

V Računske vežbe

① Statističkim analizatorom buke, primenom A-ponderacione frekvencijske krive, dobijeni su podaci u statističkoj raspodeli nivoa promenljive buke dati u tabeli. Ukupan broj analiziranih uzoraka je 100, a vreme analize buke je 500s. Vreme merenja jednog uzorka je 5s. Nacrtati vremenski histogram i odrediti:

② ekvivalentni nivo buke

③ procentne premašene nivoe L_1 , L_{10} , L_{50} i L_{90} . (16. knjiga)

Nivo u lase [dB]	70-75	75-80	80-85	85-90	90-95	95-100	100-105	105-110
n_i	5	15	20	25	15	10	5	5

②

$$L_{eq} = 10 \log \sum_{i=1}^N \frac{n_i}{N} \cdot 10^{\frac{L_i}{10}} \text{ [dB]}$$

n_i - broj uzoraka u određenom opsegu nivoa definisane širine 5dB

Buka se uzorkuje u definisanom vremenskom intervalu 500s, sa definisanom brzinom uzorkovanja 5s.

$$L_{eq} = 10 \log \sum_{i=1}^8 \frac{n_i}{N} \cdot 10^{\frac{L_i}{10}}$$

N - broj analiziranih uzoraka

$$L_{eq} = 10 \log \sum_{i=1}^8 \frac{n_i}{N} 10^{\frac{L_i}{10}} =$$

$$= 10 \log \left(\frac{n_1}{N} \cdot 10^{\frac{L_1}{10}} + \frac{n_2}{N} \cdot 10^{\frac{L_2}{10}} + \frac{n_3}{N} \cdot 10^{\frac{L_3}{10}} + \frac{n_4}{N} \cdot 10^{\frac{L_4}{10}} + \frac{n_5}{N} \cdot 10^{\frac{L_5}{10}} + \frac{n_6}{N} \cdot 10^{\frac{L_6}{10}} + \frac{n_7}{N} \cdot 10^{\frac{L_7}{10}} + \frac{n_8}{N} \cdot 10^{\frac{L_8}{10}} \right)$$

L_i - aritmetična sredina nivoa u lase, $i = \overline{1, 8}$

$$L_{eq} = 10 \log \left(\frac{5}{100} \cdot 10^{\frac{72,5}{10}} + \frac{15}{100} \cdot 10^{\frac{77,5}{10}} + \frac{20}{100} \cdot 10^{\frac{82,5}{10}} + \frac{25}{100} \cdot 10^{\frac{87,5}{10}} + \right. \\ \left. + \frac{15}{100} \cdot 10^{\frac{92,5}{10}} + \frac{10}{100} \cdot 10^{\frac{97,5}{10}} + \frac{5}{100} \cdot 10^{\frac{102,5}{10}} + \frac{5}{100} \cdot 10^{\frac{107,5}{10}} \right)$$

$$L_{eq} = 10 \log \left(\frac{1}{20} \cdot 10^{7,25} + \frac{3}{20} \cdot 10^{7,75} + \frac{4}{20} \cdot 10^{8,25} + \frac{5}{20} \cdot 10^{8,75} + \frac{3}{20} \cdot 10^{9,25} + \frac{2}{20} \cdot 10^{9,75} + \right. \\ \left. + \frac{1}{20} \cdot 10^{10,25} + \frac{1}{20} \cdot 10^{10,75} \right)$$

$$L_{eq} = 10 \log \left(\frac{1}{20} \cdot 10^7 \left(10^{0,25} + 3 \cdot 10^{0,75} + 4 \cdot 10^{1,25} + 5 \cdot 10^{1,75} + 3 \cdot 10^{2,25} + 2 \cdot 10^{2,75} + \right. \right. \\ \left. \left. + 10^{3,25} + 10^{3,75} \right) \right)$$

$$L_{eq} = 10 \log 10^7 + 10 \log \frac{1}{20} + 10 \log \left(10^{0,25} + 3 \cdot 10^{0,75} + 4 \cdot 10^{1,25} + 5 \cdot 10^{1,75} + 3 \cdot 10^{2,25} + \right. \\ \left. + 2 \cdot 10^{2,75} + 10^{3,25} + 10^{3,75} \right)$$

$$L_{eq} = 70 - 10 \log 20 + 10 \log \left(10^{0,25} + 3 \cdot 10^{0,75} + 4 \cdot 10^{1,25} + 5 \cdot 10^{1,75} + 3 \cdot 10^{2,25} + 2 \cdot 10^{2,75} + 10^{3,25} + 10^{3,75} \right)$$

$$L_{eq} = (70 - 13 + 39,7) \text{ dB} \Rightarrow \boxed{L_{eq} = 96,7 \text{ dB}}$$

- ⑥ Vremenski histogram predstavlja grafični prikaz promjene nivoa buke, odnosno zastupljenosti pojedinih nivoa buke u posmatranom vremenskom intervalu. Na ordinati se nanosi broj uzoraka u određenom opsegu nivoa buke, a na apscisi nivo buke. Vremenski histogram služi za određivanje procentnih premaženih nivoa buke. Prvo se računa ukupna površina ispod histograma, koja ujedno predstavlja i ukupno trajanje svih uzoraka posmatrane promenljive buke:

$$T = 5 \cdot (5 + 15 + 20 + 25 + 15 + 10 + 5 + 5) = 55 \cdot 100 = \boxed{5500 \text{ s}}$$

$\downarrow$
 vreme merenja
 jednog uzorka

broj uzoraka = N

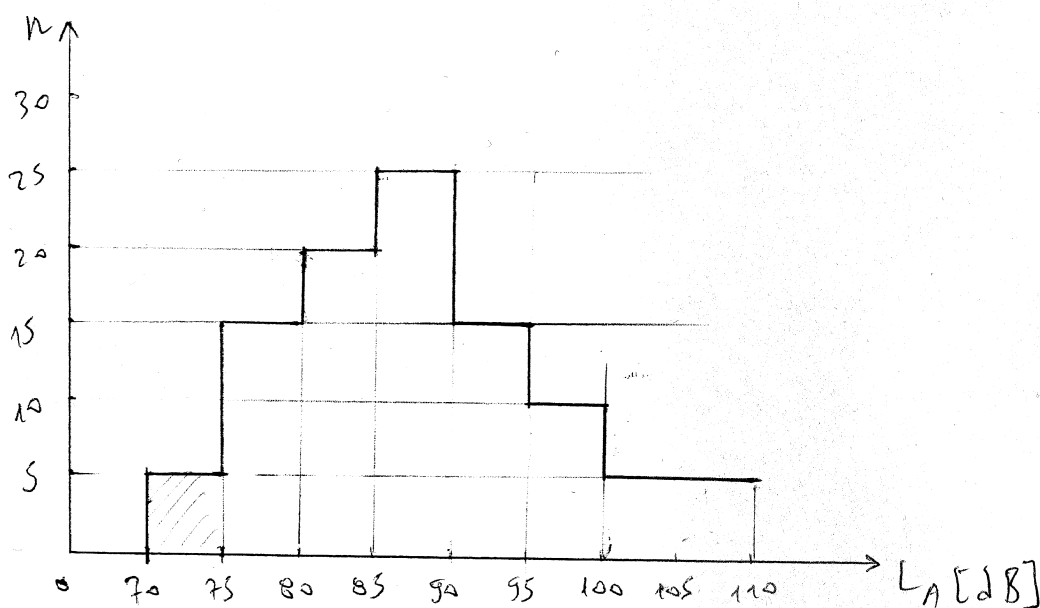
Procentni premašeni nivo L_N je nivo buke koji je premašen u $N\%$ ukupnog merenog intervala.

Procentni premašeni nivo L_{90} predstavlja nivo buke koji je premašen u 90% merenog intervala. Dakle, u 10% vremenskog intervala merenja su nivoi buke bili manji od nivoa L_{90} , a u ostalih 90% vremenskog intervala merenja su nivoi buke bili veći.

$$T = 500\text{ s}$$

$$10\% T = 0,1 T = 0,1 \cdot 500\text{ s} = 50\text{ s}$$

$$90\% T = 0,9 T = 0,9 \cdot 500\text{ s} = 450\text{ s}$$



Za $L_{90} = 75\text{ dB}$, onda bi površina s leve strane imala vrednost

$S \cdot 5 = \boxed{255}$ (pet uzoraka od kojih svaki traje 5s), dakle manje od

50s. Ako se izabere nivo od 80 dB, onda bi površina s leve

strane imala vrednost: $5 \cdot 5 + 5 \cdot 15 = 5 \cdot (5 + 15) = 5 \cdot 20 = \boxed{100\text{ s}}$

(petnaest uzoraka od kojih svaki traje 5s), dakle više od 50s.

Sada se sa sigurnošću zna da je nivo L_{90} između 75 dB i 80 dB.

$$\boxed{L_{90} = 75 + a}$$

Vslov je da žrafirana površina bude 50 (10% od 500)

$$5 \cdot 5 + 15 \cdot a = 50 \Rightarrow 15a = 50 - 25 = 25 \Rightarrow a = \frac{25}{15} = \frac{5}{3}$$

$$\boxed{a = 1,7}$$

$$L_{50} = 75 + a = 75 + 1,7 = \boxed{76,7 \text{ dB}}$$
 v 90% premašen
nivo buke od 76,7 dB

$$\boxed{L_{50}}$$

$$T = 500 \text{ s}$$

$$50\% T = 0,5 T = 0,5 \cdot 500 = 250 \text{ s}$$

$$\boxed{L_{50} = 85 \text{ dB}}$$

$$5 \cdot (5 + 15 + 20) = 5 \cdot 40 = \boxed{200 \text{ s} < 250 \text{ s}}$$

$$\boxed{L_{50} = 90 \text{ dB}}$$

$$5 \cdot (5 + 15 + 20 + 25) = 5 \cdot 65 = \boxed{325 \text{ s} > 250 \text{ s}}$$

$$\boxed{L_{50} = 85 + b}$$

$$5 \cdot (5 + 15 + 20) + 25 \cdot b = 50\% \cdot 500$$

$$5 \cdot 40 + 25b = 250 \Rightarrow b = \frac{250 - 200}{25} = \frac{50}{25} = 2 \Rightarrow \boxed{b = 2}$$

$$\boxed{L_{50} = 87 \text{ dB}}$$

v 50% premašen
nivo buke od 87 dB

$$\boxed{L_{10}}$$

$$T = 500 \text{ s}$$

$$10\% T = 0,1 T = 0,1 \cdot 500 \text{ s} = 50 \text{ s}$$

$$90\% T = 0,9 T = 0,9 \cdot 500 \text{ s} = 450 \text{ s}$$

$$L_{10} = 100 \text{ dB} + c$$

$$5 \cdot (5 + 15 + 20 + 25 + 15 + 10) + 5 \cdot c = 90\% \cdot 500 = 450$$

$$5 \cdot 90 + 5 \cdot c = 450$$

$$450 + 5c = 450 \Rightarrow \boxed{c = 0}$$

$$\boxed{L_{10} = 100 \text{ dB}}$$

v 10% premašen
nivo buke od 100 dB

$$L_1$$

$$L_1 = 105 + d$$

$$5 \cdot (5 + 15 + 20 + 25 + 15 + 10 + 5) + 5d = 99\% \cdot 500$$

$$5 \cdot 95 + 5d = 0,99 \cdot 500 = \frac{99}{100} \cdot 500 = 99,5$$

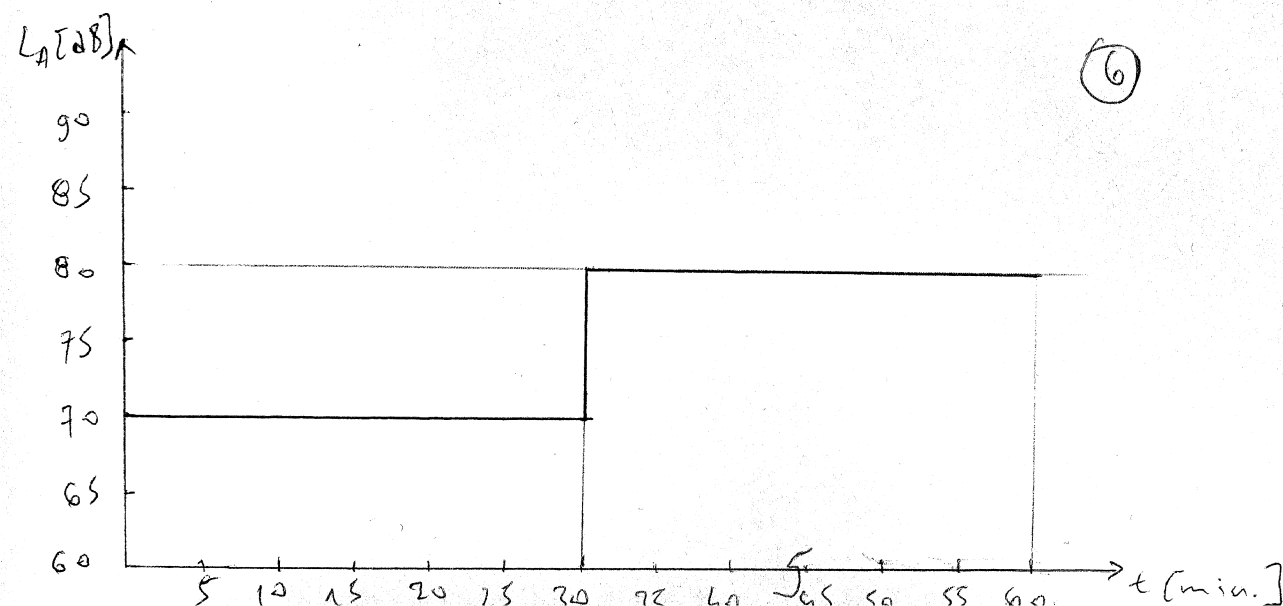
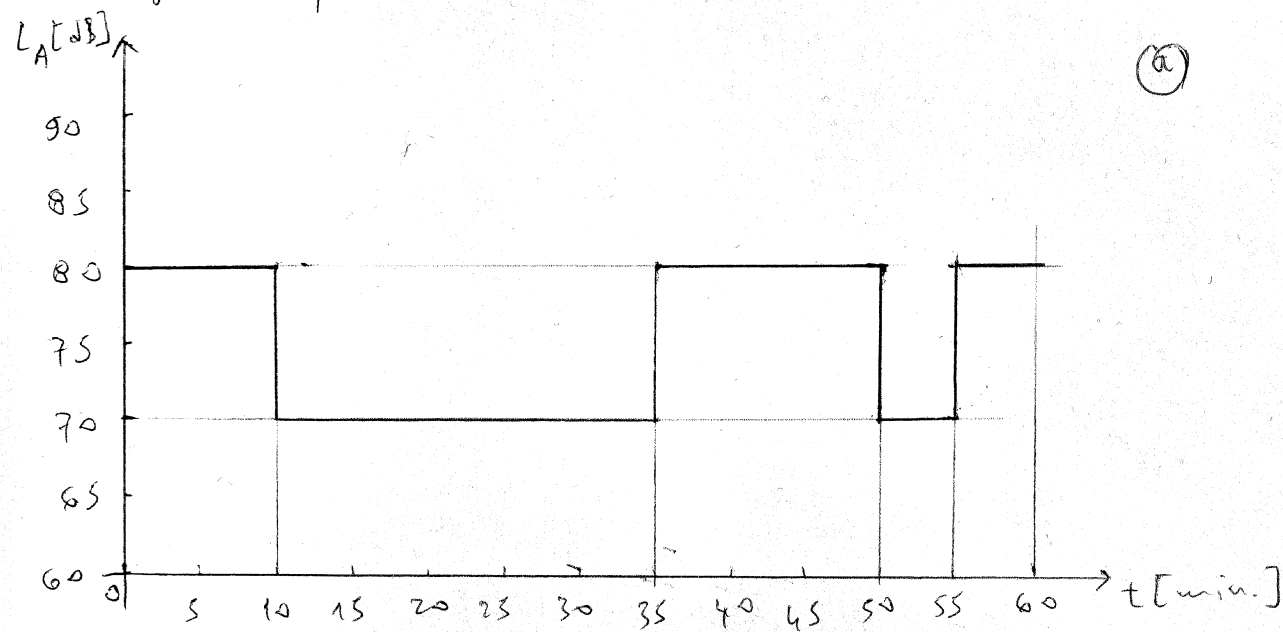
$$5 \cdot 95 + 5d = 5 \cdot 99 \quad | :5$$

$$95 + d = 99 \Rightarrow d = 4$$

$$L_1 = 109 \text{ dB}$$

u 1% premašen
nivo buke od 109 dB

- ② Izračunati ekvivalentni nivo buke u toku jednog sata za vremenski promenljive nivoe buke čiji je vremenski dijagram prikazan na slici. Da li ima razlike? (15. knjiga)



a) $L_{A1} = 80 \text{ dB}$, $t_1 = 10 \text{ min.}$

$L_{A2} = 70 \text{ dB}$, $t_2 = 25 \text{ min.}$

$L_{A3} = 80 \text{ dB}$, $t_3 = 15 \text{ min.}$

$L_{A4} = 70 \text{ dB}$, $t_4 = 5 \text{ min.}$

$L_{A5} = 80 \text{ dB}$, $t_5 = 5 \text{ min.}$

$$L_{eq} = 10 \log \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{T} \cdot 10^{\frac{L_{Ai}}{10}}$$

$$L_{eq1} = 10 \log \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{T} \cdot 10^{\frac{L_{Ai}}{10}}$$

$$L_{eq1} = 10 \log \left(\frac{10}{60} \cdot 10^{\frac{80}{10}} + \frac{25}{60} \cdot 10^{\frac{70}{10}} + \frac{15}{60} \cdot 10^{\frac{80}{10}} + \frac{5}{60} \cdot 10^{\frac{70}{10}} + \frac{5}{60} \cdot 10^{\frac{80}{10}} \right)$$

$$L_{eq1} = 10 \log \left(\frac{1}{6} \cdot 10^8 + \frac{5}{12} \cdot 10^7 + \frac{1}{4} \cdot 10^8 + \frac{1}{12} \cdot 10^7 + \frac{1}{12} \cdot 10^8 \right) =$$

$$= 10 \log \left(\frac{1}{12} \cdot 10^7 (20 + 5 + 30 + 1 + 10) \right) = 10 \log \left(\frac{66}{12} \cdot 10^7 \right) =$$

$$= 10 \log 10^7 + 10 \log \left(\frac{33}{6} \right) = 7 \cdot 10 \cdot \cancel{\log 10}^1 + 10 \log (5,5) = 70 + 10 \log (5,5) =$$

$$= \boxed{77,4 \text{ dB}} \quad \boxed{L_{eq1} = 77,4 \text{ dB}}$$

b) $L_{A1} = 70 \text{ dB}$, $t_1 = 30 \text{ min.}$

$L_{A2} = 80 \text{ dB}$, $t_2 = 30 \text{ min.}$

$$L_{eq2} = 10 \log \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{T} \cdot 10^{\frac{L_{Ai}}{10}}$$

$$L_{eq2} = 10 \log \left(\frac{30}{60} \cdot 10^{\frac{70}{10}} + \frac{30}{60} \cdot 10^{\frac{80}{10}} \right) = 10 \log \left(\frac{1}{2} \cdot 10^7 + \frac{1}{2} \cdot 10^8 \right) =$$

$$= 10 \log \left(\frac{1}{2} \cdot 10^7 (1 + 10) \right) = 10 \log \left(\frac{11}{2} \cdot 10^7 \right) = 10 \log 10^7 + 10 \log (5,5) =$$

$$= 70 + 10 \log (5,5) = \boxed{77,4 \text{ dB}} \quad \boxed{L_{eq2} = 77,4 \text{ dB}}$$

$$\Rightarrow \boxed{L_{eq1} = L_{eq2}}$$

③ Prolazom jednog automobila stvara na rastojanju 7m od ose saobraćajnice nivo izloženosti zvuku od 90 dB. Ako je frekvencija saobraćaja 10 automobila u minuti, odrediti ekvivalentni nivo buke koji stvara saobraćajni tok u toku jednog sata na datom rastojanju od ose saobraćajnice.
(17. knjiga)

10 automobila u minuti (1 min.)

$$L_{AE} = 90 \text{ dB}$$

$$n = 10 \frac{1}{\text{min.}}$$

$$T = 60 \text{ min.} = 1 \text{ h}$$

$$N = n \cdot t = 600 \text{ automobila na sat}$$

$$L_{eq} = 10 \log \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_{AEi}}{10}} - 10 \log \frac{T}{T_0} \quad T_0 = 1 \text{ s}$$

L_{AEi} - nivo izloženosti zvuku za i -ti zvučni događaj.

$$L_{AE1} = L_{AE2} = L_{AE3} = \dots = L_{AEN} = L_{AE}$$

$$L_{eq} = 10 \log \left(N \cdot 10^{\frac{L_{AE}}{10}} \right) - 10 \log T$$

$$L_{eq} = 10 \log N + 10 \log \left(10^{\frac{L_{AE}}{10}} \right) - 10 \log T$$

$$L_{eq} = 10 \cdot \frac{L_{AE}}{10} + 10 \log N - 10 \log T$$

$$L_{eq} = L_{AE} + 10 \log \frac{N}{T}$$

$$L_{eq} = L_{AE} + 10 \log \left(\frac{600}{3600} \right) = L_{AE} + 10 \log \left(\frac{1}{6} \right)$$

$$L_{eq} = L_{AE} - 10 \log 6 \Rightarrow L_{eq} = 82,2 \text{ dB}$$

4. Prolazak putničkog automobila stvara na rastojanju 10m od ose gradske saobraćajnice nivo izloženosti zvuku od 80dB, prolazak teretnog automobila stvara nivo izloženosti zvuku od 90dB, a prolazak autobusa stvara nivo izloženosti zvuku od 95dB. Ako u toku jednog sata saobraćajnicom prođe 200 putničkih automobila, 50 teretnih automobila i 20 autobusa, izračunati ekvivalentni nivo buke na datom rastojanju od ose gradske saobraćajnice za vremenski period od jednog sata. (18. kasija)

$$L_{AE1} = 80 \text{ dB} \quad \text{putnički automobil, } N_1 = 200$$

$$L_{eq1} = L_{AE1} + 10 \log(N_1) - 10 \log T$$

$$L_{eq1} = L_{AE1} + 10 \log \frac{N_1}{T}$$

$$L_{eq1} = L_{AE1} + 10 \log \left(\frac{200}{3600} \right) = L_{AE1} + 10 \log \frac{1}{18}$$

$$L_{eq1} = L_{AE1} - 10 \log 18 = 80 - 10 \log 18 \Rightarrow \boxed{L_{eq1} = 87,4 \text{ dB}}$$

$$L_{AE2} = 90 \text{ dB} \quad \text{teretni automobil, } N_2 = 50$$

$$L_{eq2} = L_{AE2} + 10 \log(N_2) - 10 \log T$$

$$L_{eq2} = L_{AE2} + 10 \log \frac{N_2}{T}$$

$$L_{eq2} = L_{AE2} + 10 \log \left(\frac{50}{3600} \right) = L_{AE2} + 10 \log \left(\frac{1}{72} \right)$$

$$L_{eq2} = L_{AE2} - 10 \log 72 = 90 - 10 \log 72 \Rightarrow \boxed{L_{eq2} = 71,4 \text{ dB}}$$

$$L_{AE3} = 95 \text{ dB} \quad \text{autobus, } N_3 = 20$$

$$L_{eq3} = L_{AE3} + 10 \log(N_3) - 10 \log T$$

$$L_{eq3} = L_{AE3} + 10 \log \frac{N_3}{T}$$

$$L_{eq3} = L_{AE3} + 10 \log \left(\frac{20}{3600} \right) = L_{AE3} + 10 \log \left(\frac{1}{180} \right)$$

$$L_{eq3} = L_{AE3} - 10 \log(180) = 95 - 10 \log(180) \Rightarrow \boxed{L_{eq3} = 72,4 \text{ dB}}$$

$$L_{eq} = 10 \log \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_{eqi}}{10}}$$

$$L_{eq} = 10 \log \left(10^{\frac{L_{eq1}}{10}} + 10^{\frac{L_{eq2}}{10}} + 10^{\frac{L_{eq3}}{10}} \right)$$

$$L_{eq} = 10 \log \left(10^{\frac{67,4}{10}} + 10^{\frac{71,4}{10}} + 10^{\frac{72,4}{10}} \right)$$

$$L_{eq} = 10 \log \left(10^{6,74} + 10^{7,14} + 10^{7,24} \right) = \boxed{75,6 \text{ dB}}$$

5. Izračunati ekvivalentni nivo buke koji u osmočasovnom periodu stvaraju dve mašine koje rade u ciklusima sa konstantnim nivoom buke. Prva mašina u osmočasovnom periodu ima 400 ciklusa i nivo izloženosti zvuka za svaki ciklus 90 dB. Druga mašina u istom periodu ima 200 ciklusa i nivo izloženosti zvuka za svaki ciklus 95 dB.

$$T = 8h = 8 \cdot 3600s = 28800s$$

$$\left. \begin{array}{l} L_{AE1} = 90 \text{ dB} \\ N_1 = 400 \end{array} \right\} \text{ prva mašina}$$

$$\left. \begin{array}{l} L_{AE2} = 95 \text{ dB} \\ N_2 = 200 \end{array} \right\} \text{ druga mašina}$$

$$Le_{\epsilon 1} = LAE_1 + 10 \log N_1 - 10 \log T$$

$$Le_{\epsilon 1} = LAE_1 + 10 \log \frac{N_1}{T}$$

$$Le_{\epsilon 1} = 90 + 10 \log \left(\frac{400}{28800} \right) = 90 + 10 \log \left(\frac{4}{288} \right) =$$

$$= 90 + 10 \log \left(\frac{1}{72} \right) = 90 - 10 \log(72) \Rightarrow \boxed{Le_{\epsilon 1} = 71,4 \text{ dB}}$$

$$Le_{\epsilon 2} = LAE_2 + 10 \log N_2 - 10 \log T$$

$$Le_{\epsilon 2} = LAE_2 + 10 \log \frac{N_2}{T}$$

$$Le_{\epsilon 2} = 95 + 10 \log \left(\frac{200}{28800} \right) = 95 + 10 \log \left(\frac{2}{288} \right) =$$

$$= 95 + 10 \log \left(\frac{1}{144} \right) = 95 - 10 \log(144) \Rightarrow \boxed{Le_{\epsilon 2} = 73,4 \text{ dB}}$$

$$Le_{\epsilon} = 10 \log \left(\sum_{i=1}^N 10^{\frac{Le_{\epsilon i}}{10}} \right)$$

$$Le_{\epsilon} = 10 \log \left(10^{\frac{Le_{\epsilon 1}}{10}} + 10^{\frac{Le_{\epsilon 2}}{10}} \right)$$

$$Le_{\epsilon} = 10 \log \left(10^{\frac{71,4}{10}} + 10^{\frac{73,4}{10}} \right) = 10 \log \left(10^{7,14} + 10^{7,34} \right)$$

$$\boxed{Le_{\epsilon} = 75,5 \text{ dB}}$$