

ISPITIVANJE BUČNOSTI MAŠINA ALATKI

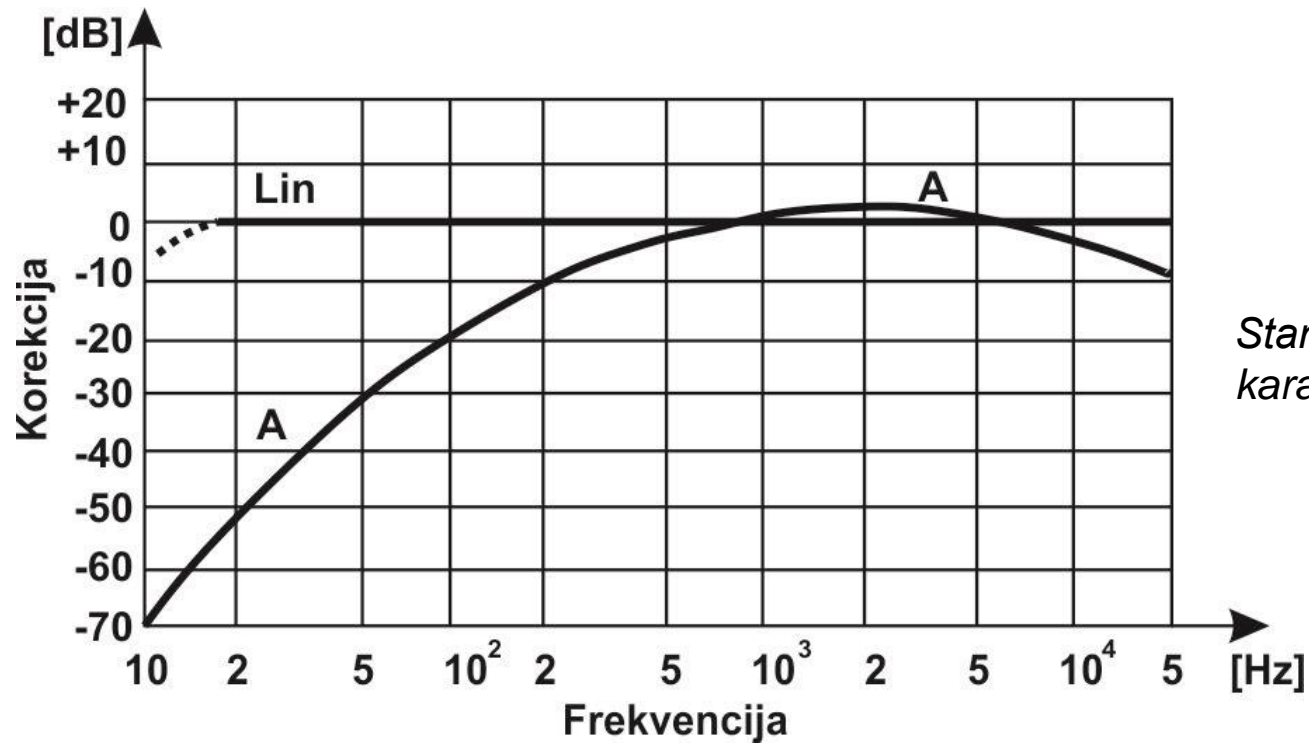
-Laboratorijska vežba-

Uvod

- Istraživanja o emisiji buke imaju za cilj da, odgovarajućim postupcima smanje negativan uticaj buke na ljude, rukovaoce mašina. Drugi cilj istraživanja o emisiji izvora buke, npr. mašina alatki, je da se dobiju uporedne informacije o njihovom akustičnom ponašanju u cilju poređenja sa drugim mašinama sličnih glavnih karakteristika.
- Pod dejstvom dinamičkih sila javlja se oscilovanje čestica mehaničkog sistema (vibriranje). Na graničnim površinama mehaničkog sistema se to vibriranje prenosi na čestice elastične sredine – vazduh, usled čega dolazi do tzv. akustičnog oscilovanja te sredine, odnosno *zvuka*.
- Složeni zvuk, sa velikim brojem komponenti, i koji je vrlo često neprijatan za ljudsko uho, naziva se *buka*.
- Obzirom da se pri radu mašine, čak i u praznom hodu, javlja veliki broj dinamičkih sila, njihov odziv je u elastičnoj sredini zapravo buka. Ona ima uticaja na tačnost mašine kao njenu eksploatacionu karakteristiku, indirektno preko čoveka - rukovaoca.

Uvod

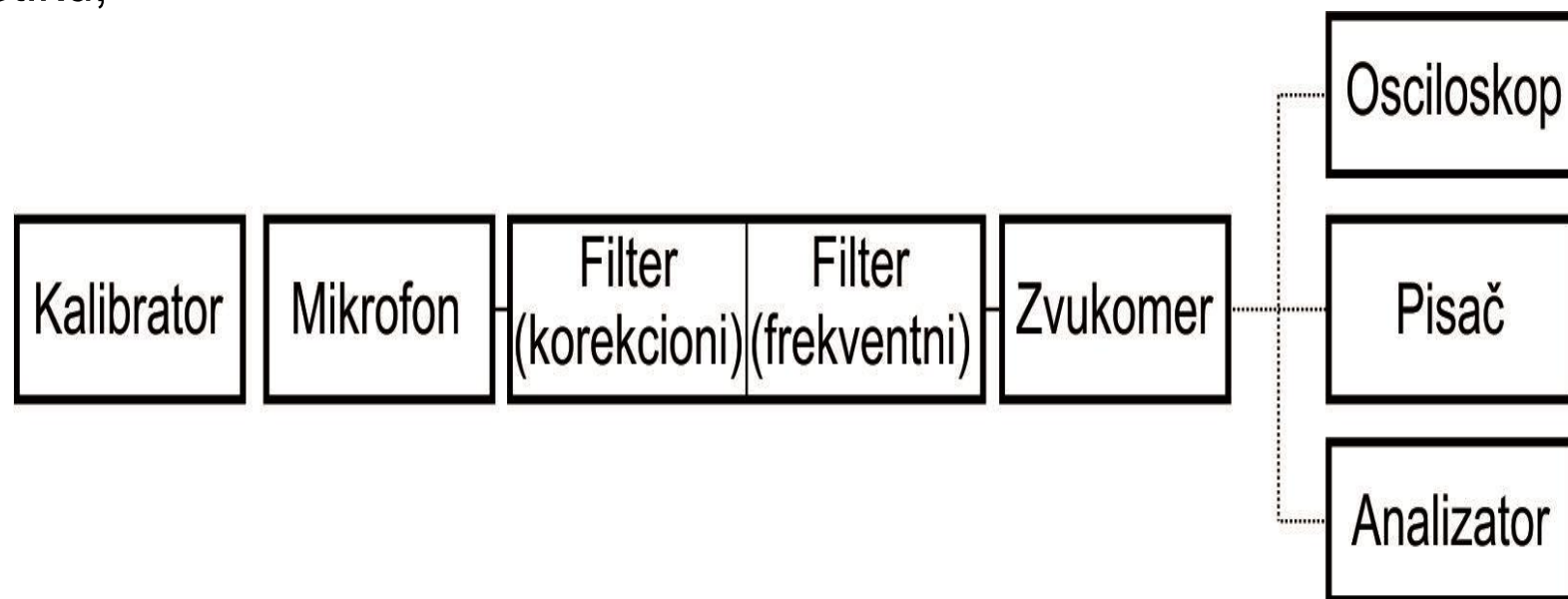
- Prosečno ljudsko uho ne reaguje proporcionalno prisutnoj buki. Pokazivanje instrumenta pri merenju buke, neće odgovarati subjektivnom ljudskom osećanju. Zato se u instrumente ugrađuje tzv. **korekciona karakteristika** pomoću koje i instrument reaguje kao uho.
- Postoje četiri standardizovane krive koje se nazivaju korekcione ili težinske frekvencijske karakteristike A, B, C i D.
- Nivo buke se označava: **dB(A)**; **dB(B)**, **dB(C)**, **dB(D)**;
- Za merenje u industriji koristi se karakteristika **A**.



Uvod - INSTRUMENTACIJA ZA MERENJE BUKE

Instrumentacija za merenje parametara buke, prikazana je u vidu blok dijagrama:

- Mikrofon pretvara vrednost zvučnog pritiska u električni signal;
- Korekcionni filter omogućuje izbor prikazivanja primljenog signala u obliku “objektivno prisutnog zvučnog pritiska” (nekorigovana karakteristika - Lin), ili “subjektivne procene objektivno prisutnog zvučnog pritiska” (uz korekcionu karakteristiku -A);
- Frekventni filter omogućuje prikazivanja primljenog signala u potpunom iznosu, ili delimično po pojedinim frekventnim pojasevima;
- Zvukomer prikazuje vrednosti primljenog signala u [dB], ili u [dB(A)] uz uključenu A korekcionu karakteristiku;



Uvod - INSTRUMENTACIJA ZA MERENJE BUKE

Neobaveznu dopunsku instrumentaciju čine:

- Osciloskop, za vizuelno praćenje veličine signala;
- Pisač, za registraciju vrednosti sa zvukomera;
- Analizator, kao računar posebne namene, ili posebni softver, radi određenih akustičnih analiza izmerenih vrednosti;

U **obaveznu** dopunsku instrumentaciju spada:

- Kalibrator (koji u ovom slučaju ima svoj naziv- ***pistafon***). On služi za obavezno kalibrisanje celokupne instrumentacije, u skladu sa prisutnim stanjem okoline, tj. sredine u kojoj se vrši merenje. Ukoliko merenje traje duže, potrebno je i povremeno dopunsko kalibrisanje.

Uvod - INSTRUMENTACIJA ZA MERENJE BUKE

SOUND LEVEL METER – 2238 MEDIATOR

APPLICATIONS

- ▶ Evaluation of occupational and environmental noise
- ▶ Frequency analysis
- ▶ Measurement of time histories (Logging)
- ▶ Noise monitoring with storage of 2 external parameters (such as wind speed or TTL levels)

FEATURES

- ▶ Class 1 sound measurements
- ▶ Modular system with any combination of additional software modules
- ▶ Internal memory
- ▶ Type approved and verifiable
- ▶ Straightforward operation
- ▶ DC output for integration in production control systems
- ▶ Download measurements to PC for reporting
- ▶ Wide range of software modules for evaluation and reporting

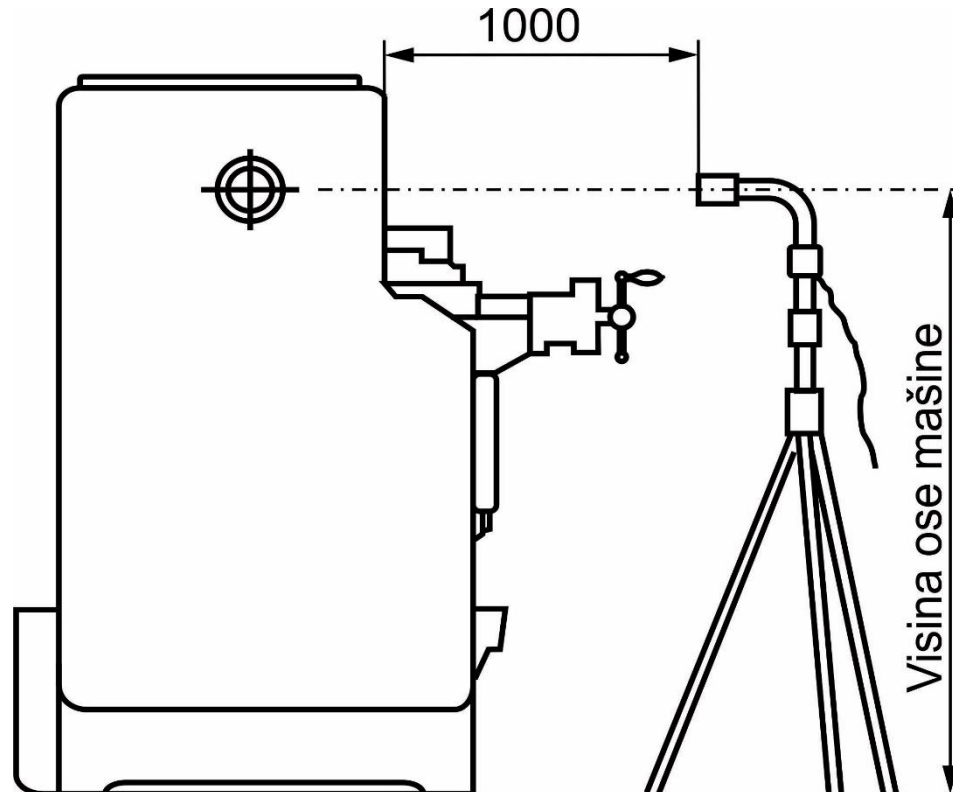


Merenja bučnosti mašina alatki prema DIN 45635

- Karakteristično za emisiju buke je nivo zvučne snage pod definisanim uslovima eksploatacije, koji omogućava poređenje različitih mašina, uzimajući u obzir buku okoline i informaciju o akustičnim karakteristikama prostorije.
- Najčešće se određivanje nivoa zvučne snage vrši prema standardima DIN 45635, i to prema tzv. metodi obvojne površine.

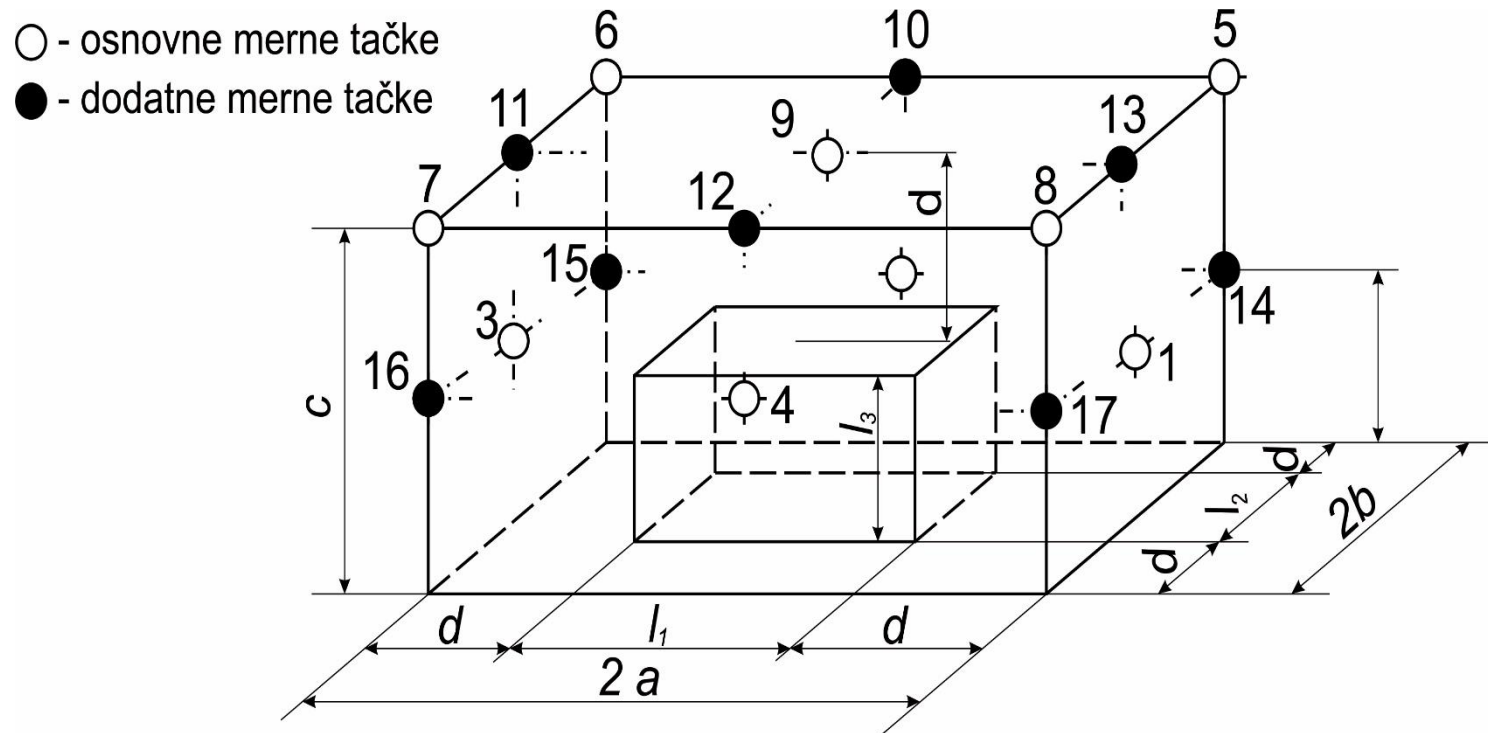
Merenja bučnosti mašina alatki prema DIN 45635

- Pri merenju buke metodom obvojne površine mašina se posmatra kao referentni paralelopiped omeđen fiktivnim površinama kojima se uprošćava stvarna konfiguracija mašine. Pri tome pojedini delovi koji nemaju uticaja na bučnost mogu biti i izvan ovih površina. Na određenom rastojanju od ovog paralelopipeda ustanovljava se merna površina. Uobičajena vrednost ovog rastojanja je 1 [m].
- Merna površina sadrži merne tačke u koje se postavlja mikrofoni pri ispitivanju bučnosti mašine.



Merenja bučnosti mašina alatki prema DIN 45635

- Položaj merne površine u odnosu na referentni paralelepiped, kao i broj i raspored mernih tačaka zavisi od dimenzija mašine i njenog položaja u odnosu na pod ili zidove koji reflektuju zvučne talase.
- Praznim tačkama i brojevima su označene osnovne merne tačke. U slučaju da je l_1 i/ili l_2 veće od 1 [m] uvode se i dodatne merne tačke (na slici zatamljene).



Merenja bučnosti mašina alatki prema DIN 45635

- U svim tačkama "i" meri se nivo zvučnog pritiska L_p prema A korekcionoj karakteristici, pri radu mašine u praznom hodu i/ili pri obradi.
- Pre merenja buke mašine potrebno je meriti i buku okoline i to u svakoj tački posebno prema A korekcionoj karakteristici.
- Obzirom da se ispitivanje odnosi na buku same mašine, izmerene vrednosti treba korigovati.

U zavisnosti od ukupnog nivoa buke pri radu mašine (L_Σ) i nivoa buke okoline (L_o) mogu se javiti tri slučaja:

$$\text{a) } L_\Sigma - L_o > 10 \text{ [dB]}$$

Buka okoline nema značajnijeg uticaja, pa se izmerena vrednost može pripisati samoj mašini.

$$L_M = L_\Sigma$$

Merenja bučnosti mašina alatki prema DIN 45635

$$\mathbf{b) \quad L_{\Sigma} - L_o = (4 - 10) [dB]}$$

Buka okoline ima udela u izmerenoj vrednosti L_{Σ} , pa treba izvršiti korekciju buke mašine prema izrazu:

$$L_M = L_{\Sigma} - K_1$$

Pri tome je:

L_M [dB]- nivo buke mašine

L_{Σ} [dB] - izmerena vrednost buke mašine i okoline

L_o [dB] - nivo buke okoline

K_1 [dB]- faktor korekcije uticaja buke okoline

Vrednosti faktora korekcije buke okoline određuju se na osnovu razlike $L_{\Sigma} - L_o$

$L_{\Sigma} - L_o$ [dB]	K_1 [dB]
4	2
5	2
6	1
7	1
8	1
9	0.5
10	0.5
>10	0

Merenja bučnosti mašina alatki prema DIN 45635

$$c) L_{\Sigma} - L_0 < 4 \text{ [dB]}$$

Buka okoline ima dominantan uticaj u izmerenoj vrednosti L_{Σ} . Nivo buke mašine ostaje neodređen.

Na osnovu izmerenih i eventualno korigovanih vrednosti određuju se veličine koje karakterišu bučnost mašine:

- 1. Nivo zvučnog pritiska - \overline{L}_A**
- 2. Nivo zvučne snage- L_{PA}**

Merenja bučnosti mašina alatki prema DIN 45635

Nivo zvučnog pritiska u odnosu na celu mernu površinu - \overline{L}_A

Pri određivanju veličine \overline{L}_A treba imati u vidu da se mašine nalaze u prostoru omeđenom površinama (zid, pod i sl.) koje u manjoj ili većoj meri reflektuju zvučne talase. Obzirom da se i to registruje pri ispitivanju, nivo zvučnog pritiska treba korigovati na sledeći način:

$$\overline{L}_A = \overline{L}_A' - K_2$$

➤ Kada je $L_{i\max} - L_{i\min} \leq 6 \text{ dB(A)}$, \overline{L}_A' se određuje iz izraza:

$$\overline{L}_A' = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_i$$

gde je:

n- broj mernih tačaka

L_i [dB(A)] – korigovana vrednost niva zvučnog pritiska (L_M) u mernoj tački "i"

Merenja bučnosti mašina alatki prema DIN 45635

Koeficijent korekcije uticaja prostora - K_2 , zavisi od odnosa veličine merne površine S i ekvivalentne apsorpcione površine A , ili zapremine prostora V u kome se vrši ispitivanje mašina.

A. Ekvivalentna apsorpciona površina poznata

2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	32	40	50	60	80	100
/			$K_2=3$		$K_2=2$		$K_2=1$				$K_2=0$					

B. Zapremina prostora poznata

Karakteristike graničnih površina	V/S																	
	2,5	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	320	400	500	630	800	1000	
a) Površine sa izrazitom refleksijom (keramičke pločice, glatki beton i sl.)	/							$K_2=3$		$K_2=2$			$K_2=1$				$K_2=0$	
b) Srednja refleksija	/				$K_2=3$		$K_2=2$			$K_2=1$				$K_2=0$				
c) Površina sa malom refleksijom	/		$K_2=3$		$K_2=2$		$K_2=1$				$K_2=0$							

Merenja bučnosti mašina alatki prema DIN 45635

- Kada je $L_{\text{imax}} - L_{\text{imin}} > 6 \text{ dB(A)}$, $\overline{L_A}$ se određuje iz izraza:

$$\overline{L_A} = L_o + 10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n g_i \right)$$

gde je:

L_o [dB(A)] - usvojena pomoćna veličina radi lakšeg izračunavanja, a obično je to najmanja izmerena vrednost zvučnog pritiska ($L_{i \text{ min}}$)

g_i - pomoćna veličina

$$g_i = 10^{0.1(L_i - L_o)}$$

Merenja bučnosti mašina alatki prema DIN 45635

Δl [dB] [dB(A)]	g	Δl [dB] [dB(A)]	g	Δl [dB] [dB(A)]	g	Δl [dB] [dB(A)]	g	Δl [dB] [dB(A)]	g
- 20,0	0,0100	- 10	0,100	0,0	1,00	10,0	10,0	20,0	100
- 19,5	0,0112	- 9,5	0,112	0,5	1,12	10,5	11,2	20,5	112
- 19,0	0,0125	- 9,0	0,125	1,0	1,25	11,0	12,5	21,0	125
- 18,5	0,0140	- 8,5	0,140	1,5	1,40	11,5	14,0	21,5	140
- 18,0	0,0160	- 8,0	0,160	2,0	1,60	12,0	16,0	22,0	160
- 17,5	0,0180	- 7,5	0,180	2,5	1,80	12,5	18,0	22,5	180
- 17,0	0,0200	- 7,0	0,200	3,0	2,00	13,0	20,0	23,0	200
- 16,5	0,0224	- 6,5	0,224	3,5	2,24	13,5	22,4	23,5	224
- 16,0	0,0250	- 6,0	0,250	4,0	2,50	14,0	25,0	24,0	250
- 15,5	0,0280	- 5,5	0,280	4,5	2,80	14,5	23,0	24,5	280
- 15,0	0,0315	- 5,0	0,315	5,0	3,15	15,0	31,5	25,0	315
- 14,5	0,0355	- 4,5	0,355	5,5	3,55	15,5	35,5	25,5	355
- 14,0	0,0400	- 4,0	0,400	6,0	4,00	16,0	40,0	26,0	400
- 13,5	0,0450	- 3,5	0,450	6,5	4,50	16,5	45,0	26,5	450
- 13,0	0,0500	- 3,0	0,500	7,0	5,00	17,0	50,0	27,0	500
- 12,5	0,0560	- 2,5	0,560	7,5	5,60	17,5	56,0	27,5	560
-12,0	0,0630	- 2,0	0,630	8,0	6,30	18,0	63,0	28,0	630
-11,5	0,0710	- 1,5	0,710	8,5	7,10	18,5	71,0	28,5	710
-11,0	0,0800	- 1,0	0,800	9,0	8,00	19,0	80,0	29,0	800
-10,5	0,0900	- 0,5	0,900	9,5	9,00	19,5	90,0	29,5	900
-10,0	0,1000	- 0,0	1,000	10,0	10,0	20,0	100,0	30,0	1000

Merenja bučnosti mašina alatki prema DIN 45635

Nivo zvučne snage- L_{PA} (L_{WA})

Nivo zvučne snage se određuje na osnovu sledećeg izraza:

$$L_{PA} = \overline{L_A} + L_S \text{ [dB(A)]}$$

gde je:

L_S [dB(A)] - nivo merne površine u odnosu na 1 [m²]

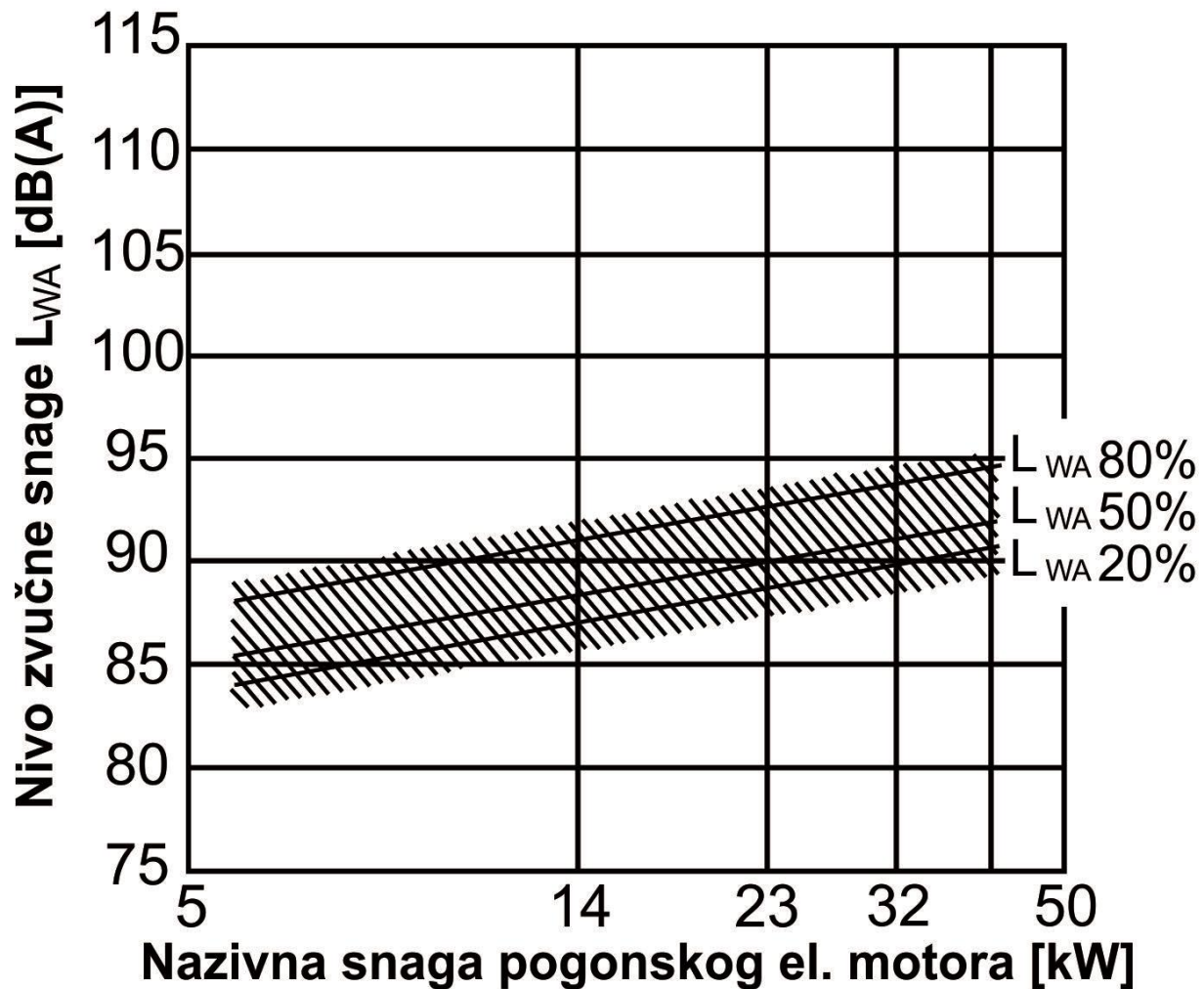
$$L_S = 10 \log \frac{S}{S_0}$$

S [m²] - veličina merne površine

$S_0 = 1$ [m²] - jedinična merna površina

Površine S [m ²]	Nivo površine L _s [dB]
0.63	- 2
0.83	- 1
1.0	0
1.25	+ 1
1.60	+ 2
2.0	+ 3
2.5	+ 4
3.2	+ 5
4.0	+ 6
5.0	+ 7
6.3	+ 8
8.0	+ 9
10.0	+ 10
12.5	+ 11
16	+ 12
20	+ 13
25	+ 14
32	+ 15
40	+ 16
50	+ 17
63	+ 18
80	+ 19
100	+ 20
125	+ 21
160	+ 22
200	+ 23
250	+ 24
320	+ 25
400	+ 26
500	+ 27
630	+ 28

Merenje u praznom hodu

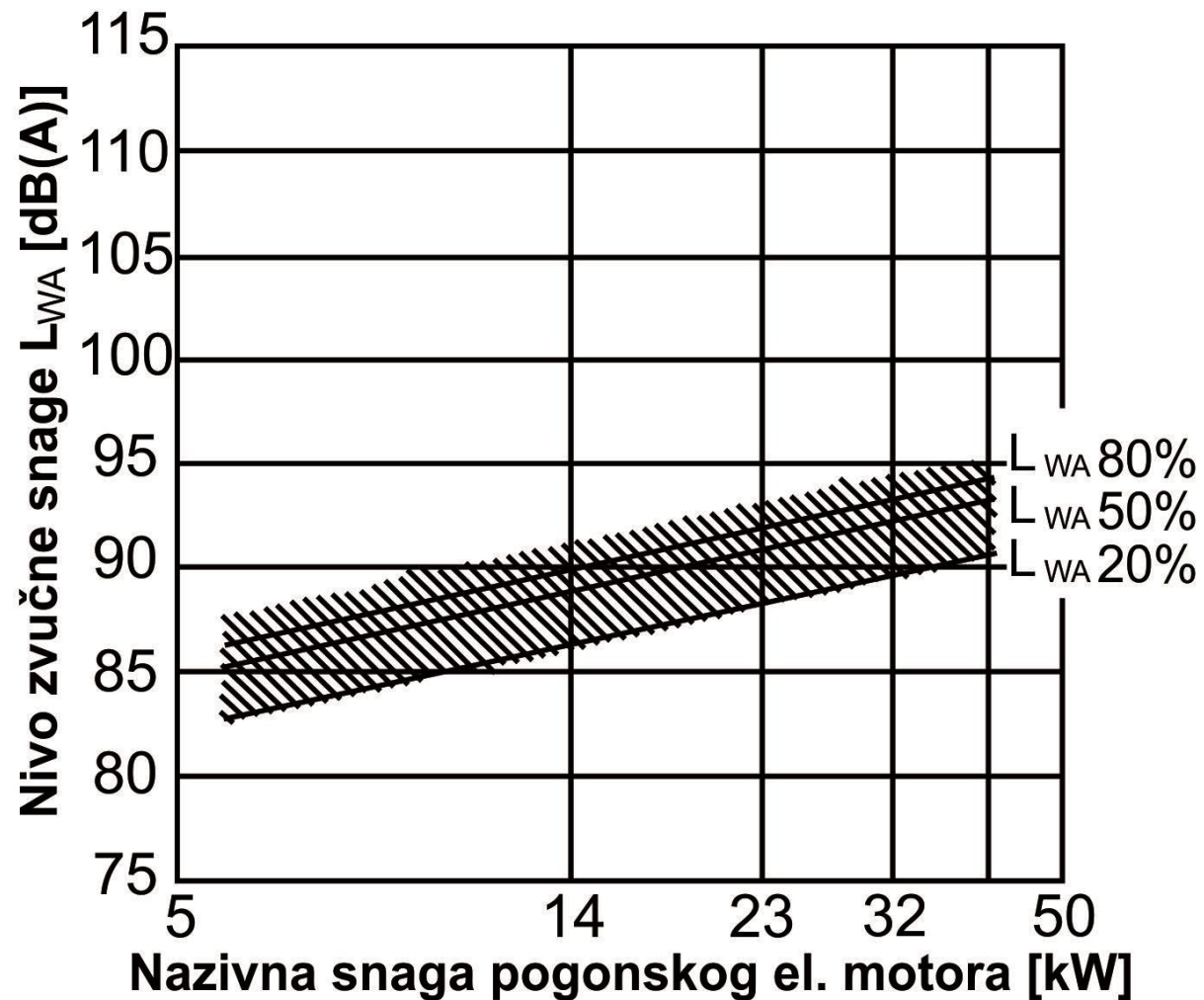


Logaritamska regresija

$$L_{WA} = 79.75 + 7.50 \log P/\text{kW} \text{ [dB(A)]}$$

Koeficijent korelacije $r^2 = 0,73$

Merenje tokom procesa obrade



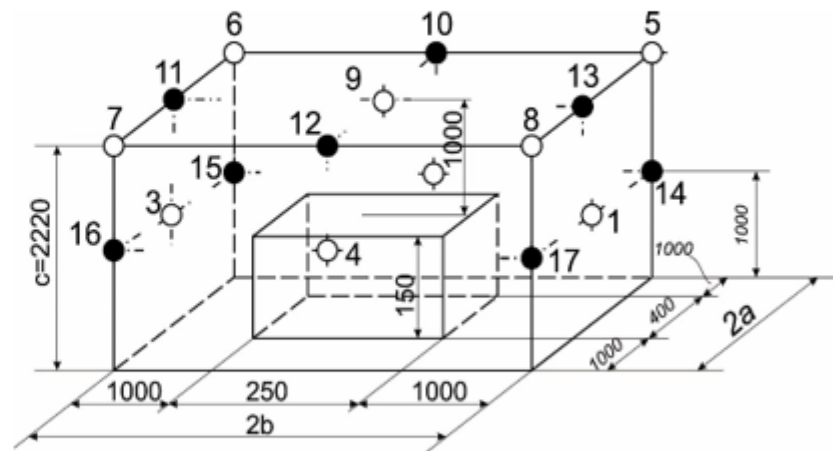
Logaritamska regresija

$$L_{WA} = 78.44 + 9.16 \log P/\text{kW} \text{ [dB(A)]}$$

Koeficijent korelacije $r^2 = 0,72$

Primer: Merenje bučnosti univerzalne glodalice BF 500D u praznom hodu

PODACI O MAŠINI		Skica merenja:
Tip	BF 500 D	
Fabrički broj	4810 / 96	
Tehničke karakteristike	x=560; y=230; z=250	
	$n_{\max}=1750$	$n_{\min}=115$
Elektromotor	$P_M=1.5 \text{ kW}$	
	$n_M=1750 \text{ o/min}$	
Napomena: - sa zaštitnikom oko alata		
Merna aparatura: Precizni bukomer	Proizvođač: Bruel&Kjaer, Danska	
	Tip: 2238 Mediator	
	Fabrički broj:	



- karakteristike graničnih površina odgovaraju srednjoj refleksiji buke.

Broj obrtaja glavnog vretena:		1750 [o/min]		Smer obrtanja: DESNI	
UKUPAN NIVO BUKE					
Merna tačka <i>i</i>	dB(A)				
	Izmerena vrednost			Korekcija	
	Okolina	Ukupno		$L_{\Sigma} - L_0$	K_1
	L_0	L_{Σ}			
1.	66	75	9	0.5	74.5
2.	66	80.5	14.5	0	80.5
3.	67.5	79.5	12	0	79.5
4.	67	78	11	0	78
5.	62	79	17	0	79
6.	60	79.5	19.5	0	79.5
7.	61	78.5	18.5	0	78.5
8.	61	78.5	16.5	0	78.5
9.	62	81	18.5	0	81
10.	60.5	81	19	0	81
11.	60	77.5	17.5	0	77.5
12.	59	76	17	0	76
13.	60.5	77	16	0	77
14.	66	79.5	11.5	0	79.5
15.	65	81	16	0	81
16.	67	78.5	10	0.5	78
17.	66.5	78.5	10.5	0	78.5

Nivo zvučnog pritiska i nivo zvučne snage

Pomoćne veličine:

➤ Zapremina mernog prostora: $V=6720 \text{ [m}^3\text{]}$

➤ Veličina obvojne površine:

$$S = 2 \cdot (2ac + 2bc) + 2a \cdot 2b = 2(2,25 \cdot 2,20 + 2,40 \cdot 2,20) + 2.25 \cdot 2.40 = 25.86 \text{ [m}^2\text{]}$$

Iz odnosa $V/S=259.86$ sledi da je faktor uticaja prostora $K_2=1$.

➤ Nivo merne površine:

$$L_S = 10 \log \frac{S}{S_0} = 10 \log \frac{25.86}{1} = 14.12 \text{ [dB(A)]}$$

Ekstremne vrednosti nivoa zvučnog pritiska u pojedinim mernim tačkama iznose:

$$L_{i \max} = 81 \text{ [dB(A)]}$$

$$L_{i \min} = 74.5 \text{ [dB(A)]}$$

Na osnovu razlike ovih vrednosti $L_{i \max} - L_{i \min} = 6.5 \text{ [dB(A)]}$ sledi da se ukupan nivo zvučnog pritiska izračunava pomoću g_j .

n [o/min]	1750									
Merna tačka	L_i	L_o	$L_i - L_o$	g_i	$\sum g_i$	$\overline{L_A}$	K_2	$\overline{L_A}$	L_S	L_{PA}
1.	74.5	74.5	0	1	43.7	78.6	2	76.6	17.3	93.9
2.	80.5		6	4						
3.	79.5		5	3.2						
4.	78		3.5	2.2						
5.	79		4.5	2.8						
6.	79.5		5	3.2						
7.	78.5		5	3.2						
8.	78.5		3	2						
9.	81		6	4						
10.	81		5	3.2						
11.	77.5		3	2						
12.	76		1.5	1.4						
13.	77		2	1.6						
14.	79.5		3	2						
15.	81		6.5	4.5						
16.	78		2	1.6						
17.	78.5		2.5	1.8						

Merenje u praznom hodu

