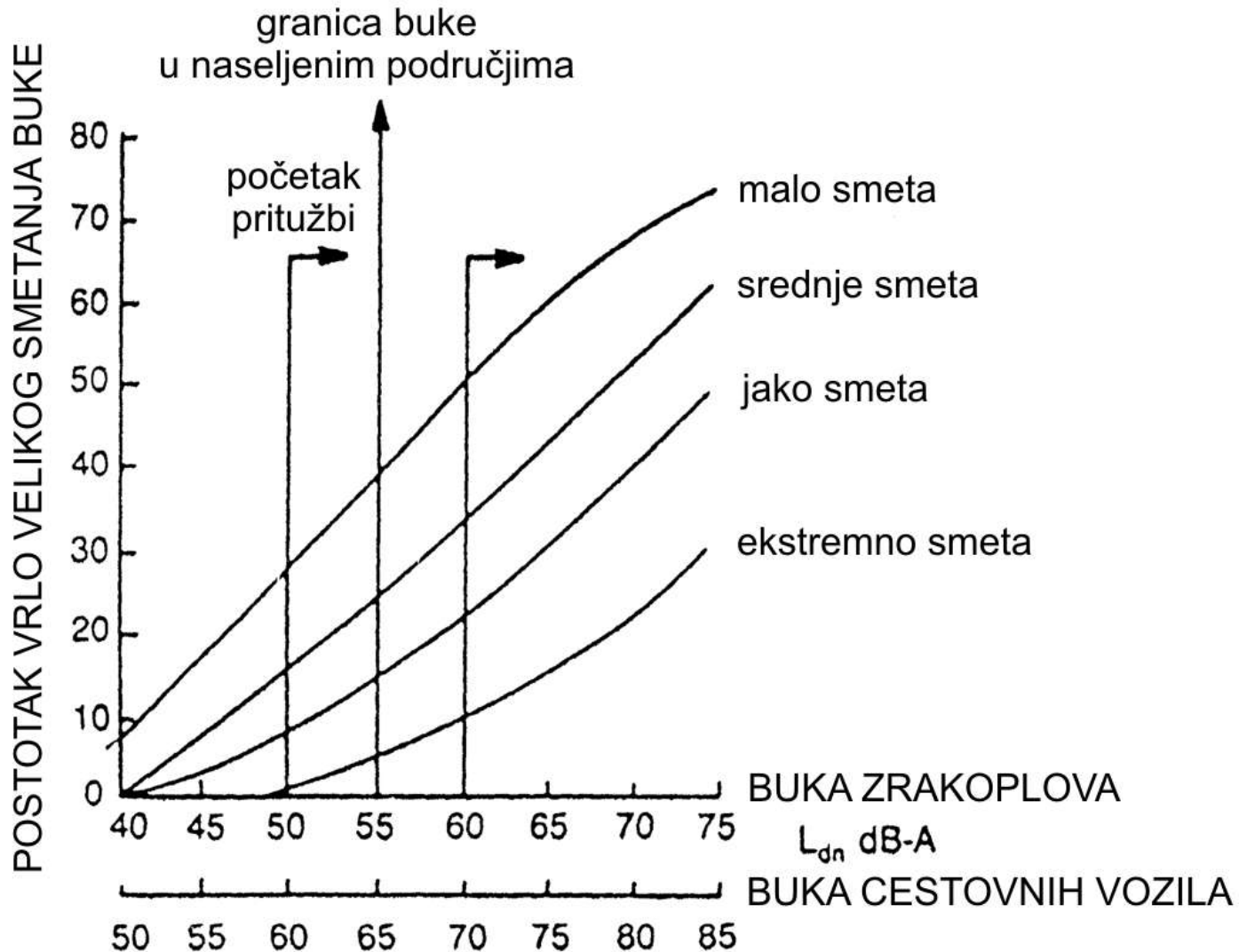
# 4.4 Glasnoća zvuka, son

- odnos razina glasnoće i same glasnoće zvučnih izvora

| Slušni dojam     | Porast razine | Broj istih izvora zvuka   |
|------------------|---------------|---|
| 4x glasnije      | + 20 dB       |  x100   |
| 2x glasnije      | + 10 dB       |  x10    |
| osjetno glasnije | + 6 dB        |  x4     |
| čujno glasnije   | + 3 dB        |  x2     |
| jedva glasnije   | + 1 dB        |  x1,25 |
|                  |               |  x1    |



# 4.5 Učinak buke na čovjeka



# 4.5 Učinak buke na čovjeka

- pritužbe na buku mogu početi već od razine buke 40 dBA, ovisno o vrsti buke
- osim glasnoće, ključna je i vrsta buke (glazba, promet, industrijska buka, lavež psa), kao i doba dana
- najviše smeta uznemiravanje bukom tijekom spavanja ili vođenja razgovora
- prag smetanja tijekom spavanja: 45 dBA ili niže
- početak interferencije govorne komunikacije je 63 dBA ili, ugrubo, razina zvuka govora normalne glasnoće između dvoje ljudi odvojenih 1 metar

# 4.5 Učinak buke na čovjeka

- primarni učinak buke - stezanje mišića srednjeg uha koji zakreću slušne koščice tako da se smanji hod koščica i pritisak na pužnicu; na to utječe i frekvencija, trajanje i spektralni sastav zvuka
- za zvukove koji traju više od pola sekunde i nalaze se u čujnom području, jačina stezanja mišića povećava se povećanjem intenziteta zvuka počevši od 85 - 90 dB glasnoće za čiste tonove, odnosno od 70 - 75 dB za širokopoljasni zvuk
- postoji još i ograničenje gibanja bubnjića i koščica zbog određenog ligamenta koje se pojavljuje kod glasnoće iznad 120 - 130 dB

# 4.5 Učinak buke na čovjeka

- dolazi i do drugih vidljivih promjena na tijelu :
  - ▣ trenutna kontrakcije orbitalnih očnih mišića koji zatvaraju kapke (žmirkanje) i kontrakcije nekih mišića nogu, ruku i leđa koji izazivaju blagi grč
  - ▣ refleks okretanja glave i očiju u smjeru izvora zvuka
- jačina reakcije proporcionalna je intenzitetu zvuka te obrnuto proporcionalna vremenu porasta zvuka
- na reakciju također utječu i neočekivanost zvuka i pozadinska buka
- jačina mišićnog refleksa najviše raste za razine zvučnog tlaka između 90 i 120 dB

# 4.5 Učinak buke na čovjeka

- dolazi i do kratkotrajnog porasta krvnog tlaka, porast otkucaja srca i smanjeni broj udisaja
- subjektivne ocjene izloženosti zvuku visokog intenziteta: nelagodu za zvukove oko 120 dB, "škakljanje" (eng. tickle) za zvukove oko 130 dB i bol na oko 140 dB
- postoje velike razlike među zdravih pojedinaca u ocjenjivanju tih osjećaja
- gluhe osobe bi izdržavale buku od 170 dB zvučnog tlaka bez osjećaja boli što pokazuje da je bubnjić primarni izvor boli

# 4.5 Učinak buke na čovjeka

- do gubitka ravnoteže kod izloženosti vrlo glasnoj buci dolazi tek kod zvučnih tlakova oko 140 dB
- ako se buka dovodi samo na jedno uho, gubitak ravnoteže pojavljuje se već iznad 100 dB

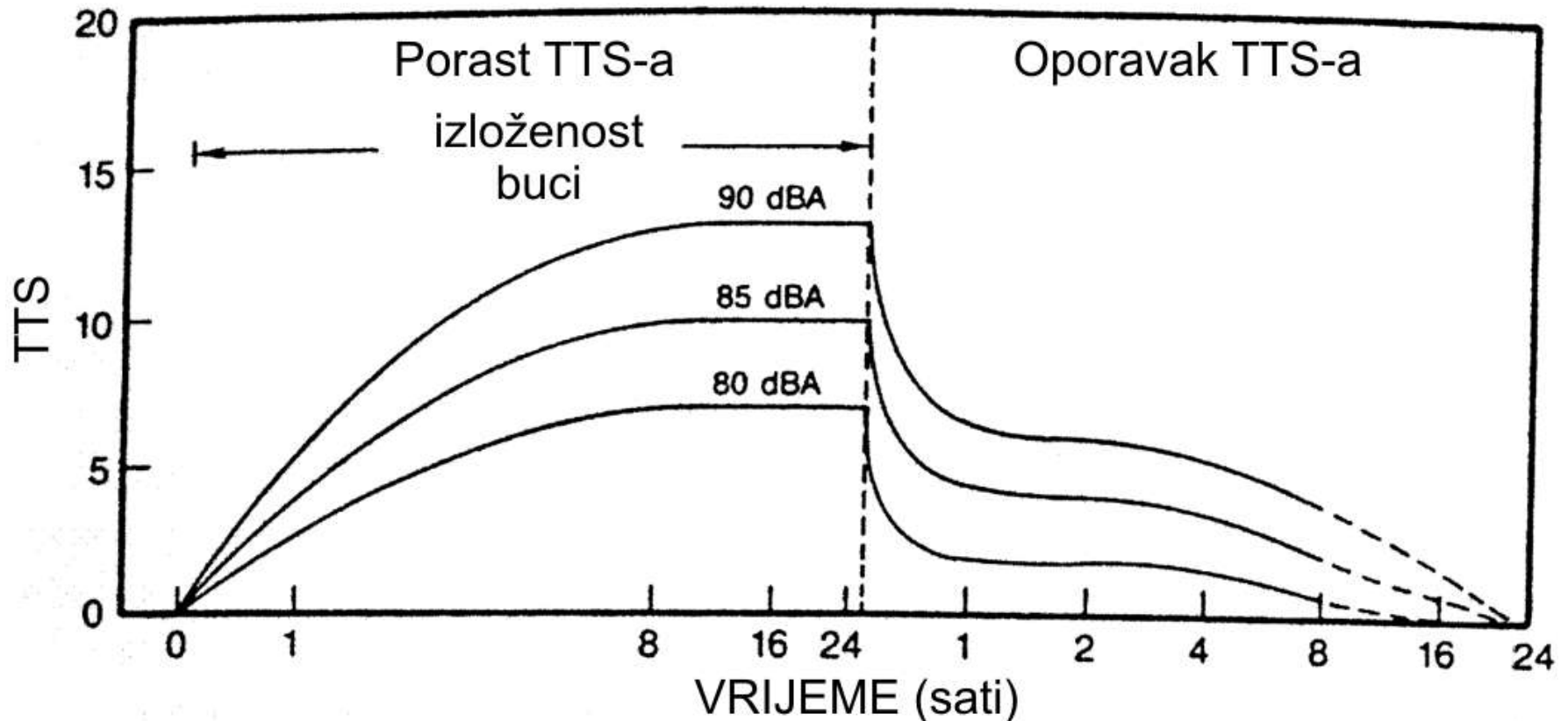


# 4.5.1 Posljedice glasnog zvuka na sluh

- najuočljivija posljedica je **pomak praga čujnosti**
- dijeli se na:
  - ▣ **privremeni pomak praga čujnosti, TTS** (prema eng. temporary threshold shift)
  - ▣ **stalni pomak praga čujnosti, PTS** (prema eng. permanent threshold shift)
- PTS se dijeli u dvije kategorije obzirom na razlog nastanka oštećenja:
  - ▣ kao posljedica kratkotrajnog djelovanja zvuka vrlo velikog intenziteta (akustička trauma)
  - ▣ zbog učestalog izlaganja određenom zvuku ili buci znatno manjeg intenziteta

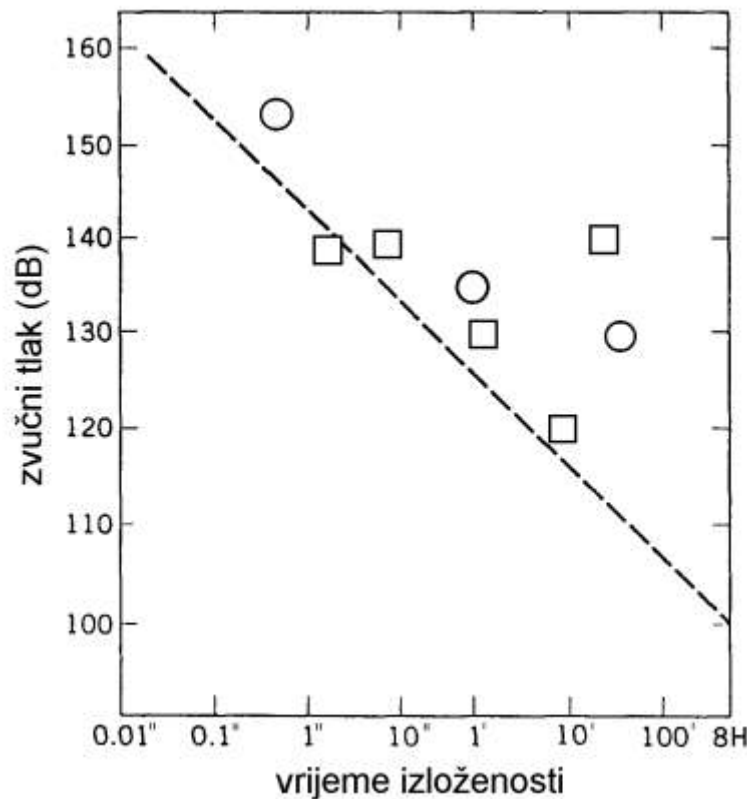
# 4.5.1 Posljedice glasnog zvuka na sluh

- ovisnost promjene TTS-a o vremenu izloženosti i razini buke



# 4.5.1 Posljedice glasnog zvuka na sluh

- stvarni primjeri: kvadrati - trajno oštećenje sluha, kružići - bez trajnih posljedica na sluh osobe, crtkano - imaginarna granica opasnosti od trajnog oštećenja sluha



## 4.5.2 Naglušost i gluhoća

- naglušost:
  - ▣ provodna ili konduktivna - uzrokovana patologijom vanjskog zvukovoda, srednjeg uha do ovalnog prozorčića
  - ▣ osjetna ili perceptivna - senzoričkog tipa: oštećen Cortijev organ, ili neuralnog tipa: oštećen je neuralni put između unutarnjeg uha i mozga
- profesionalna oštećenja sluha su senzoričkog tipa i u pravilu ireverzibilna

## 4.5.2 Naglušost i gluhoća

- oštećenje sluha može biti i centralne prirode, zbog patologije središnjeg živčanog sustava
- nagluhe osobe - poremećaj komunikacije, procjena naglušosti:
  - neznatna naglušost – osoba ne čuje zvuk razine do 20 dB
  - lagana naglušost – osoba ne čuje zvuk razine 20 - 40 dB
  - umjerena naglušost – osoba ne čuje zvuk razine 40 - 60 dB (što već ulazi u govorni registar)
  - teška naglušost – osoba ne čuje zvuk razine 60 - 80 dB (po nekim autorima ta granica je 93 dB)

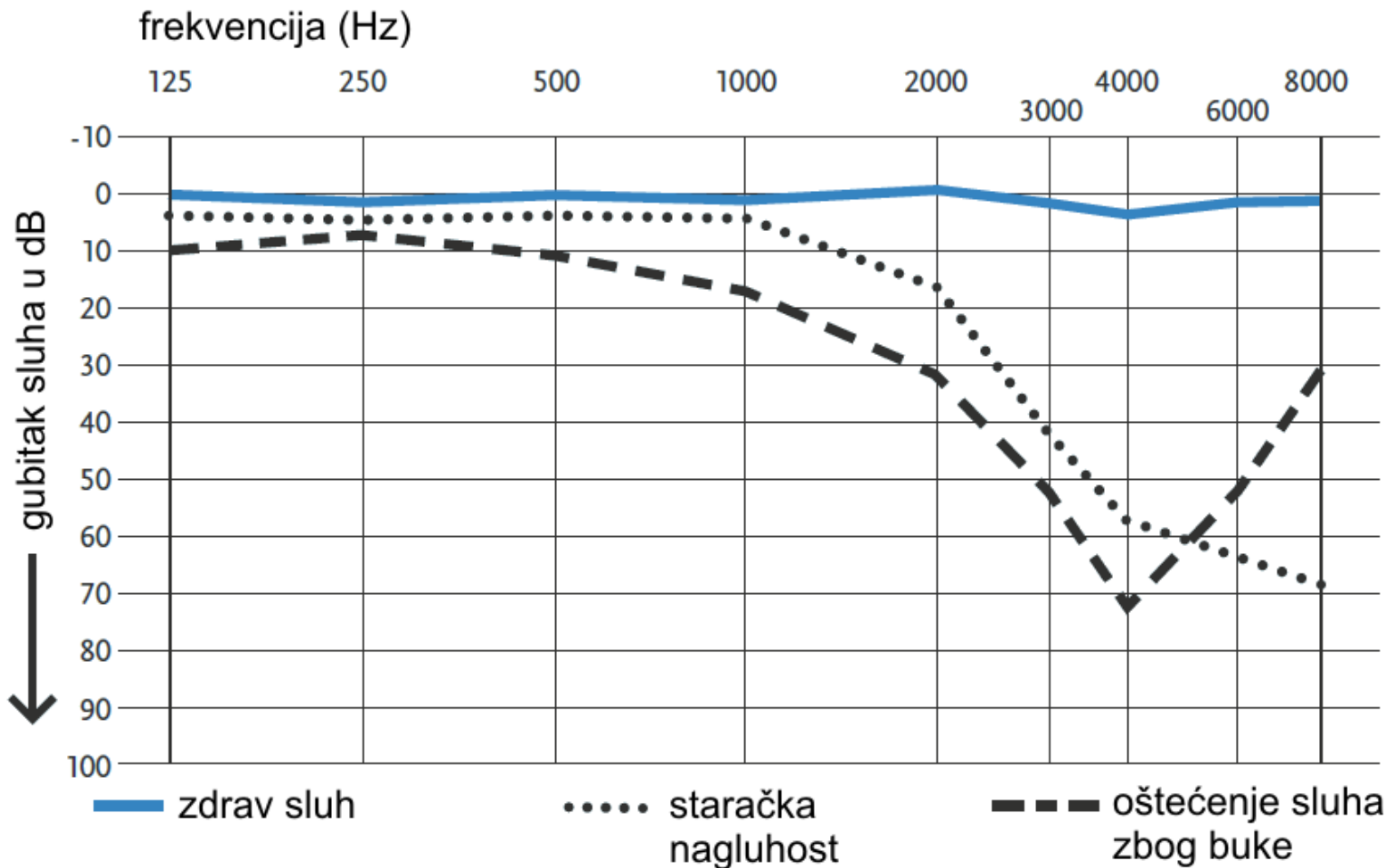
## 4.5.2 Naglušost i gluhoća

- prag sluha iznad 93 dB označava se kao gluhoća
- profesionalno oboljenje - gluhoća se obično očitava kao simetrično obostrano oštećenje
- posljedice djelovanja buke na ljude:
  - ▣ naglušost i gluhoća (poremećaji u razumijevanju i komunikaciji)
  - ▣ neurovegetativne reakcije (hipertenzija, poremećaji metabolizma i endokrinološki poremećaji)
  - ▣ umor i psihičke reakcije (razdražljivost)
  - ▣ smanjenje radne i životne sposobnosti



# 4.5.2 Naglušost i gluhoća

- primjeri audiograma zdrave i nagluših osoba



## 4.5.2 Naglušost i gluhoća

- u RH - oko 12.000 osoba s oštećenim sluhom
- u Zagrebu - oko 3.000 osoba (podatak iz Hrvatskog saveza gluhih i nagluhih)
- istraživanje u RH (1998/99.), ispitanici od 16 do 20 godina (uzorak od 12.000 osoba) - 11% s oštećenim sluhom, od toga:
  - više od 7% - oštećenje posljedica akustičke traume
  - više od 90% - oštećenje nastalo kao posljedica urbanog života i okoliša (disko klubovi, glasno slušanje glazbe, pirotehnička sredstva, ...)
  - neznatan broj je bio izložen industrijskoj buci (dob!)

## 4.5.3 Akustička trauma

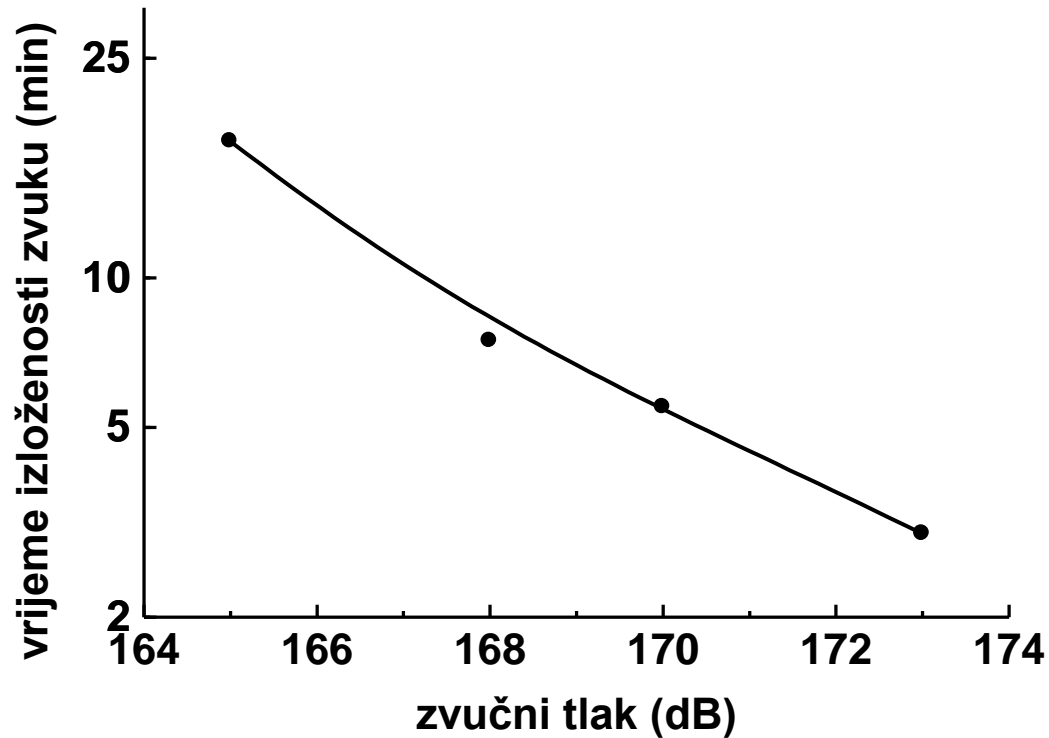
- mjerenjem akustičke traume kod zamoraca dobiven je odnos vremena izlaganja buci prema razini zvučnog tlaka:
  - ▣ povećanjem razine tlaka za 5 dB moramo smanjiti vrijeme izlaganja za 10 puta da bi dobili isti efekt akustičke traume
  - ▣ čovjek - izlaganje zvučnom tlaku od oko 140 dB će imati za posljedicu PTS nakon pola minute kod većine ljudi, tlaku od 145 dB nekoliko sekundi, a tlaku od 150 dB nakon nekoliko desetinki sekundi
  - ▣ puknuće bubnjića na višim audio frekvencijama očekuje se na oko 160 dB

## 4.5.3 Akustička trauma

- kod impulsnog zvuka (obično pucanj), TTS i PTS se pojavljuju u sličnom rasponu razina zvučnog tlaka i to najprije u području frekvencija 4 - 6 kHz
- bez PTS-a čak kod razina od 159 do 180 dB, ali i puknuće bubnjića kod razina od 186 - 189 dB
- zvuk može izazvati smrt (ispitivanja na zamorcima):
  - ▣ svako povećanje razine zvučnog tlaka za 3 dB prepolovljuje vrijeme koje je potrebno da nastupi smrt zamoraca
  - ▣ doza smrtnosti buke oko:  $33 \text{ J/mm}^2$

## 4.5.3 Akustička trauma

- krivulja praga smrtnosti zamoraca u zvučnom polju visokog intenziteta

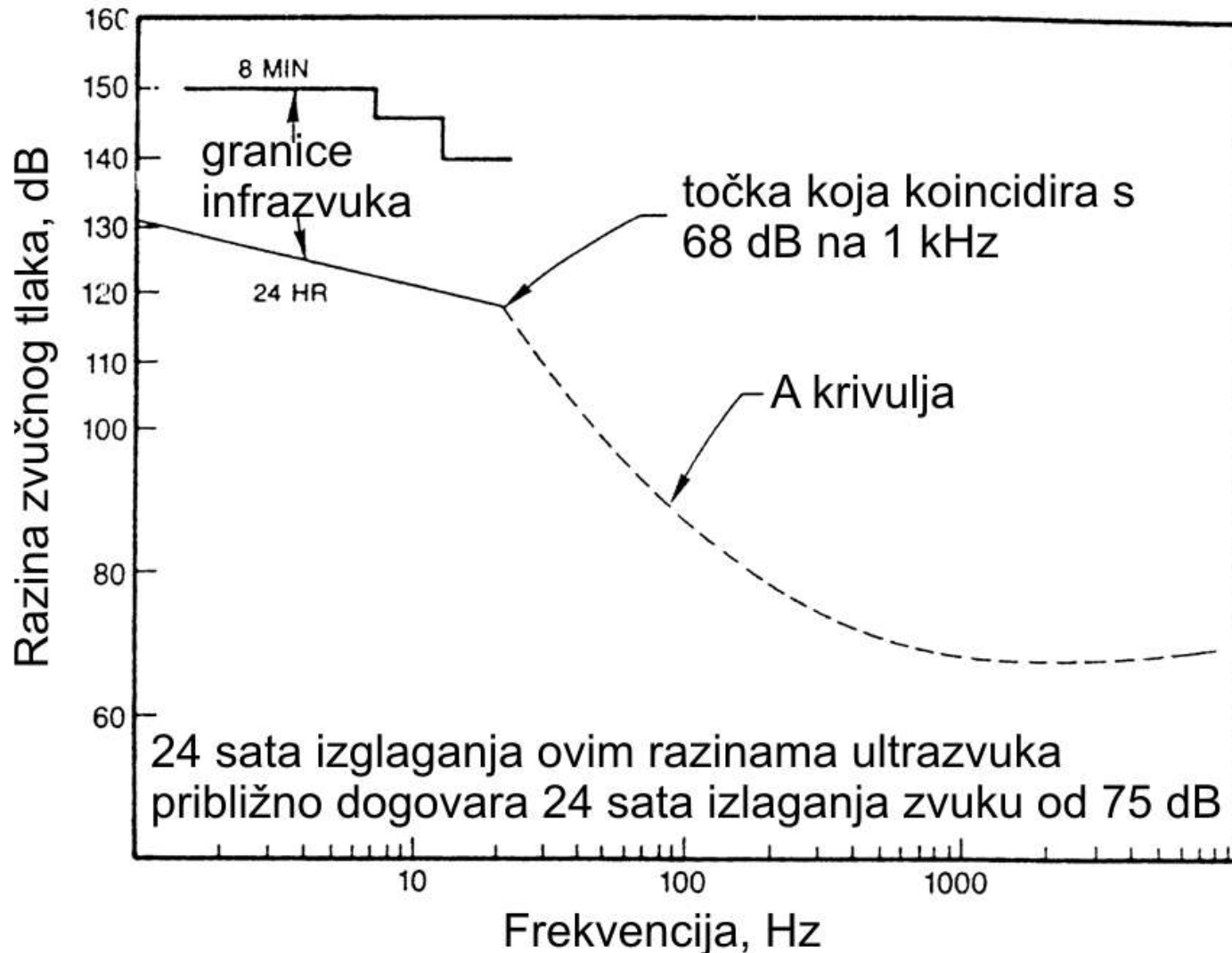


## 4.5.4 Učinak infrazvuka velike razine

- zvuk frekvencija ispod 20 Hz
- iako nečujan, može izazvati slijedeće posljedice, ovisno o glasnoći i frekvenciji, te trajanju izloženosti:
  - ▣ tjeskoba
  - ▣ izražena tuga
  - ▣ nervozni osjećaji gnušanja ili straha
  - ▣ trnci niz kralježnicu
  - ▣ osjećaj pritiska u grudima



# 4.5.4 Učinak infrazvuka velike razine



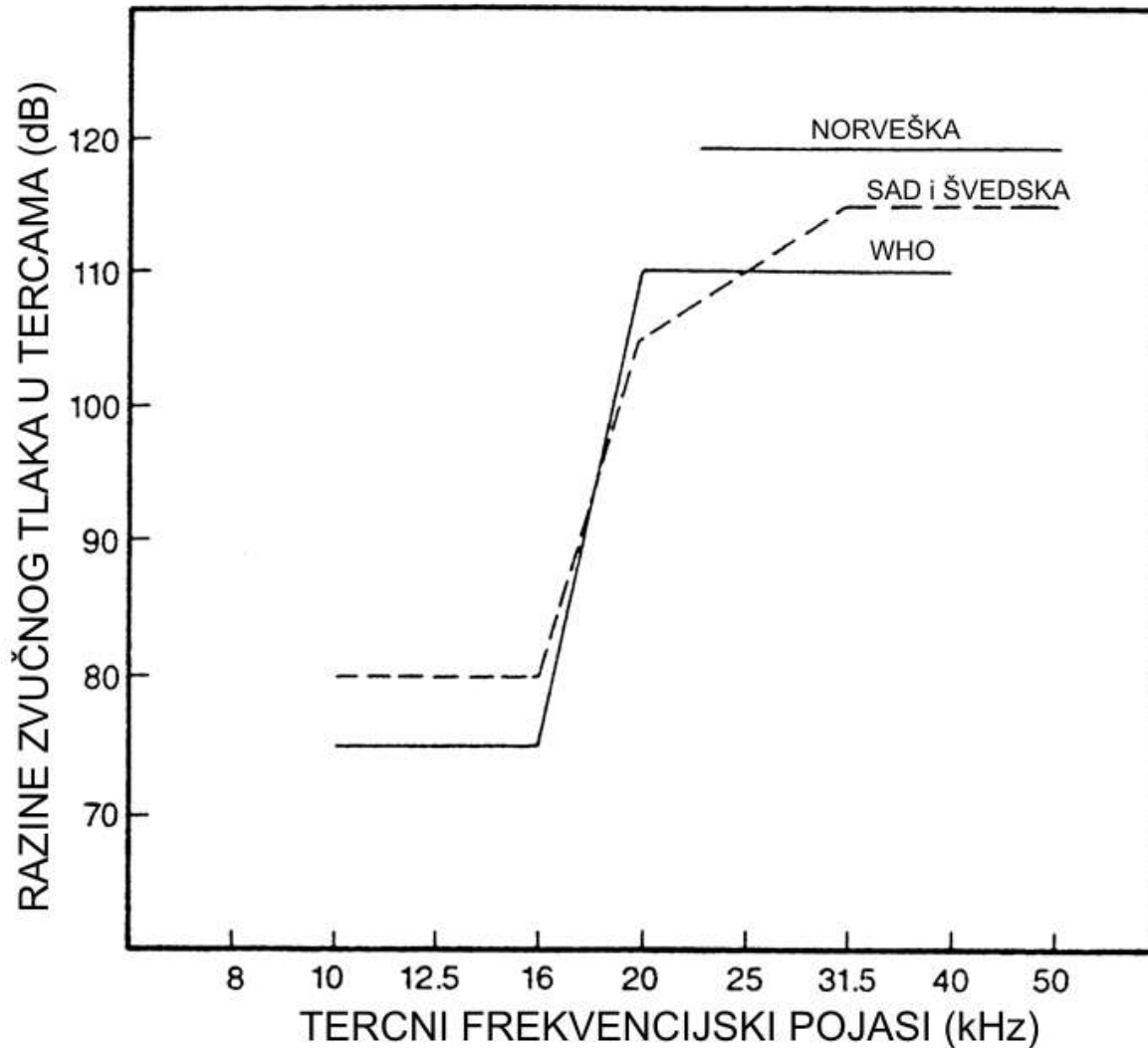
## 4.5.5 Učinak ultrazvuka velike razine

- mjerenja na ultrazvučnim uređajima (npr. ultrazvučni aparati za čišćenje) pokazala su da se u neposrednoj blizini uređaja pojavljuju razine zvuka između 100 i 110 dB za frekvencije 25 kHz
- na višim frekvencijama, razine ultrazvuka su osjetno niže
- uz osnovnu frekvenciju pojavljivali su se i snažni harmonici i subharmonici koji najčešće upadaju u čujno područje
- nema jednoznačnih dokaza da zbog utjecaja ultrazvuka dolazi do privremenog pomaka praga čujnosti

## 4.5.5 Učinak ultrazvuka velike razine

- ultrazvuk se može osjetiti ne kao muzički ton nego neka vrsta pritiska u uhu ili glavi
- osoba duže izložena intenzivnom ultrazvučnom polju počinje se žaliti na glavobolju, osjećaj smušenosti i mučnine (slično izlaganja intenzivnom infrazvuku)
- subjektivni efekti buke ocjenjuju se u čujnom području pomoću A-krivulje, a u ultrazvučnom području do 40 kHz., tzv. AU-krivulja
- bez oštećenja: 110 dB za pojas s centralnom frekvencijom 20 kHz, 125 dB za 25 kHz pojas i 140 dB za 31,5 i 40 kHz pojaseve

# 4.5.5 Učinak ultrazvuka velike razine



## 4.5.6 Tek primjetna razlika promjene

- eng. JND – Just Noticable Difference
- određuje minimalnu promjenu frekvencije ili razine zvuka koju čovjek jednoznačno može primijetiti

| Promjena u razini zv. tlaka (dB) | Subjektivna promjena glasnoće |
|----------------------------------|-------------------------------|
| 1                                | prag osjeta promjene          |
| 3                                | vrlo čujna                    |
| 6                                | osjetna promjena              |
| 10                               | dvostruka glasnoća            |

## 4.5.6 Tek primjetna razlika promjene

- JND za promjenu u razini (u dB) za sinusni ton

| Freq.<br>Hz | Signal Level, dB |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
|-------------|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
|             | 5                | 10  | 20  | 30  | 40  | 50  | 60  | 70  | 80  | 90  | 100 | 110 |  |
| 35          | 9.3              | 7.8 | 4.3 | 1.8 | 1.8 |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 70          | 5.7              | 4.2 | 2.4 | 1.5 | 1.0 | .75 | .61 | .57 | 1.0 | 1.0 |     |     |  |
| 200         | 4.7              | 3.4 | 1.2 | 1.2 | .86 | .68 | .53 | .45 | .41 | .41 |     |     |  |
| 1000        | 3.0              | 2.3 | 1.5 | 1.0 | .72 | .53 | .41 | .33 | .29 | .29 | .25 | .25 |  |
| 4000        | 2.5              | 1.7 | .97 | .68 | .49 | .41 | .29 | .25 | .25 | .21 | .21 |     |  |
| 8000        | 4.0              | 2.8 | 1.5 | .90 | .68 | .61 | .53 | .49 | .45 | .41 |     |     |  |
| 10,000      | 4.7              | 3.3 | 1.7 | 1.1 | .86 | .75 | .68 | .61 | .57 |     |     |     |  |

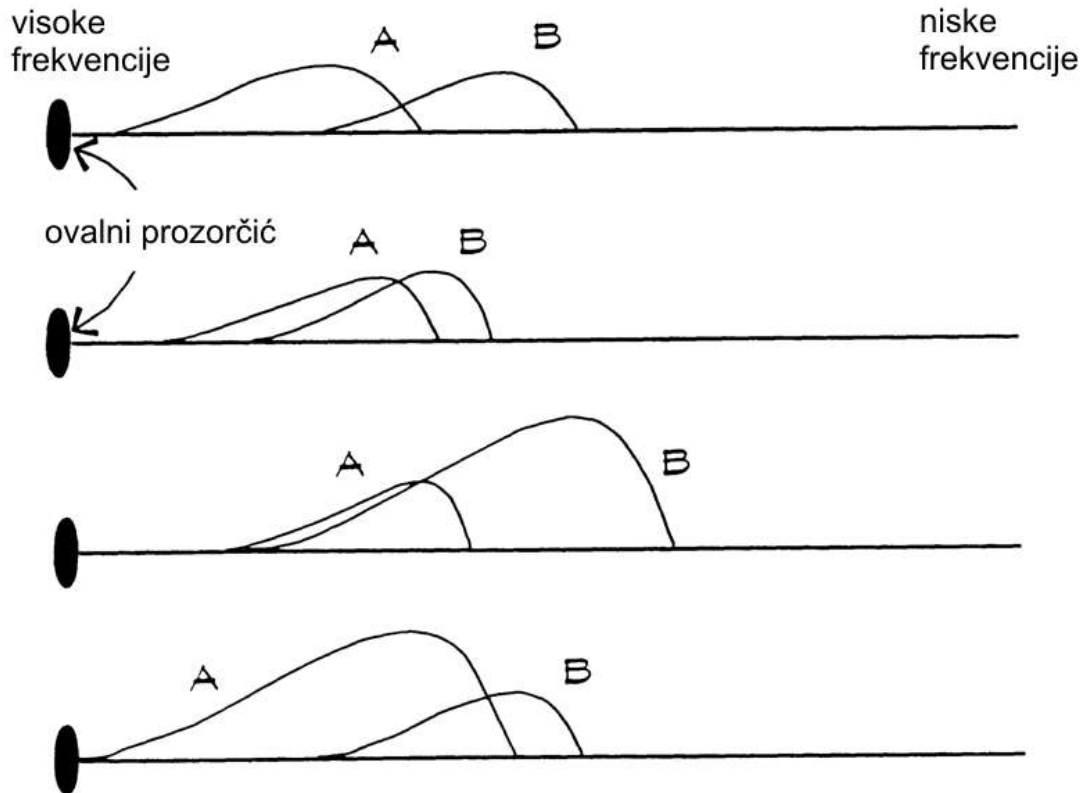
## 4.5.6 Tek primjetna razlika promjene

- JND za promjenu u frekvenciji (u Hz) za sinusni ton

| Frequency<br>Hz | Signal Level, dB |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------------|------------------|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                 | 5                | 10  | 15  | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
| 31              | 220              | 150 | 120 | 97 | 76 | 70 |    |    |    |    |    |
| 62              | 120              | 120 | 94  | 85 | 80 | 74 | 61 | 60 |    |    |    |
| 125             | 100              | 73  | 57  | 52 | 46 | 43 | 48 | 47 |    |    |    |
| 250             | 61               | 37  | 27  | 22 | 19 | 18 | 17 | 17 | 17 | 17 |    |
| 500             | 28               | 19  | 14  | 12 | 10 | 9  | 7  | 6  | 7  |    |    |
| 1000            | 16               | 11  | 8   | 7  | 6  | 6  | 6  | 6  | 5  | 5  | 4  |
| 2000            | 14               | 6   | 5   | 4  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  |    |
| 4000            | 10               | 8   | 7   | 5  | 5  | 4  | 4  | 4  | 4  |    |    |
| 8000            | 11               | 9   | 8   | 7  | 6  | 5  | 4  | 4  |    |    |    |
| 11,700          | 12               | 10  | 7   | 6  | 6  | 6  | 5  |    |    |    |    |

# 4.6 Maskiranje

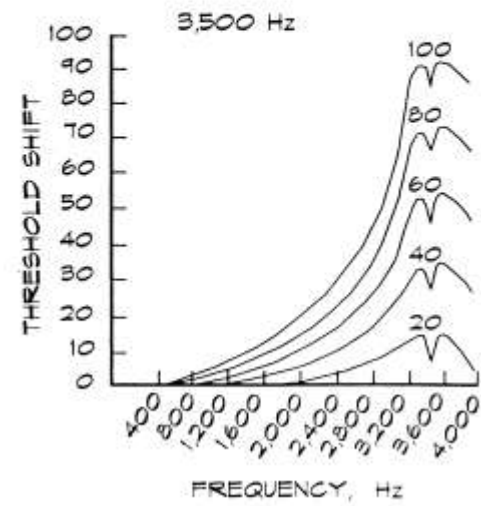
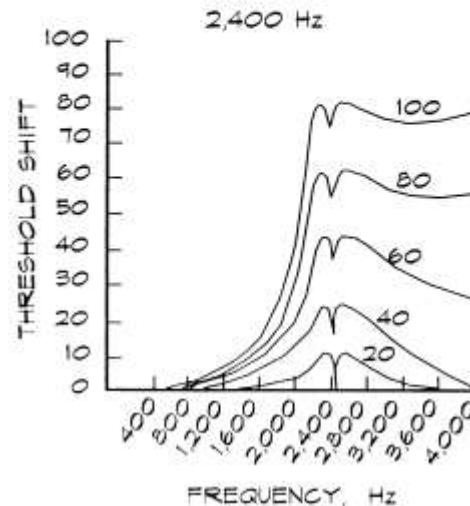
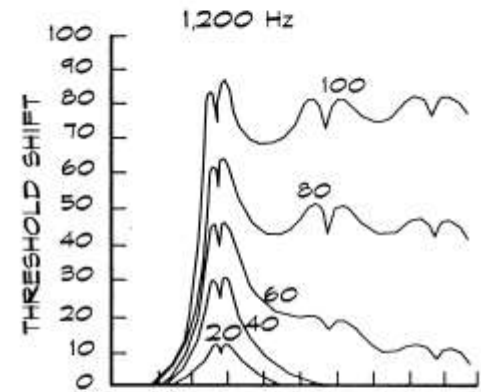
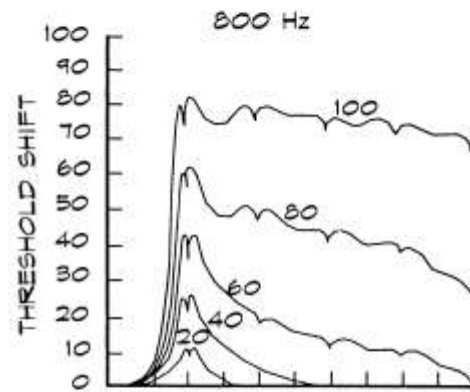
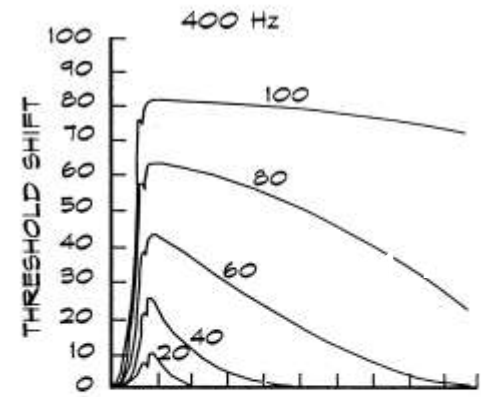
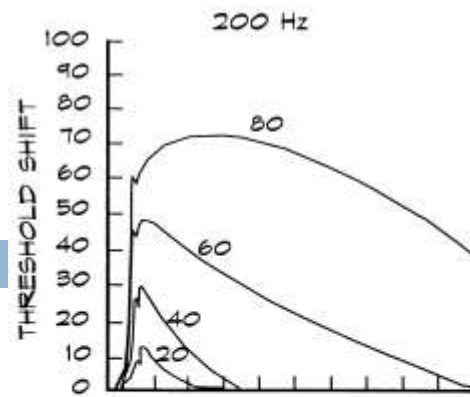
- kod dva ili više simultanih tonova, pojava maskiranja tona niže razine tonom više razine
- odziv bazilarne membrane (ovisno o frekvenciji i razini):





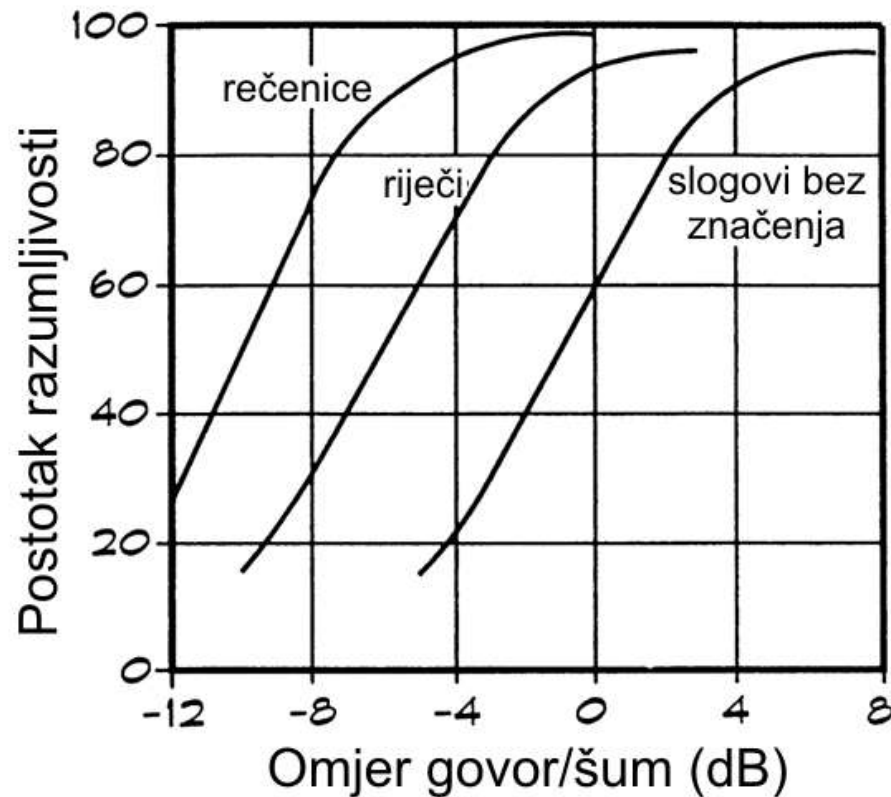
# 4.6 Maskiranje

- maskiranje sinusnim tonom:

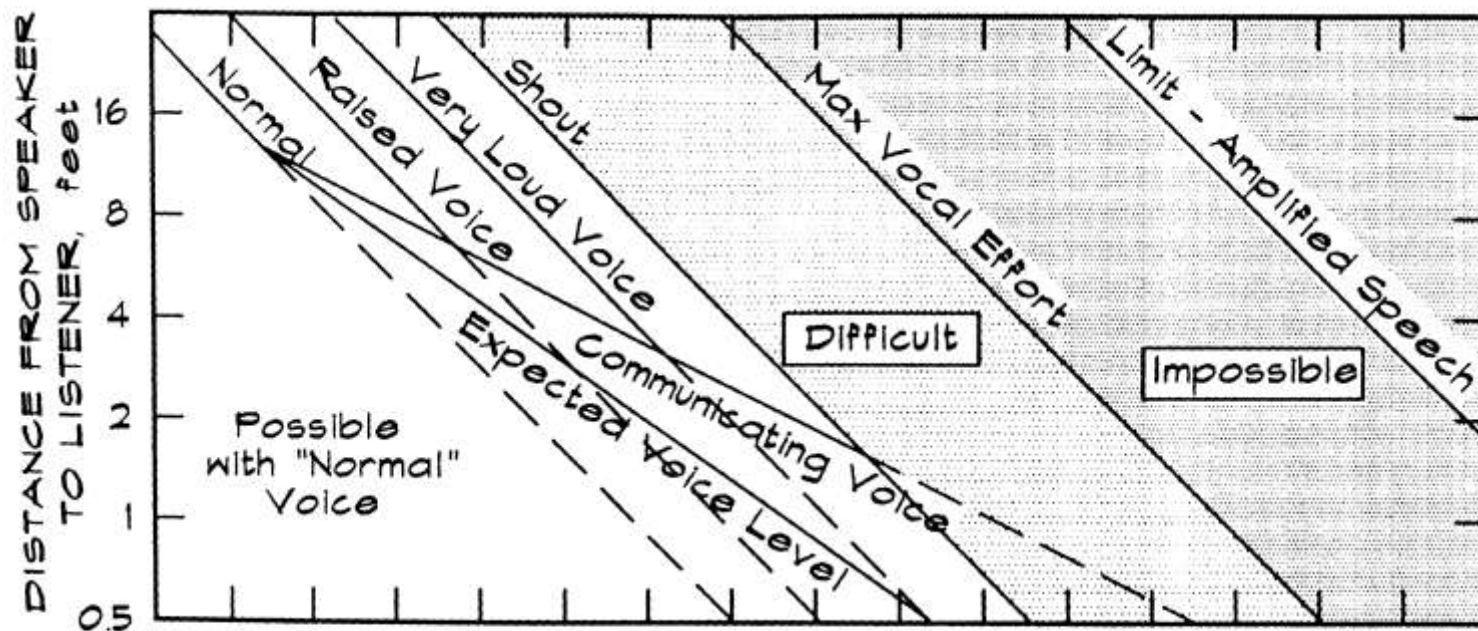


# 4.7 Razumljivost

- određena omjerom korisnog signala i buke
- različita za rečenice, riječi i slogove bez značenja



# 4.7 Razumljivost



|      |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
|------|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| PSIL | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 |
| SIL  | 37 | 47 | 57 | 67 | 77 | 87 | 97  | 107 | 117 |
| LA   | 47 | 57 | 67 | 77 | 87 | 97 | 107 | 117 | 127 |

# 4.8 Doza buke

- doza buke opisuje akumulirajući karakter buke
- mjeri se posebnim zvukomjerima - **dozimetrima**



# 4.8 Doza buke

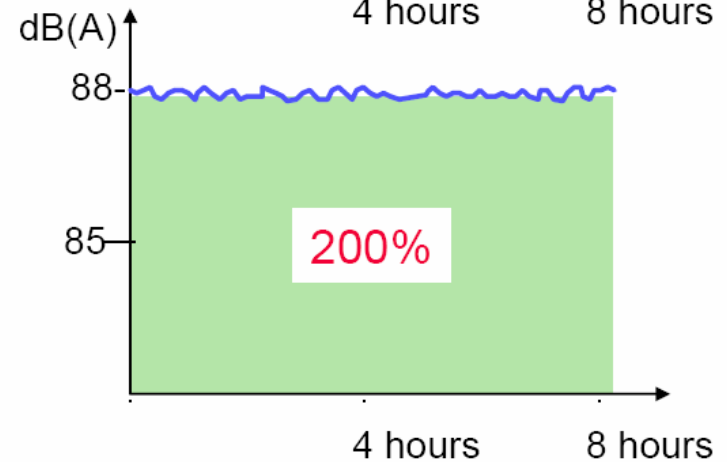
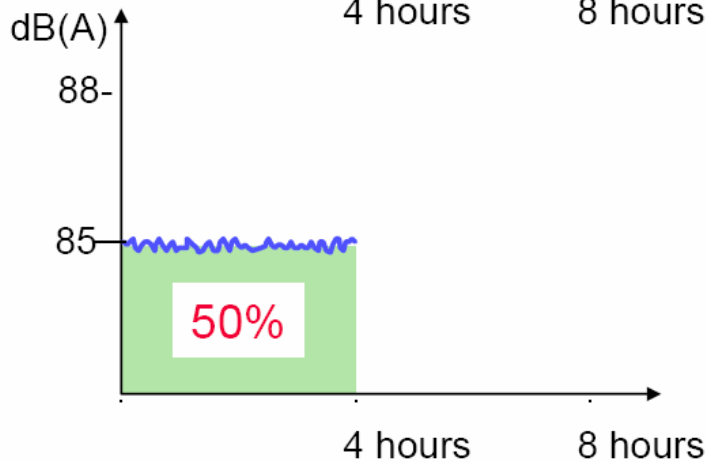
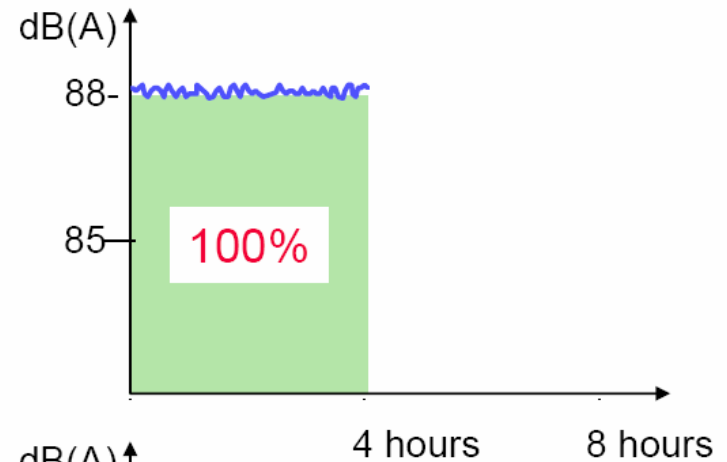
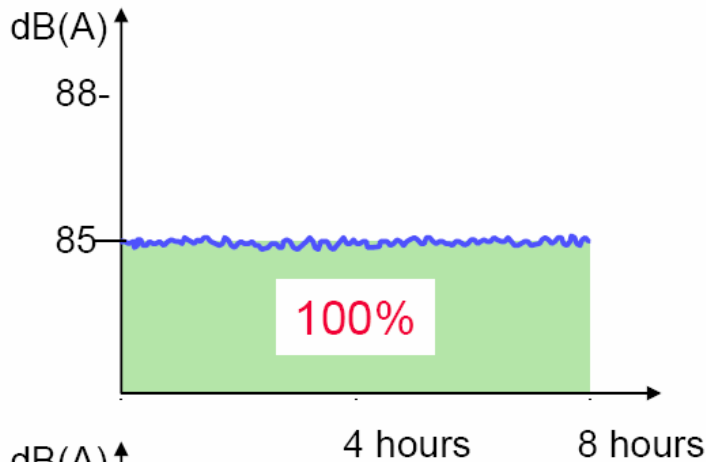
- 100% doza je maksimalna zadana ekvivalentna razina buke mjerena 8 sati, granične vrijednosti ovise o zakonodavstvu pojedine države ili službe (tipično 85 dB)
- primjeri na slijedećoj strani



**= 100 % Noise Dose**

# 4.8 Doza buke

- za **dvostruko** kraće vrijeme, doza buke smije biti **3 dB** veća, odnosno za dvostruko duže 3 dB manja:





# 4.8 Doza buke

- jednađba za izračun doze buke:

$$D = \frac{100}{T_n} \sum_{i=1}^N (T_i) 10^{[(L_i - L_c)/q]}$$

$D$  = doza izražena kao postotak dozvoljene dnevne doze

$T_n$  = normalizirani vremenski period, obično 8 sati

$T_i$  = trajanje  $i$ -tog vremenskog perioda

$L_i$  = ekvivalentna razina zvučnog tlaka u  $i$ -tom vremenskom periodu

$L_c$  = kriterij razine zvuka, obično 85 dBA

$q$  = bezdimenzionalni broj koji određuje promjenu kroz vrijeme, odnosno  $q = 3/(\log 2)$  za 3 dB zakon promjene

$N$  = broj intervala

# 4.8 Doza buke

48

## ZIO 4. Utjecaj buke na čovjeka

- Tablica doze buke u ovisnosti o trajanju i ekvivalentnoj mjerenoj razini buke (zakon 3 dB)

| Sound pressure level, $L_{Aeq}$ (dB) | Duration of exposure (hours) |               |      |      |      |      |     |     |
|--------------------------------------|------------------------------|---------------|------|------|------|------|-----|-----|
|                                      | $\frac{1}{4}$                | $\frac{1}{2}$ | 1    | 2    | 4    | 8    | 10  | 12  |
| 105                                  | 320                          | 625           | 1250 |      |      |      |     |     |
| 104                                  | 250                          | 500           | 1000 |      |      |      |     |     |
| 103                                  | 200                          | 400           | 800  |      |      |      |     |     |
| 102                                  | 160                          | 320           | 630  | 1250 |      |      |     |     |
| 101                                  | 125                          | 250           | 500  | 1000 |      |      |     |     |
| 100                                  | 100                          | 200           | 400  | 800  |      |      |     |     |
| 99                                   | 80                           | 160           | 320  | 630  | 1250 |      |     |     |
| 98                                   | 65                           | 125           | 250  | 500  | 1000 |      |     |     |
| 97                                   | 50                           | 100           | 200  | 400  | 800  |      |     |     |
| 96                                   | 40                           | 80            | 160  | 320  | 630  | 1250 |     |     |
| 95                                   | 32                           | 65            | 125  | 250  | 500  | 1000 |     |     |
| 94                                   | 25                           | 50            | 100  | 200  | 400  | 800  |     |     |
| 93                                   | 20                           | 40            | 80   | 160  | 320  | 630  |     |     |
| 92                                   | 16                           | 32            | 65   | 125  | 250  | 500  | 625 |     |
| 91                                   | 12                           | 25            | 50   | 100  | 200  | 400  | 500 | 600 |
| 90                                   | 10                           | 20            | 40   | 80   | 160  | 320  | 400 | 470 |
| 89                                   | 8                            | 16            | 32   | 65   | 130  | 250  | 310 | 380 |
| 88                                   | 6                            | 12            | 25   | 50   | 100  | 200  | 250 | 300 |
| 87                                   | 5                            | 10            | 20   | 40   | 80   | 160  | 200 | 240 |
| 86                                   | 4                            | 8             | 16   | 32   | 65   | 130  | 160 | 190 |
| 85                                   |                              | 6             | 12   | 25   | 50   | 100  | 125 | 150 |
| 84                                   |                              | 5             | 10   | 20   | 40   | 80   | 100 | 120 |
| 83                                   |                              | 4             | 8    | 16   | 32   | 65   | 80  | 95  |
| 82                                   |                              |               | 6    | 12   | 25   | 50   | 65  | 75  |
| 81                                   |                              |               | 5    | 10   | 20   | 40   | 50  | 60  |
| 80                                   |                              |               | 4    | 8    | 16   | 32   | 40  | 48  |
| 79                                   |                              |               |      | 6    | 13   | 25   | 32  | 38  |
| 78                                   |                              |               |      | 5    | 10   | 20   | 25  | 30  |
| 77                                   |                              |               |      |      | 8    | 16   | 20  | 24  |
| 76                                   |                              |               |      |      | 6    | 13   | 16  | 20  |
| 75                                   |                              |               |      |      | 5    | 10   | 13  | 15  |



# 4.9 Dnevna osobna izloženost buci, $L_{EP,d}$

- jednadžba za izračun dnevne osobne izloženosti buci:

$$L_{EP,d} \equiv L_r = 10 \cdot \lg \left[ \left( \frac{T_e}{T_0} \right) \cdot 10^{0,1 \cdot L_{Aeq,Te}} \right] = L_{Aeq,Te} + 10 \cdot \lg \left( \frac{T_e}{T_0} \right)$$

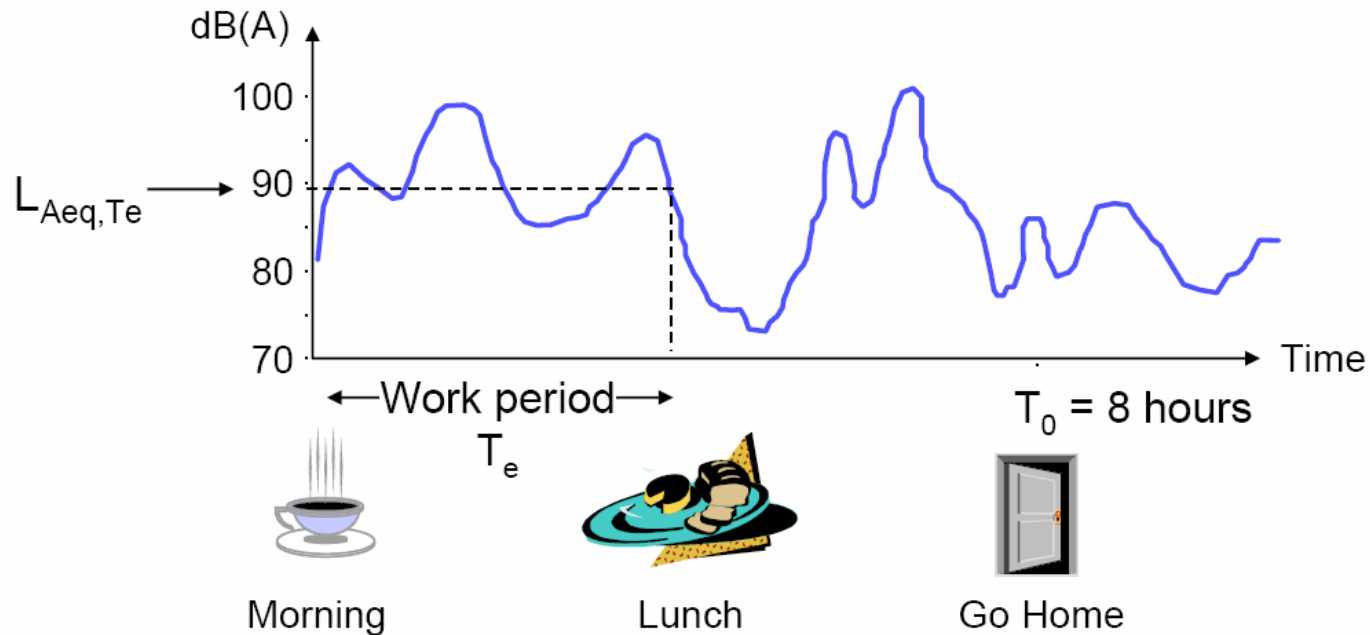
$L_{Aeq,d}$  = ekvivalentna razina buke po A karakteristici za vrijeme dnevnog trajanja izloženosti  $T_e$

$T_0$  = referentno vrijeme (8 sati), neovisno o stvarnom radnom vremenu

(E = exposition, p = personal, d = day)

# 4.9 Dnevna osobna izloženost buci, $L_{EP,d}$

## □ primjer proračuna $L_{EP,d}$



$$L_{EP,d} = L_{Aeq,Te} + 10 \log_{10} \frac{T_e}{T_0}$$

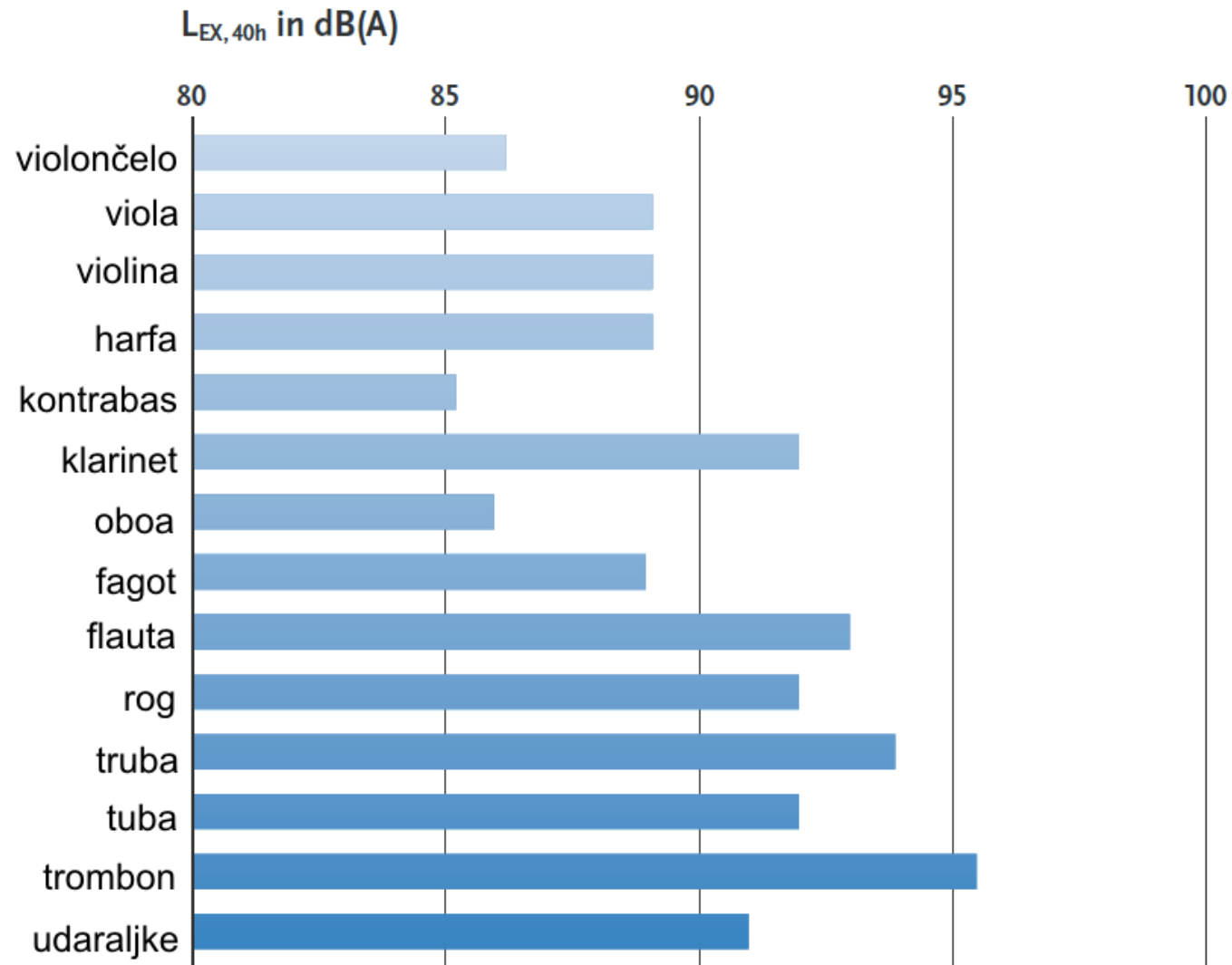
Example:

$$L_{Aeq,Te} = 89.2 \text{ dB and } T_e = 4 \text{ hours}$$

$$L_{EP,d} = 89.2 + 10 \log_{10} \frac{4}{8} = 89.2 - 3 = \underline{\underline{86.2 \text{ dB}}}$$

# 4.9 Dnevna osobna izloženost buci, $L_{EP,d}$

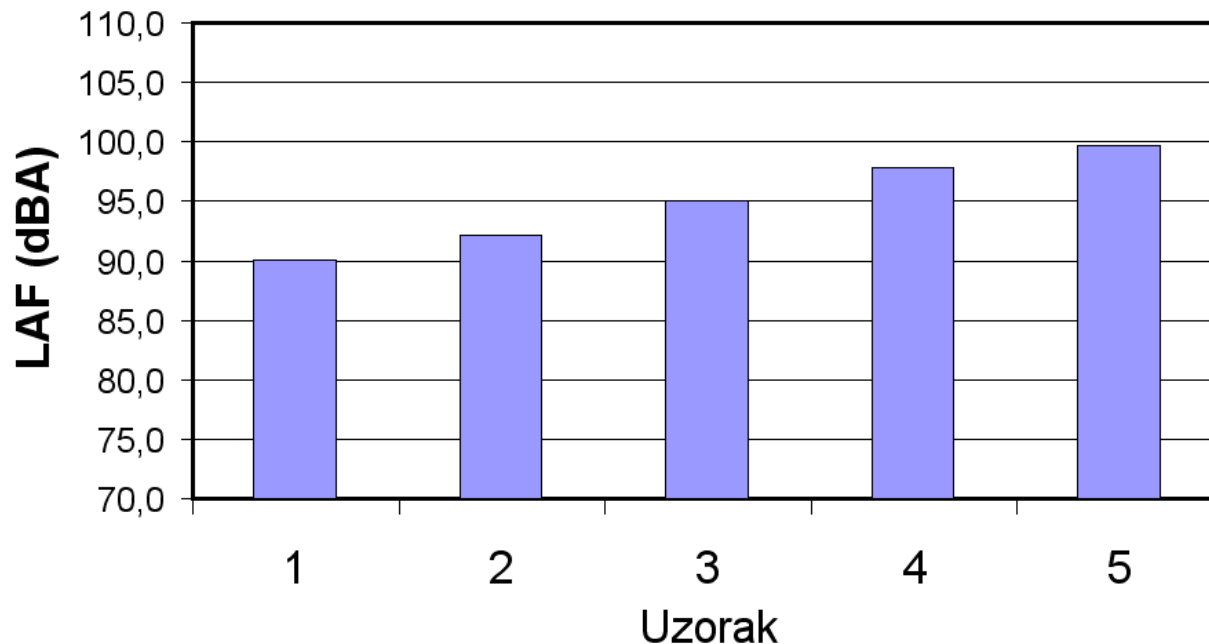
- tipične tjedne izloženosti buci glazbenika koji sviraju u simfonijskom orkestru:



# 4.10 Buka mp3 playera

- izuzetno bitan izvor izloženosti prevelikoj razini zvučnog tlaka (ne buka u užem smislu)
- provedena su mnoga istraživanja razine slušanja glazbe:

Najveća razina zvučnog tlaka postignuta prijenosnim reproduktorima glazbe u MP3 formatu



# 4.11 Osobna zaštita od buke

- sredstva za zaštitu sluha sprječavaju ulazak zvuka u slušni kanal (čepići, slušalice), prolazak zvuka vodljivošću lubanjom u sluh (kacige), odnosno ulaska zvuka u samo tijelo (odijela)
- gušenje zvuka (dB) u ovisnosti o oktavnim frekvencijskim pojasevima:

| <b>zaštita sluha</b> | <b>125</b> | <b>250</b> | <b>500</b> | <b>1k</b> | <b>2k</b> | <b>4k</b> | <b>8k</b> |
|----------------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| čepići               | 17         | 18         | 19         | 21        | 29        | 31        | 33        |
| slušalice            | 10         | 15         | 23         | 33        | 36        | 37        | 38        |