

Ilmanvaihdon äänitekniikan opas

Yleistä

Tässä oppaassa käsitellään ilmanvaihdon päätelaitteiden (tulo- ja poistoilmalaitteiden sekä ulkosäleikköjen ja -suuttimien) äänitekniikkaa.

Logaritminen asteikko

Ihmisen aistima äänen intensiteettialue W/m^2 (kuuloalue) on tavattoman laaja. Akustiikassa käytetäänkin sen vuoksi logaritmista asteikkoa jolla vaihteluväli voidaan supistaa laskutoimitusten ja tulosten käsittelyn kannalta helpommaksi.

Äänitehotaso L_W

Äänitehotaso L_W [dB] kuvaa äänilähteen ympäristöönsä säteilemää tehoa ja se määritellään yhtälöllä (1).

$$L_W = 10 \lg (W/W_0) \quad (1)$$

W = äänilähteen ääniteho [W]

W_0 = vertailuääniteho 10^{-12} [W]

Äänitehotaso on äänilähteen fysikaalinen ominaisuus, eikä siihen vaikuta tila tai etäisyys äänilähteestä.

Äänilähteen äänitehot mitataan akustiikan mittauslaboratorioissa.

Äänenpainetaso L_p

Äänenpainetaso L_p [dB] määritellään äänilähteen aikaansaaman äänenpaineen ja vertailupaineen suhteena yhtälöllä (2).

$$L_p = 20 \lg (p/p_0) \quad (2)$$

p = äänenpaine [Pa]

p_0 = vertailuäänepaine 2×10^{-5} [Pa]

Äänenpaine on äänitehon aikaansaama äänenpainemittarilla mitattavissa oleva ominaisuus.

A-taajuuspainotus, A-painotus

Oktaavikaistoittain mitattuja äänenpainearvoja voidaan painottaa A-, B- tai C-taajuuspainotuksella. Ilmanvaihtotekniikassa käytetään yleisimmin A-painotusta, joka sopii heikoille (< 55 dB) äänille. A-painotus kuvaa parhaiten ihmisen aistimaa äänen häiritsevyyttä.

Taajuus	Hz	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
A-painotus	dB	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1

Absorptio

Huonetilaan muodostuvaan äänenpaineeseen vaikuttaa huonetta rajaavien pintojen kyky absorboida ääntä.

Äänitaso L_{pA} , L_{pA10}

Äänitaso L_{pA} on A-taajuuspainotettu äänenpainetaso.

L_{pA10} on äänitaso huonetilassa, jonka absorptioala on 10 m^2 (10 m^2 -sab).

A-painotettu äänitehotaso L_{WA}

Äänitehotaso L_{WA} on A-taajuuspainotettu äänitehotaso.

Climecon-tuote-esitteissä on ulos ja ulkoseinälle asennettavien tuotteiden äänitieto ilmoitettu äänitehotasona L_{WA} .

Oktaavikaistoittainen äänitehotaso L_{Wokt}

Äänitehotasot oktaavikaistoittain on Climecon-esitteissä ilmoitettu summana

$$L_{Wokt} = L_{pA10} + K.$$

Korjaustermi K on ilmoitettu jokaiselle tuotteelle oktaavikaistoittain.

Äänitehotasot oktaavikaistoittain on Vent.X-valintaohjelmassa laskettu valmiiksi ilmavirran ja painehäviön funktiona.

Äänitasojen yhteenlasku

Koska desibeliarvot ovat logaritmisia, niitä ei voida laskea yhteen ja vähentää kuten tavallisia lukuja, vaan niiden yhteenlasku tehdään logaritmien yhteenlaskukaavalla (3).

$$L_p = 10 \lg(10^{L_{p1}/10} + 10^{L_{p2}/10} + 10^{L_{p3}/10} + 10^{L_{p4}/10} + 10^{L_{p5}/10} + \dots + 10^{L_{pn}/10}) \quad (3)$$

Kahden erisuuruisen äänitason yhteenlasku

Äänitasojen erotus [dB]	0	2	4	6	9	15
Lisäys suurempaan [dB]	3	2	1,5	1	0,5	0,2

Yhtäsuurien äänitasojen yhteenlasku

Yhtäsuuret äänitasot lasketaan yhteen äänitason lisäyksen kaavalla (4).

$$\Delta L = 10 \lg(n) \quad n \text{ on äänilähteiden lukumäärä} \quad (4)$$

Usean yhtäsuuren äänitason yhteenlasku

Äänilähteitä [kpl]	2	3	4	5	6	10	15
Lisäys [dB]	3	5	6	7	8	10	12

Huoneen äänitaso L_{pA}

Huoneen äänitaso L_{pA} muodostuu äänilähteestä suoraan tulleesta äänen painetasosta ja huoneen kaiuntaäänien painetasosta ja lasketaan yhtälöstä (5).

$$L_{pA} = L_{WA} + 10 \lg[(Q/(4\pi r^2) + (4/A))] \quad (5)$$

L_{WA} = A-taajuuspainotettu äänitehotaso dB(A)

Q = suuntaavuus (kokoavaruus Q=1, puoliavaruus Q=2, jne.)

A = absorptioala m²-sab.

r = etäisyys äänilähteestä m

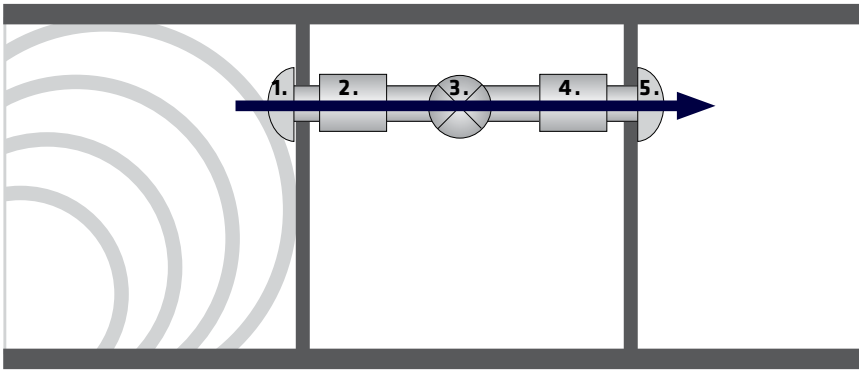
Sulkulausekkeen ensimmäinen termi liittyy suoraan tulleeseen ääneen ja jälkimmäinen termi kaiuntaääneen.

Äänitaso ulkona

Ulkotilassa ei absorptiosta aiheutuvaa kaiuntaääntä normaalisti muodostu ja L_{pA} kaavasta jää sulkulausekkeen jälkimmäinen termi pois.

$$L_{pA} = L_{WA} + 10 \lg[(Q/(4\pi r^2) + (4/A))] \quad (6)$$

Äänen kuuluminen huoneesta toiseen yhteisen kanavan kautta – vaiheet



1. Lasketaan vaimennus päätelaitteeseen mentäessä (suuntakerroin ja aukon supistuminen)
 2. Lasketaan vaimennus VAM äänenvaimentimessa
 3. Lasketaan kanaviston aiheuttaman äänen vaimennus
 4. Lasketaan vaimennus VAM äänenvaimentimesta
 5. Lasketaan toisen päätelaitteen päätevaimennus
- saadaan Huoneiden välisen ilmakehän yksikköeristysluku $D_{n,e,wdB}$.

Esimerkkejä äänilaskentaan liittyen

Esim. 1

Huoneessa on tuloilma- ja poistoilmapäätelaitteet, jotka molemmat erikseen aikaansaavat huoneeseen 35 dB(A) äänitason. Mikä on päätelaitteiden yhdessä aikaansaama äänitaso?
Lasketaan äänitason lisäys kaavalla (4).

$$\Delta L = 10 \lg(2) = 3 \quad \text{ja yhteinen äänitaso } 35 \text{ dB(A)} + 3 \text{ dB} = 38 \text{ dB(A)}$$

Esim. 2

Lasketaan äänitaso toimistohuoneessa tarkastelupisteessä T kaavalla (5).

Huoneen vaimennusala $A = 20 \text{ m}^2$

Huoneessa on käytävässeinällä lähellä kattoa ($Q = 4$) kaksi ilmanvaihdon päätelaitetta seuraavasti:

Päätelaite 1: CLIK-125, 25 l/s, $L_{WA} = 32 \text{ dB(A)}$

$L_{WA1} = 32 \text{ dB(A)}$, etäisyys tarkastelupisteestä $r = 4 \text{ m}$ ja $Q = 4$

Päätelaite 2: SET-100, 25 l/s, $L_{WA} = 26 \text{ dB(A)}$

$L_{WA2} = 26 \text{ dB(A)}$, etäisyys tarkastelupisteestä $r = 4 \text{ m}$ ja $Q = 4$

Päätelaite 1, äänitaso pisteessä T, kaava (5)

$$L_{pA1} = L_{WA1} + 10 \lg\left[\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{A}\right] = 32 + 10 \lg\left[\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{A}\right] = 25,4 \text{ dB(A)}$$

Päätelaite 2, äänitaso pisteessä T, kaava (5)

$$L_{pA2} = L_{WA2} + 10 \lg\left[\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{A}\right] = 26 + 10 \lg\left[\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{A}\right] = 19,4 \text{ dB(A)}$$

Lasketaan lopuksi kokonaisäänitaso L_{pA} laskemalla äänitasot L_{pA1} ja L_{pA2} yhteen yhteenlaskukaavalla (3).

$$L_{pA} = 10 \lg(10^{L_{pA1}/10} + 10^{L_{pA2}/10}) = 10 \lg(10^{2,54} + 10^{1,94}) = 26,4 \text{ dB(A)}$$

Esim. 3

Rakennuksen katolle sijoitetun ilmastointikatoksen

OTSU-u-250 (500 l/s) äänitehotaso $L_{WA} = 71 \text{ dB(A)}$. Mikä on katoksen aiheuttama äänitaso L_{pA} etäisyydellä 5 m, 10 m ja 20 m?

Kattopinnalla suuntaavuus $Q=2$ (puoliavaruus).

Kaavasta (6) saadaan:

$$L_{pA} = L_{WA} + 10 \lg\left[\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{A}\right] = 71 + 10 \lg\left[\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{A}\right] = 49 \text{ dB(A)}$$

$$L_{pA} = L_{WA} + 10 \lg\left[\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{A}\right] = 71 + 10 \lg\left[\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{A}\right] = 43 \text{ dB(A)}$$

$$L_{pA} = L_{WA} + 10 \lg\left[\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{A}\right] = 71 + 10 \lg\left[\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{A}\right] = 37 \text{ dB(A)}$$

Esim. 4

Puhallin/kanavaäänien yhdistäminen päätelaitteen NOT-200 (150 l/s, 47 Pa) ääneen!

Taajuus	Hz	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
1 ääni kanavasta L_W	dB	30	28	30	20	20	15	5	5
2 päätelait. vaimen.	dB	-18	-12	-7	-9	-10	-10	-12	-10
3 vaimennettu ääni	dB	12	16	23	11	10	5	-7	-5
4 päätelait. oma ääni	dB	40	47	44	39	35	29	23	15
5 ääni huoneeseen L_W	dB	40	47	44	39	35	29	23	15
6 huonev. 10 m ² -sab.	dB	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
7 äänenpainetaso L_{p10}	dB	36	43	40	35	31	25	19	11
8 A-taajuuspainotus	dB	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1
9 äänitaso $L_{pA10okt}$	dB(A)	10	27	31	32	31	26	20	10
10 L_{pA10}	dB(A)	----- 37 -----							

Äänilaskennan eteneminen:

- rivillä 1 on puhaltimen ja kanavakomponenttien lisäämä/vaimentama kanavaa pitkin päätelaitteelle NOT-200 saapuva äänitehotaso L_W
 - rivillä 2 on päätelaitteen vaimennus
 - rivillä 3 on päätelaitteen vaimentama kanavaääni
 - rivillä 4 on päätelaitteen aiheuttama oma ääni
 - rivillä 5 on päätelaitteen huoneeseen säteilemä äänitehotaso L_W (lasketaan kaavalla (3))
 - rivillä 6 on huonevaimennus 10 m²-sab. $[10 \lg(4/10)]$
 - rivillä 7 on kaiuntäänen huoneeseen aikaansaama äänenpainetaso L_{p10}
 - rivillä 8 on A-taajuuspainotus
 - rivillä 9 on A-taajuuspainotettu oktaavikaistoittainen äänitaso $L_{pA10okt}$
 - rivillä 10 on äänitaso L_{pA10} (lasketaan oktaavikaistoittaiset äänet yhteen kaavalla (3))
- Climecon valintaohjelman antama äänitaso L_{pA10} on myös 37 dB(A).
- Laskelmasta nähdään, että kanavistosta päätelaitteelle tuleva ääni ei nosta huoneen äänitasoa.

Esim. 5

Muuten sama tilanne kuin on esimerkissä 4, mutta päätelaitteelle saapuva puhallin/kanavaääni on kovempi.

Taajuus	Hz	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
1 ääni kanavasta L_W	dB	65	55	55	35	25	25	25	25
2 päätelait. vaimen.	dB	-18	-12	-7	-9	-10	-10	-12	-10
3 vaimennettu ääni	dB	47	43	48	26	15	15	13	15
4 päätelait. oma ääni	dB	40	47	44	39	35	29	23	15
5 ääni huoneeseen L_W	dB	47,8	48,5	49,5	39,2	35,0	29,2	23,4	18,0
6 huonev. 10 m ² -sab.	dB	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
7 äänenpainetaso L_{p10}	dB	43,8	44,5	45,5	35,2	31,1	25,2	19,4	14,0
8 A-taajuuspainotus	dB	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1
9 äänitaso $L_{pA10okt}$	dB(A)	17,8	28,5	36,5	32,2	31,1	26,2	20,4	13,0
10 L_{pA10}	dB(A)	----- 39 -----							

Nähdään, että kanavistosta saapuva ääni lisää äänitasoa 2 dB.

Päätelaitteen huoneeseen säteilemä ääniteho muodostuu siis kanavistosta pitkin tulevasta puhaltimen, vaimentimien, kanavien ja kanavistolaitteiden vaimentamasta/lisäämästä äänitehosta sekä tähän lisättävästä päätelaitteen omasta äänitehosta.