



HRVATSKA UDRUGA
STRUČNJAKA ZAŠTITE NA RADU
CROATIAN ASSOCIATION
OF OCCUPATIONAL SAFETY EXPERTS



ZAVOD ZA UNAPREĐIVANJE SIGURNOSTI d.d. Osijek

Fizikalni čimbenici - buka na radnom mjestu

mr.sc. Darije Varžić, dipl. ing. stroj.
<darije.varzic@zus.hr>

U Zagrebu, 18. svibnja 2026. godine



UVODNE NAPOMENE

Buka je jedna od najistaknutijih fizikalnih štetnosti u radnoj okolini.

Smanjenje buke postaje iz godine u godinu neodgodivim zadatkom, koji se postavlja pred široki krug stručnjaka iz različitih područja djelatnosti.

Danas postoje normirane metode mjerenja buke i kriteriji za ocjenjivanje buke, te sofisticirani mjerni instrumenti.

Istodobno se razrađuju sve pouzdanije metode predviđanja i proračunavanja razina buke, te metode i konstrukcije za zaštitu od buke.



PROPISI I NORME

PROPIS I DIREKTIVA

- **Pravilnik** o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (*Narodne Novine broj 148/2023*)
- **Direktiva 2003/10/EC** Europskog Parlamenta i Vijeća o minimalnim zdravstvenim i sigurnosnim zahtjevima u odnosu na izloženost radnika rizicima koji proizlaze iz fizikalnih čimbenika (buke), SL L 42, 15.12.2003, str. 38.

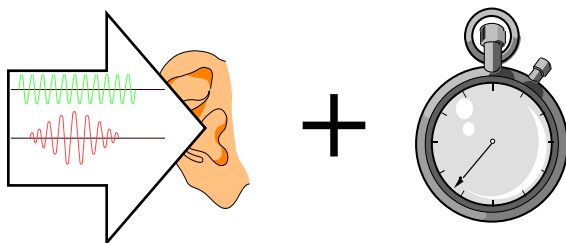


NORME

- **HRN EN ISO 9612:2025** (en), Akustika - Određivanje izloženosti buci na radu - Metodologija (ISO 9612:2025; EN ISO 9612:2025)
- **HRN ISO 1999:2018** (en), Akustika – Određivanje izloženosti buci pri radu i procjena oštećenja sluha izazvanog bukom (ISO 1999:2013)
- **HRN EN ISO 4869-2:2018** (en), Akustika – Štitnici sluha, 2. dio: Procjena efektivnih A-vrednovanih razina zvučnog tlaka pri nošenju štitnika sluha (ISO 4869-2:2018; EN ISO 4869-2:2018)

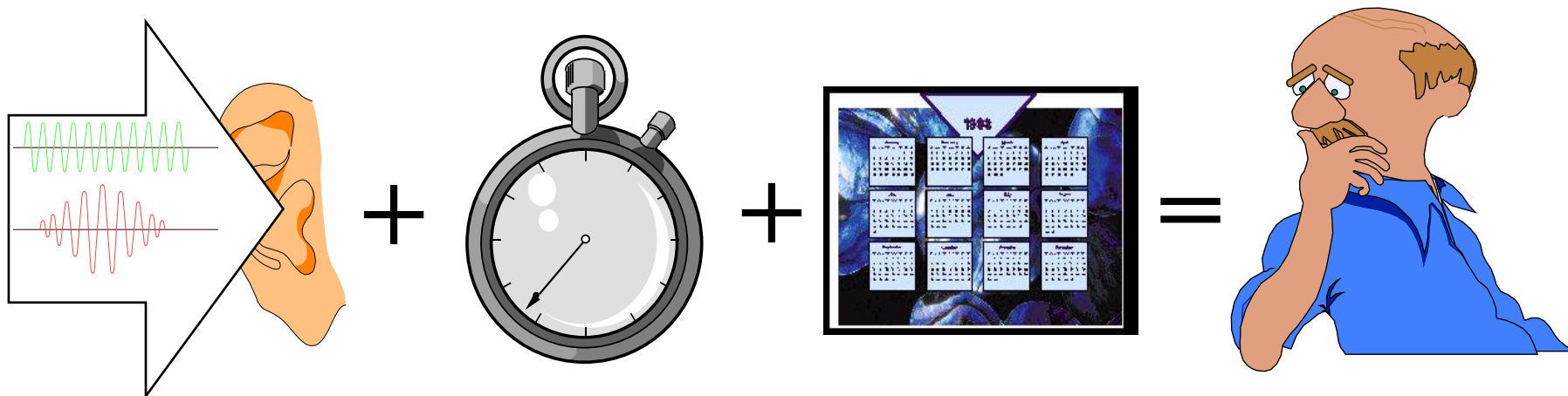


IZLOŽENOST BUCI I OŠTEĆENJE SLUHA



Buka + Vrijeme = Izloženost buci

Izloženost buci + Vrijeme = Oštećenje sluha



VELIČINE ZA IZRAŽAVANJE BUKE NA RADU

Tri su veličine koje služe za ocjenjivanje buke na radu s obzirom na **zaštitu sluha**

Ocjenske razine buke na radnome mjestu prema Pravilniku o zaštiti radnika od buke i normi ISO 9612 jesu dnevna i višednevna (najčešće tjedna) razina izloženosti buci s oznakama $L_{EX,8h}$ i $\bar{L}_{EX,8h}$ (odnosno $L_{EX,w}$) - izvedene su iz ekvivalentne razine buke i normalizirane u odnosu na trajanje izloženosti buci.

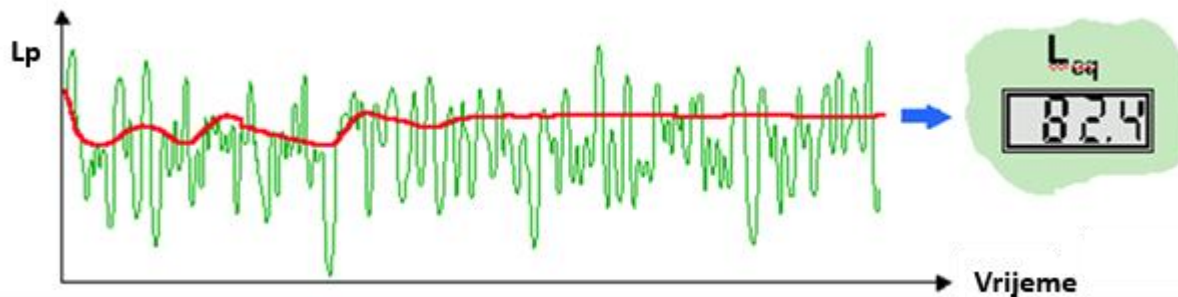
Osim navedenih, treća ocjenska razina buke je **C-vrednovana vršna razina zvučnoga tlaka** $L_{p,Cpeak}$



VELIČINE ZA IZRAŽAVANJE BUKE NA RADU

Ekvivalentna trajna razina buke - je prema svim propisima osnovna veličina za izražavanje buke. Po definiciji to je razina one stalne buke koja bi tijekom određenog vremena jednako djelovala na čovjeka kao promatrana promjenjiva buka. Ona se izražava kao:

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg \left[\frac{1}{T} \int_0^T \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right] = 10 \lg \left[\frac{1}{T} \int_0^T 10^{\frac{L_A(t)}{10}} dt \right] \text{ dB(A)}$$



VELIČINE ZA IZRAŽAVANJE BUKE NA RADU

Dnevna razina izloženosti buci $L_{EX,8h}$ jest dnevna osobna izloženost radnika buci i definira se kao:

$$L_{EX,8h} = L_{p,A,eqT_e} + 10 \lg \frac{T_e}{T_0} \text{ dB(A)}$$

gdje su:

L_{p,A,eqT_e} – izmjerena ekvivalentna razina buke u dB(A)

T_e – efektivno trajanje radnikove dnevne osobne izloženosti buci bilo da se nalazi na jednome mjestu ili se za vrijeme rada miče od jednoga mjesta do drugog

$T_0 = 8 \text{ h}$ – referentno vrijeme



Tjedna (višednevna) razina izloženosti buci jest srednja vrijednost dnevnih izloženosti u promatranom razdoblju:

$$\bar{L}_{EX,8h} = 10 \lg \left[\frac{1}{X} \sum_{x=1}^X 10^{0,1L_{EX,8h,x}} \right] \text{ dB(A)}$$

gdje su:

$L_{EX,8h,x}$ – vrijednost $L_{EX,8h}$ za x -ti radni dan u dB(A)

X – broj radnih dana u promatranom razdoblju ($X = 5$ za nominalni tjedan)



C-vrednovana vršna razina zvučnoga tlaka $L_{p,Cpeak}$:

$$L_{p,Cpeak} = 10 \lg \frac{p_{Cpeak}^2}{p_0^2} \text{ dB(C)}$$

gdje je:

p_{Cpeak} – C-vrednovani vršni zvučni tlak (Pa)



MJERNI UREĐAJI

Mjerenje buke na radnome mjestu može se obavljati zvukomjerom s integriranjem i usrednjavanjem ili osobnim mjerilom izloženosti buci - akustičkim dozimetrom.

Zvukomjer s frekvencijskim analizatorom mora zadovoljavati zahtjeve norme IEC 61672-1 (61260) za klasu (razred, tip) 1 ili 2, s tim da se daje prednost klasi 1, a provjera zvukomjera se mora obavljati **akustičkim umjerivačem** (kalibratorom).



MJERNI UREĐAJI

Tržište je prepuno tzv. Indikatorskih mjerila, koja ne mogu mjeriti niti ekvivalentnu razinu buke niti vršnu razinu buke, a koja posljedično nisu odgovarajuća za obavljanje mjerenja buke na radnom mjestu.





Dozimetar mora zadovoljavati normu IEC 61252 s tim da prednost imaju dozimetri koji zadovoljavaju zahtjeve za zvukomjere klase 1.

Umjerivač mora zadovoljavati normu IEC 60942:2003 za klasu 1.



Laboratorijsko umjeravanje mora se obavljati svake 2 godine u akreditiranom umjernom laboratoriju prema odgovarajućim normama.



DOPUŠTENE RAZINE IZLOŽENOSTI BUCI

Pravilnikom (NN 148/23) propisane su:

- dopuštene dnevne razine izloženosti buci $L_{EX,8h}$ (odnosno $L_{EX,d}$)
- dopuštene višednevne (najčešće tjedne) razine izloženosti buci $\bar{L}_{EX,8h}$ (odnosno $L_{EX,w}$)
- razine vršne vrijednosti C-vrednovanoga zvučnog tlaka $L_{p,Cpeak}$



Dopuštene razine izloženosti buci

Važno je naglasiti da se samo kod granične vrijednosti izloženosti uzima u obzir učinak osobne zaštitne opreme.

*Napomena:
U Pravilniku se akcijske vrijednosti nazivaju upozoravajućima.*

$$L_{p,Cpeak} = 140 \text{ dB(C)}$$

Granična vrijednost izloženosti

$$L_{p,Cpeak} = 137 \text{ dB(C)}$$

Gornja akcijska vrijednost izloženosti

$$L_{p,Cpeak} = 135 \text{ dB(C)}$$

Donja akcijska vrijednost izloženosti

$$L_{EX,8h} = 87 \text{ dB(A)}$$

Granična vrijednost izloženosti

- Najveća doza buke koju radnik smije primiti uključujući učinak osobne zaštitne opreme

$$L_{EX,8h} = 85 \text{ dB(A)}$$

Gornja akcijska vrijednost izloženosti

- Mora se radnicima osigurati zaštitna oprema uz obvezu da je nose
- Redoviti zdravstveni nadzor
- Mjesta rada obilježena i ograđena

$$L_{EX,8h} = 80 \text{ dB(A)}$$

Donja akcijska vrijednost izloženosti

- Osobna zaštitna oprema stavlja se na raspolaganje s preporukom da je se nosi
- Informiranje radnika o rizicima i osposobljavanje

DOPUŠTENE RAZINE BUKE S OBZIROM NA OMETANJE RADA

Ometanje bukom za različite vrste djelatnosti izražava se ekvivalentnom razinom buke $L_{A,eq}$ ($= L_{eq,T}$).

Najviše dopuštene ekvivalentne razine buke koju na radnome mjestu stvaraju proizvodni i neproizvodni izvori buke dane su u sljedećoj tablici:



R. br.	<p>*(a) razina buke na radnome mjestu koja potječe od proizvodnih izvora</p> <p>*(b) razina buke na radnome mjestu koja potječe od neproizvodnih izvora (ventilacija, klimatizacija, promet i dr).</p>	Najviša dopuštena razina buke $L_{A,eq}$ u dB(A)	
		(a)*	(b)*
1	Najzahtjevniji umni rad, vrlo velika usredotočenost, rad vezan za veliku odgovornost, najsloženiji poslovi upravljanja i rukovođenja	45	40
2	Pretežno umni rad koji zahtijeva usredotočenost, kreativno razmišljanje, dugoročna istraživanja, projektiranje, komuniciranje sa skupinom ljudi	50	40
3	Zahtjevniji uredski poslovi, liječničke ordinacije, dvorane za sastanke, školska nastava, neposredno govorno i/ili telefonsko komuniciranje	55	45
4	Manje zahtjevni uredski poslovi, pretežno rutinski umni rad koji zahtijeva usredotočenje ili neposredno govorno i/ili telefonsko komuniciranje, komunikacijske centrale	60	50
5	Manje zahtjevni i uglavnom mehanizirani uredski poslovi, prodaja, vrlo zahtjevno upravljanje sustavima, fizički rad koji zahtijeva veliku pozornost i usredotočenost, zahtjevni poslovi montaže	65	55
6	Pretežno mehanizirani uredski poslovi, zahtjevno upravljanje sustavima, upravljačke kabine, fizički rad koji zahtijeva stalnu usredotočenost, rad koji zahtijeva nadzor sluhom, rad koji se obavlja na temelju zvučnih signala	70	60
7	Manje zahtjevni fizički poslovi koji zahtijevaju usredotočenost i oprez, manje zahtjevno upravljanje sustavima	75	65
8	Pretežno rutinski fizički rad uz zahtjev točnosti, praćenje okoline slušanjem	80	65



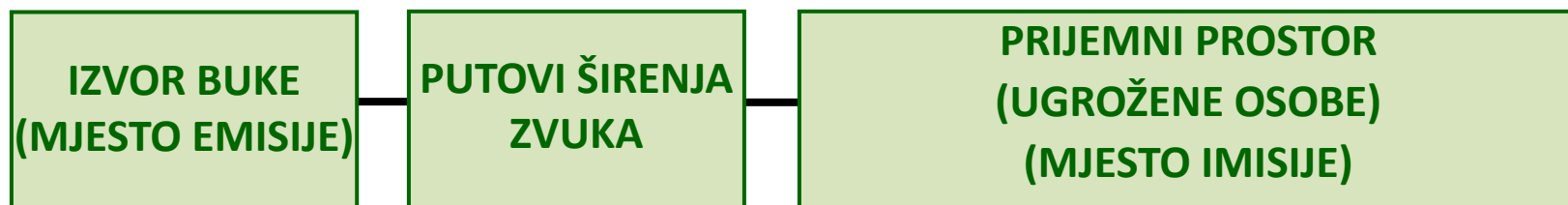
Temeljne obveze poslodavca

- Sukladno Pravilniku o zaštiti radnika od buke poslodavac u svakome slučaju mora utvrditi i procijeniti rizike od oštećenja sluha.
- Procjenjivanje rizika obavlja se temeljem utvrđene osobne (više) dnevne osobne izloženosti te razine vršne C-vrednovane buke, ili mjerenjem buke kojoj su radnici izloženi, ili drugim metodama.
- Mora se izraditi i provoditi program tehničkih i/ili organizacijskih mjera za uklanjanje ili smanjenje izloženosti s tim da buku treba sniziti na najnižu razumnu i praktički provedivu razinu.
- Stavljanje na raspolaganje odgovarajuće osobne zaštitne opreme uz obvezu uporabe u slučajevima prekoračenja gornje akcijske vrijednosti izloženosti.



NAČELA ZVUČNE ZAŠTITE

- Svaki problem prevelike buke može se razmatrati kao sustav koji se sastoji od triju osnovnih dijelova:



- Na svakom elementu akustičkog sustava može se primijeniti neka od mjera za smanjenje buke. Što će se primijeniti ovisi o rezultatima optimizacije kojom se željeni učinak dobiva uz što manje troškove i gubitke.



MJERE ZVUČNE ZAŠTITE

ARHITEKTONSKO-PLANSKE MJERE

- izbor malobučnih strojeva
- redovito održavanje strojeva
- vremensko ograničenje rada bučnih strojeva
- pravilan raspored strojeva
- prostorno odvajanje izvora buke i prostorija
- raspored izvora i drugih objekata

TEHNIČKO-AKUSTIČKE MJERE

Na izvorima zvuka (sprječavanje emisije):

- izolacija i oklapanje izvora
- prigušenje strukturnoga zvuka
- zvučni prigušivači u kanalima

Na putu širenja zvuka:

- izolacija i apsorpcija zračnoga zvuka
- izolacija i prigušenje strukturnoga zvuka

Na mjestu imisije:

- izolacija i apsorpcija zvuka
- izolacija i prigušenje strukturnoga zvuka
- zvučni prigušivači u kanalima

OSOBNNA ZAŠTITA

- ušni čepovi i tamponi
- ušni štitnici
- kacige



Proizvođači su dužni osigurati podatke o gušenju buke osobnom opremom za zaštitu sluha.

Na temelju podataka o izmjeranim A-vrednovanim i C-vrednovanim razinama buke na radnom mjestu i podataka proizvođača o vrijednostima gušenja buke osobne zaštitne opreme za zaštitu sluha moguće je s pomoću nekoliko metoda odrediti **efektivnu A-vrednovanu razinu buke**, kojoj je radnik izložen pri nošenju osobne opreme za zaštitu sluha.

Najčešće korištene metode su:

- oktavno-pojasna metoda
- H-M-L metoda
- SNR metoda

Zvučna izolacija	H = 27dB M = 24dB L = 22dB SNR = 27dB							
Frekvencija (HZ)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Srednja vrijednost (dB)	26.6	26.9	24.3	26.1	28.8	32.8	32.6	38.1
Standardno odstupanje (dB)	6.1	6.1	4.1	5.1	5.1	5.0	6.5	5.3
APV-vrijednost (dB)	20.5	20.8	20.2	21.0	23.7	27.8	26.1	32.8



Poželjna je zaštita takva da efektivna A-razina buke na uhu radnika bude između 75 dB(A) i 80 dB(A). S druge strane, ta razina buke ne smije biti ispod 70 dB(A).

Orijentacijske potrebne vrijednosti SNR u ovisnosti o A-razini buke:

Razina buke dB(A)	SNR
85 do 90	≤ 20
90 do 95	20 do 30
95 do 100	25 do 35
100 do 105	≥ 30

Kod odlučivanja o potrebnoj vrijednosti gušenja nekog zaštitnog sredstva obično se uzima sigurnosni faktor od 4 dB.

Javno dostupne [proračunske tablice](https://www.hse.gov.uk/noise/calculator.htm), primjerice
<https://www.hse.gov.uk/noise/calculator.htm>



- U slučaju nekontinuiranog nošenja OZS stupanj učinkovitosti se značajno smanjuje – primjerice:

Maksimalna zaštita postignuta nekontinuiranim korištenjem sredstava za zaštitu sluha	
Postotak vremena korištenja	Maksimalna zaštita
50 %	3 dB
60 %	4 dB
70 %	5 dB
80 %	7 dB
90 %	10 dB
95 %	13 dB
99 %	20 dB
99,9 %	30 dB



Temeljne obveze poslodavca

- Izloženost radnika ne smije premašiti granične vrijednosti izloženosti.
- Poslodavac je dužan radnicima koji su izloženi buci koja je jednaka ili viša od donje upozoravajuće vrijednosti izloženosti osigurati podatke o izloženosti te ih osposobiti u pogledu rizika od buke.
- Prilikom rješavanja problematike buke na radu obveza je poslodavca savjetovanje s radnicima i njihovim predstavnicima, posebice kod:
 - Procjene rizika i utvrđivanja zaštitnih mjera
 - Aktivnosti uklanjanja ili smanjenja rizika od buke na radu
 - Odabira osobne zaštitne opreme za zaštitu sluha



MJERENJE BUKE

Ako se pokusnim mjerenjem ustanovi da buka na nekom radnom mjestu prekoračuje razinu od 80 dB(A), mora se odrediti dnevna ili višednevna (odnosno tjedna) izloženost buci.

Osim toga mora se izmjeriti i C-vrednovana razina vršne vrijednosti zvučnoga tlaka $L_{p,Cpeak}$.



KRONOLOŠKI KORACI KOD MJERENJA BUKE I UTVRĐIVANJA OSOBNE IZLOŽENOSTI BUCI – ISO 9612

1) Analiza posla

Analiza posla mora pružiti dovoljno informacija o radu i radnicima tako da se može odabrati odgovarajuća strategija mjerenja i planirati provedba mjerenja.

2) Izbor strategije mjerenja

Normom su predviđene sljedeće strategije mjerenja:

- mjerenja temeljena na radnim zadacima,
- mjerenja temeljena na radnim mjestima,
- cjelodnevna mjerenja.

Moguće je upotrijebiti više od jedne strategije mjerenja.



3) Provedba mjerenja

Osnovna mjerna veličina mora biti $L_{p,A,eq,T}$, a dodatno po potrebi treba mjeriti i $L_{p,Cpeak}$, s tim da mjerenja moraju slijediti odabranu strategiju.

4) Postupanje s greškama i mjernom nesigurnošću

Moraju se ocijeniti izvori grešaka kao i mjerne nesigurnosti koje mogu utjecati na mjerne rezultate.

5) Izračun i prikazivanje rezultata mjerenja i mjerne nesigurnosti

Izračunati $L_{EX, 8h}$ kako je specificirano za odabranu strategiju i mjernu nesigurnost sukladno Dodatku C norme.

Rezultati se moraju prikazati kao što je navedeno u normi.

U normi su dani praktični primjeri mjerenja, prikazivanja rezultata i procjene mjerne nesigurnosti.



UNOS PODATAKA U ISZNR

Dodaj novo mjerenje buke



Prostor/Prostorija *



Mjerno mjesto *

Ekvivalentna razina buke (dB) *

Dopuštena razina ekvivalentne buke (dB) *

Vršna buka (dB)

Vrijeme izloženosti buci (h)

Dnevna izloženost buci (dB)

Proizvoljno polje



Naziv polja

Vrijednost

☐ Zadovoljava

Odustani

Dodaj zapis



OPĆENITO O AKUSTIČKOM MODELIRANJU

- Akustičko modeliranje je proces stvaranja virtualnog svijeta koji predstavlja stvarnu promatranu situaciju, a u kojem se simuliraju fizikalni uvjeti nastajanja, širenja i disipacije akustičke energije, odnosno zvuka
- Ovakav model se zatim koristi za određivanje razina buke u stvarnoj situaciji
- Zbog velike složenosti akustičkih proračuna, odnosno matematičkih modela fizikalnih uvjeta širenja buke, upotreba računala je gotovo nužna
- Pri izradi akustičkih modela u proizvodnim pogonima moguće je koristiti software NoiseAtWork

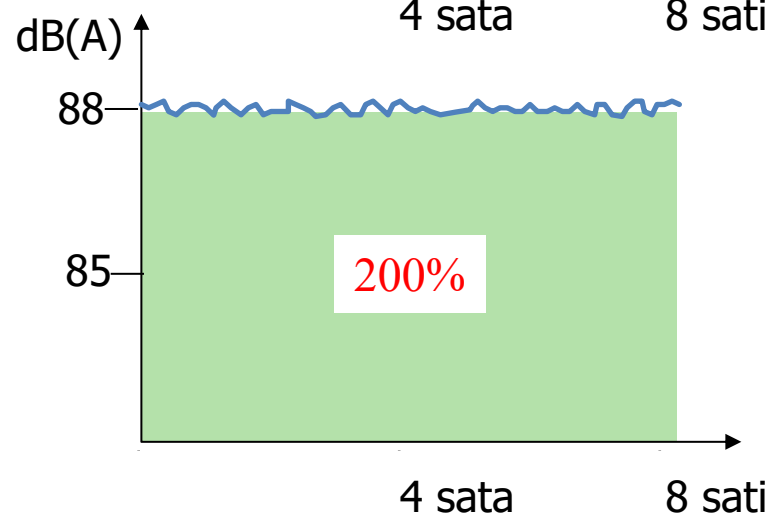
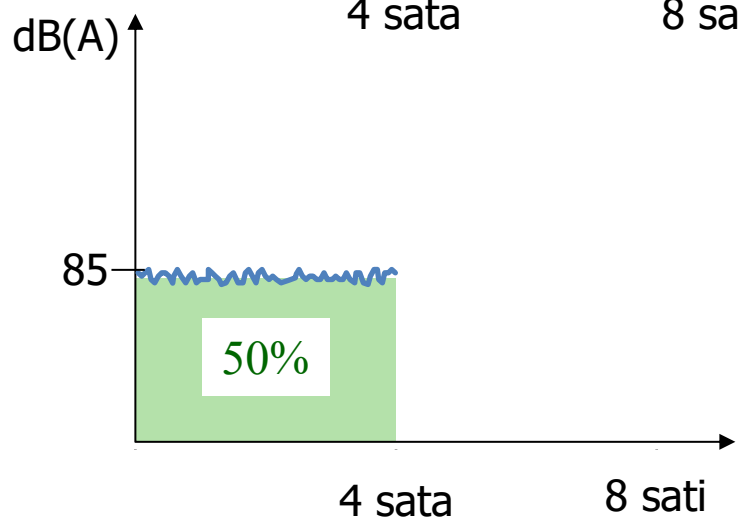
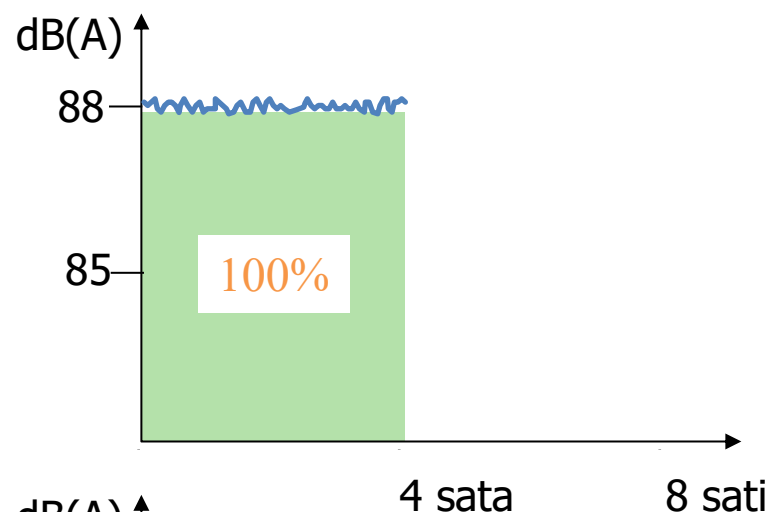
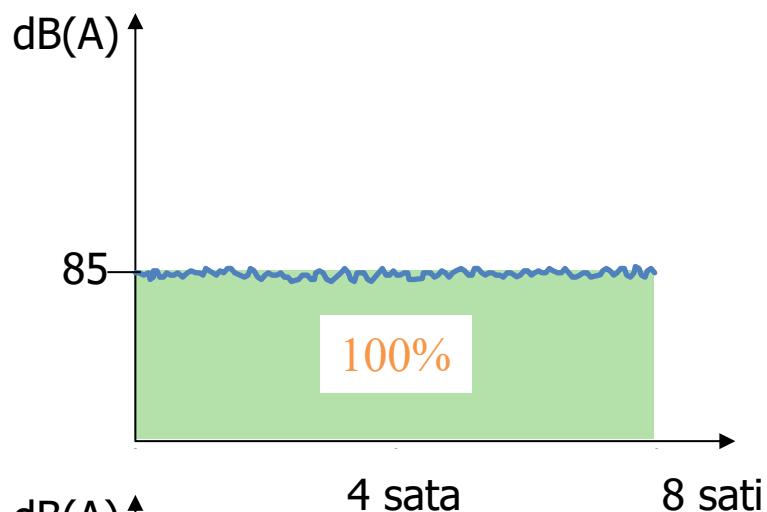


OPĆENITO O AKUSTIČKOM MODELIRANJU

- Temeljem izmjerenih i/ili izračunatih razina buke novih izvora dobivaju se izofone, te u kombinaciji s vremenom rada radnika izračunava se osobna dnevna izloženost
- Svrha programa je laka i brza analiza i prikaz izloženosti radnika buci na radnom mjestu, optimizacija izloženosti radnika buci, predikcija buke pri planiranju postavljanja novih izvora buke, odnosno primjeni mjera zaštite od buke – na izvoru, u radnom prostoru, primjena OZS
- Podloga za izračun su digitalizirane podloge radnog prostora s podacima o visini te srednjem koeficijentu apsorpcije



Primjeri doze buke



ZAKLJUČAK

Kada se danas govori o zaštiti od buke na radu kod većine prva misao vezana uz navedeni pojam je neko od osobnih zaštitnih sredstava za zaštitu od buke. Iako suvremena osobna zaštitna sredstva pružaju zaštitu i do 37 dB(SNR), provedbom redovitih liječničkih pregleda uočava se da postoji veliki broj radnika s početnim ili već razvijenim oštećenjem sluha.

Donošenjem Pravilnika o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu započela je sustavna implementacija zaštite od buke na radnom mjestu koja se provodi zakonodavno – administrativnim, organizacijskim, tehničkim, osobnim i medicinskim mjerama.



ZAKLJUČAK

Potpuna primjena odredbi navedenog Pravilnika zasigurno će rezultirati manjim brojem slučajeva profesionalnog oštećenja sluha, uz uvjet da svaka karika u lancu (radnik – poslodavac – ovlaštenici - inspekcije – služba medicine rada) odgovarajuće odradi postavljene zadatke.



HVALA NA POZORNOSTI

