



# Lindab

Müra ja selle  
summutamine  
ventilatsioonis

Rain Siim



## Müra ventilatsioonis

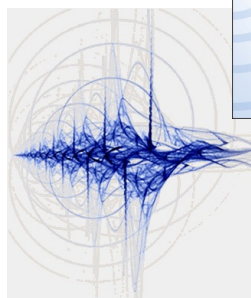
lindab | we simplify construction

Heli või müra kaks olulisemat parameetrit on:

1. **Müratase –**  
Heli intensiivsus, mida tajume rõhu  
võngetena õhus [ dB ]

2. **Sagedus –**  
Heli toon, mille  
tekitab helilaine  
võnkumine [ Hz ]

inimkõrva jaoks on  
olulised 63-8000 Hz





lindab | we simplify construction

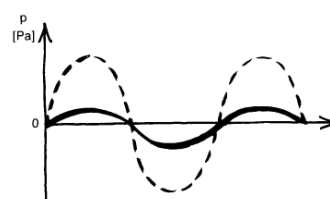
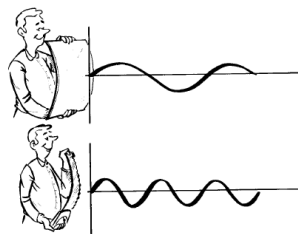
## Müra ventilatsioonis

Mida madalam on sagedus, seda pikem on helilaine.

Sõltuvalt allikast on ülekaalus madalad või kõrged sagedused.

Tavaliselt heli, mida kuuleme on segu mitmetest lainepikkustest ehk sagedustest.

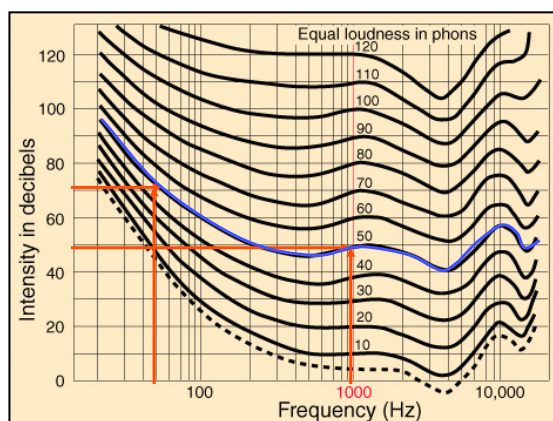
Mida suurem on osakeste surve, seda valjem on heli [dB].



lindab | we simplify construction

## Heli tajumine

Inimene tajub heli valjust eri sageduste juures erinevalt

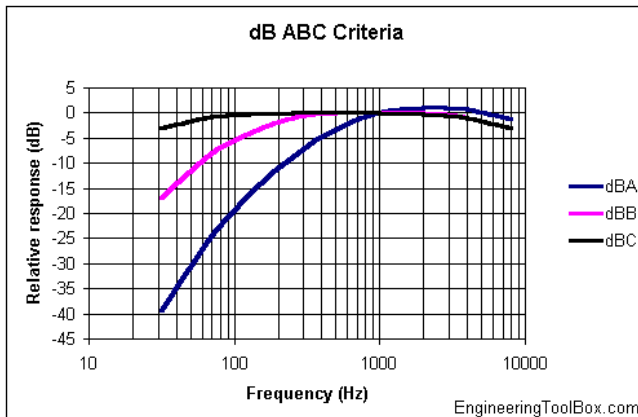




## Helifiltrid

Inimkõrva müratajumise tõttu on võetud kasutusele “helifiltri” mõiste.

Madalsagedusliku heli osakaalu on vähendatud ja 2-4 kHz heli, millele oleme kõige tundlikumad, on võimendatud, et väljendada heli nii nagu inimkõrv seda tajub.



### A-filtri korrektsioonarvud

|        |        |
|--------|--------|
| 63 Hz  | - 26,2 |
| 125 Hz | - 16,1 |
| 250 Hz | - 8,6  |
| 500 Hz | - 3,2  |
| 1 kHz  | 0      |
| 2 kHz  | + 1,2  |
| 4 kHz  | + 1,0  |
| 8 kHz  | - 1,0  |



## Lp ja Lw erinevus

### Lp

Helirõhutase – helina aistitava õhurõhu muutused.

Mõõdetakse [ Pa ] ja väljendatakse [ dB ]

Helirõhu tase sõltub ruumi omadustest ja mõõtmise kaugusest

### Lw

Heli võimsus – on müra allikast helilaine kujul väljuv energia. Heli võimsust mõõdetakse [ W ] ja väljendatakse [ dB ]

**NB! Kasutatakse, et võrrelda erinevaid müraallikaid, helivõimsuse number ei sõltu ruumi omadustest ega mõõtmise kaugusest**





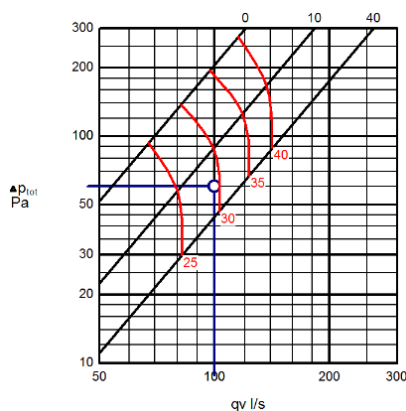
## Lp ja Lw erinevus

lindab | we simplify construction

Difuuser 250 + rõhukast 200/250, Q=100 l/s, Pa=60 Pa

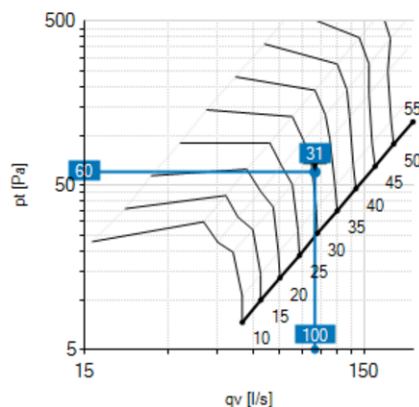


$L_p$  Are 10m<sup>2</sup>sab



Lw = ?  
Lp 10m<sup>2</sup> Sab = 29 dB

Pressure and sound power diagram

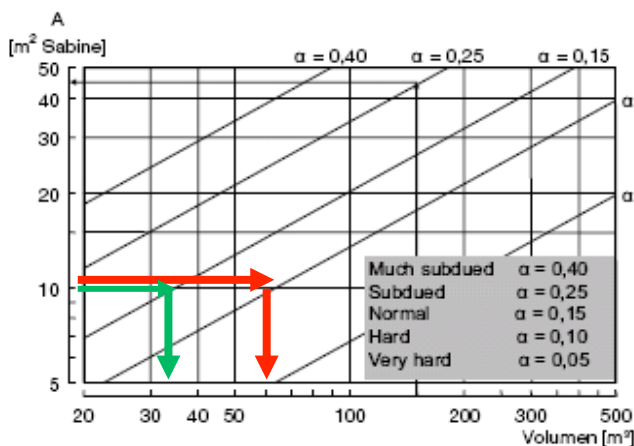


Lw = 31 dB(A)  
Lp = ?



## Mida tähendab 10m<sup>2</sup> Sab?

lindab | we simplify construction



10m<sup>2</sup> Sab võib olla väike ja pehme ruum, aga ka väga suur ja kõva ruum

Helineelduvuselt kõva ruumi (Ts=1,0) puhul on:

kõvadusindeks  $\alpha=0,1$

Ruumi kubatuur = 60 m<sup>3</sup>

Ehk 4 x 5 x 3 m  
Helineelduvuselt pehme ruumi (Ts=0,6) puhul on:

kõvadusindeks  $\alpha=0,15$

Ruumi kubatuur = 34 m<sup>3</sup>

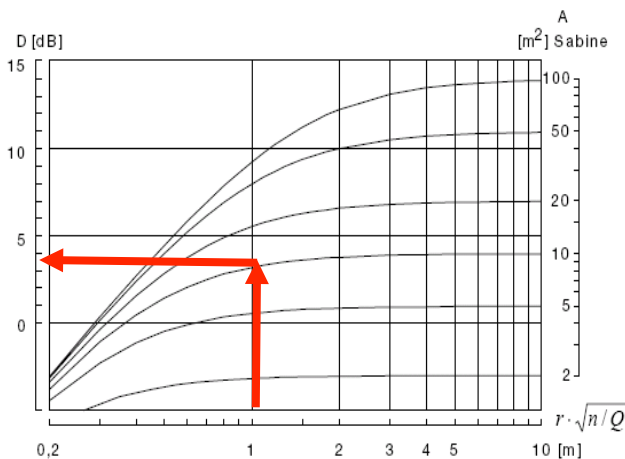
Ehk 4 x 2,8 x 3 m





lindab | we simplify construction

## Mida tähendab 10m<sup>12</sup> Sab?



r – mõõtmispunkti kaugus difuuserist (1,5 m)

n – difuuserite arv (meie näites 1)

Q – asendifaktor (lagi = 2)

$$r \cdot \sqrt{n/Q} = 1,5 \cdot \sqrt{1/2} = 1,5 \cdot 0,7 \approx 1$$

Eeldades, et meil on:  
1 õhujaota,  
see asub laes ning  
mõõtmispunkt on 1,5 m  
kaugusel õhujaotajast,  
saame  
ruumisumbuvuseks D  
(ehk Lw ja Lp vaheks)

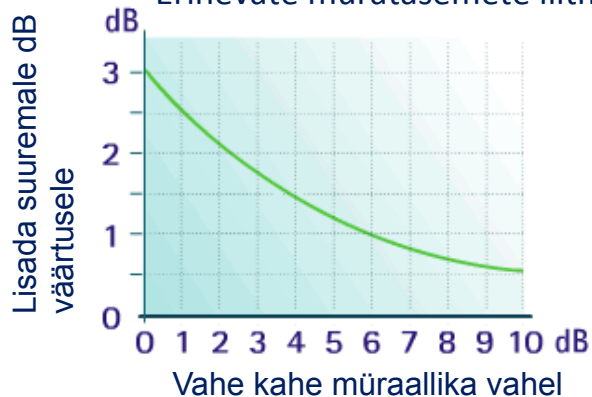
u. **3,5 dB**



lindab | we simplify construction

## Müratasemete liitmine

Erinevate müratasemete liitmine



Sama suurusega müratasemete liitmine

| n | 1 | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10   |
|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| Δ | 0 | 3,0 | 4,8 | 6,0 | 7,0 | 7,8 | 8,5 | 9,0 | 9,0 | 10,0 |





lindab | we simplify construction

## Kuidas kujuneb müratase?

Kõigepealt ventilaatorist:

- Kuigi summeeritud müra number on mugav üldistus kogu helitasemest, ei ole selle numbriga müra summutajate valiku juures siiski midagi peale hakata.
- Põhjus on selles, et summeeritud müratase kujuneb kõikide sagedusribade liitmise tulemusel ja mürataseme määravad kõige domineerivad sagedused. Ühel puhul on domineerivaks 1kHz, teisel näiteks 250Hz. Pärast samade omadustega summutajat on esimesel  $L_w=47$  dB(A), teisel aga  $L_w=53$  dB(A). Peale summutajat on domineerivad tüüpiliselt madalad sagedused, mis pääsesid läbi.

|          |    |          |    |
|----------|----|----------|----|
| 63       | 72 | 63       | 68 |
| 125      | 74 | 125      | 87 |
| 250      | 82 | 250      | 85 |
| 500      | 83 | 500      | 86 |
| 1000     | 85 | 1000     | 82 |
| 2000     | 79 | 2000     | 79 |
| 4000     | 75 | 4000     | 76 |
| 8000     | 73 | 8000     | 72 |
| weighted | 88 | weighted | 88 |

Näide kahest erinevast ventilaatorist, millel on mõlemal  $L_w = 88$  dB(A)



lindab | we simplify construction

## Kuidas lugeda agregaadid müraväärtuseid?

### HELIVÕIMSUSE TASEMED

(Standard: EN13053 ISO/CD 13347-2.)

|                       | Lw oktaavriba kohta (dB) |     |     |     |    |    |    |    | LwA   |
|-----------------------|--------------------------|-----|-----|-----|----|----|----|----|-------|
| Oktaavriba (Hz)       | 63                       | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | dB(A) |
| Värske õhu ühendus    | 71                       | 84  | 75  | 69  | 70 | 68 | 64 | 61 | 76    |
| Sissepuhkeõhu ühendus | 68                       | 87  | 85  | 86  | 82 | 79 | 76 | 72 | 88    |
| Väljatõmbeühendus     | 72                       | 85  | 76  | 72  | 70 | 66 | 64 | 61 | 77    |
| Väljaviskeühendus     | 68                       | 87  | 85  | 86  | 82 | 79 | 76 | 72 | 88    |
| Keskkonda             | 67                       | 76  | 64  | 53  | 55 | 56 | 51 | 39 | 64    |

### sound level in the unit

| Frequency (Hz)                                           | 63   | 125  | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | Total      |
|----------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------|
| <b>Sections on the suction side</b>                      |      |      |      |      |      |      |      |      |            |
| Emitted sound power from the fan                         | 44,4 | 60,2 | 67,0 | 73,4 | 77,0 | 76,7 | 71,2 | 67,3 | 81,5 dB(A) |
| Rotary heat exchanger, Bag filter F7                     |      |      |      |      |      |      |      |      |            |
| Sound power, taking into account the a.m. built-in parts | 41,4 | 56,2 | 64,0 | 69,4 | 72,0 | 70,7 | 63,2 | 57,3 | 76,2 dB(A) |
| <b>Sections on the pressure side</b>                     |      |      |      |      |      |      |      |      |            |
| Emitted sound power from the fan                         | 49,2 | 63,2 | 73,0 | 83,2 | 83,3 | 82,1 | 74,6 | 70,3 | 88,1 dB(A) |
| Heating section 2 Cu/Al, Cooling section                 |      |      |      |      |      |      |      |      |            |
| Sound power, taking into account the a.m. built-in parts | 45,2 | 59,2 | 70,0 | 79,2 | 76,3 | 74,1 | 66,6 | 59,3 | 82,2 dB(A) |

**NB! dB(A) väärtustega ei tohi mürasummutajaid arvutada !**





## Kuidas liidetakse sagedused summaarseks müratasemeks?

lindab | we simplify construction

Summarne helivõimsus  $L_w$  väljendatakse alati dB(A)'na, sest lahutades sellest keskkonda hajuva/sumbuva müra, saamegi inimele tajutava helirõhutaseme  $L_p$ .

| Hz      | dB | -(A) | dBA |      |      |  |  |  |  | dBA |
|---------|----|------|-----|------|------|--|--|--|--|-----|
| 63      | 68 | -26  | 42  | +0   | 71   |  |  |  |  |     |
| 125     | 87 | -16  | 71  | +1   | 78   |  |  |  |  |     |
| 250     | 85 | -8   | 77  | +1   | 84   |  |  |  |  |     |
| 500     | 86 | -3   | 83  | +2,5 | 86,5 |  |  |  |  |     |
| 1 k     | 82 | -0   | 83  | +1   | 87,5 |  |  |  |  |     |
| 2 k     | 79 | +1   | 80  | +0,5 | 88   |  |  |  |  |     |
| 4 k     | 76 | +1   | 77  | +0   | 88   |  |  |  |  |     |
| 8 k     | 72 | -1   | 71  |      |      |  |  |  |  |     |
| Summa : |    |      |     |      |      |  |  |  |  | 88  |

Summaarse mürataseme leidmiseks peame viima kõik sagedused A-filtreeritud alusele, lahutades iga sageduse dB väärtusest vastava A-filtri korrigeeringu enne müra liitmiste tegemist.



## Kuidas kujuneb müratase?

lindab | we simplify construction

Summutamise ja omamüra tehte juures arvutatakse mürad sageduste kaupa ja lähte andmed peavad olema dB mitte dB(A).

Kuna sumbuva väärtused on alati lihtsalt dB, peavad olema ka kõik muud liidetavad olema ühel alusel ja seega peame olema veendunud, et ventika lähteandmed oleks dB.

| Hz      | Ventilaator [dB] | Sumbumise tehe [dB] | Elemendis tekib [dB] | Müra liitmise tehe [dB] | Tulemus [dB] |
|---------|------------------|---------------------|----------------------|-------------------------|--------------|
| 63      | 68               | $68 - 7 = 61$       | 50                   | $61 + 50 = 61$          | 61           |
| 125     | 87               | $87 - 19 = 68$      | 38                   | $68 + 38 = 68$          | 68           |
| 250     | 85               | $85 - 40 = 45$      | 32                   | $45 + 32 = 45$          | 45           |
| 500     | 86               | $86 - 50 = 36$      | 30                   | $36 + 30 = 37$          | 36           |
| 1 k     | 82               | $82 - 50 = 32$      | 28                   | $32 + 28 = 33$          | 33           |
| 2 k     | 79               | $79 - 50 = 29$      | 25                   | $29 + 25 = 30$          | 30           |
| 4 k     | 76               | $76 - 43 = 33$      | 23                   | $33 + 23 = 33$          | 33           |
| 8 k     | 72               | $72 - 29 = 43$      | 19                   | $43 + 19 = 43$          | 43           |
| Summa : |                  |                     |                      |                         | 53           |



lindab | we simplify construction

## Müra summutamisest

- Kui domineerivad sagedused on 500-8000 Hz, on sellega kergem toime tulla, sest kesk- ja kõrged sagedused neelduvad paremini kanali erinevates osades. Samuti on summutajatel neis sagedustes väga hea sumbuvus
- Selleks, et hinnata vajalikku summutajat, peab teadma müra sagedusribasid, sest müra sumbumise võimekus on erinev sageduste kaupa, aga ka toodete ja tootjate lõikes.

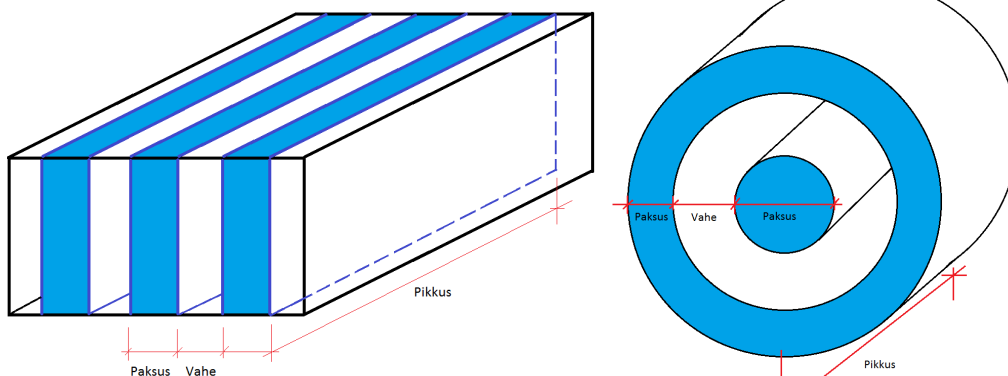
|                    | Hz | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |    | dB(A) |
|--------------------|----|----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|-------|
| Lw before silencer |    | 68 | 87  | 85  | 86  | 82 | 79 | 76 | 72 | dB | 88    |
| Attenuation        |    | 7  | 19  | 40  | 50  | 50 | 50 | 43 | 29 | dB |       |
| Sound generation   |    | 50 | 38  | 32  | 30  | 28 | 25 | 23 | 19 | dB | 34    |
| Lw after silencer  |    | 61 | 68  | 45  | 37  | 33 | 30 | 33 | 43 | dB | 53    |

Summutaja: SLRS 200 71 1900 1200 1950



lindab | we simplify construction

## Sumbuvust mõjutavad mõõdud



Sageduste 63-250 Hz efektiivseks summutamiseks võiks summutusplaadi paksus olla 200 mm kandilistes summutajates. Plaatide vahe 80-120 mm

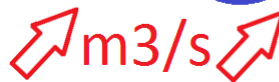
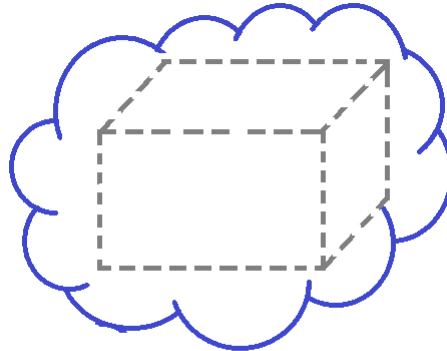
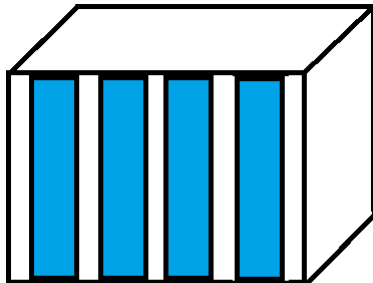
Ümarate puhul üle Ø315 võiks summutusvill olla 100 mm ja keskel täiendav müraneelav element.





lindab | we simplify construction

## Vooluhulga tähtsusest



Kui oleks valida, kas on teada vooluhulk või gabariidid, oleks rohkem abi vooluhulgast.

Vooluhulk on nii oluline osa summutajast, et ilma selleta ei ole võimalik mõistlikult summutajat valida (rõhukaadu, omamüra).

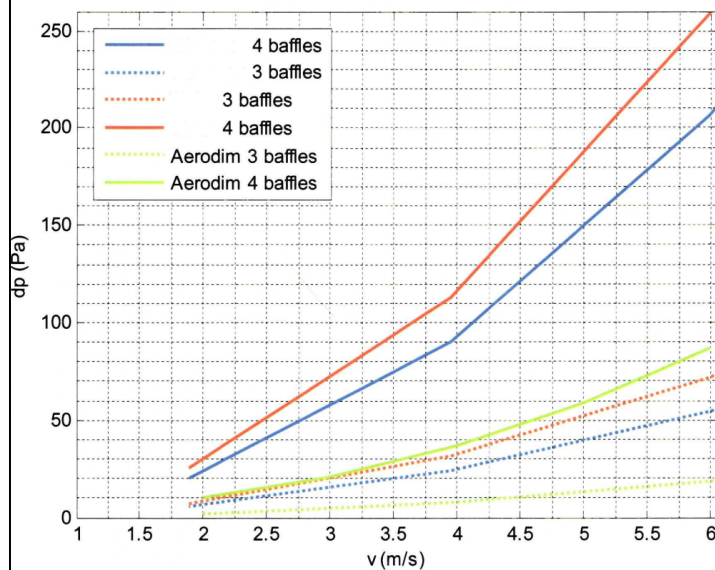
Palve projektijatele – pange vooluhulk summutajale spetsi juurde.



lindab | we simplify construction

## Õhukiiruse seos rõhukaoga

Aerodim 1200x600x1500



Rõhukaadu kasvab geomeetriselt sõltuvalt kiirusest.

Hea rõhukaadu on kuni 30 Pa

Aktsepteeritav on veel 50 Pa

Üle selle sõltub vajadusest ja ventika võimekusest

Summutajas tekib üle 3,5-4,0 m/s liigne omamüra ja rõhukaadu

Projekteerimisel võimalusel vältida olukordasid, kus puhas ristlõike kiirus summutajas sisenemisel on üle 4,0 m/s

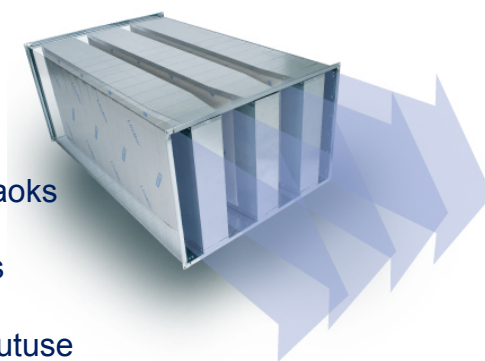




lindab | we simplify construction

## Miks eelistada Lindabi SLRS mürasummutajat ?

- ✓ 40% väiksem rõhukadu\*
- ✓ Paranenud süsteemi SFP
- ✓ vähem summutajat sama töö jaoks
- ✓ mõõdistatud sumbuvustulemus
- ✓ täieliku vent.süsteemi müraarvutuse dokumentatsioon paigaldusega kaasa

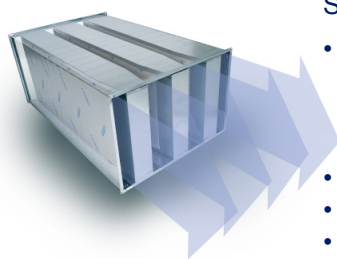


\*Võrreldes konkureerivate summutitega samade mõõtude juures



lindab | we simplify construction

## Mürasummutajatest



Sumbuvust mõjutavad:

- Materjali tüüp
  - Kivivill või klaasvill
  - Polüester
- Materjali vahe
- Materjali paksus
- Materjali pikkus

Kandilise kanali puhul kõrgus mõjutab õhukiiruse kaudu rõhukadu ja omamüra, kuid ei mõjuta müra sumbumist !

Paremini summutavad

- Ümarkanali puhul kandilise korpusega summutajad
- Summutajad, millel on keskel täiendav summutuselement
- nurgasummutajad

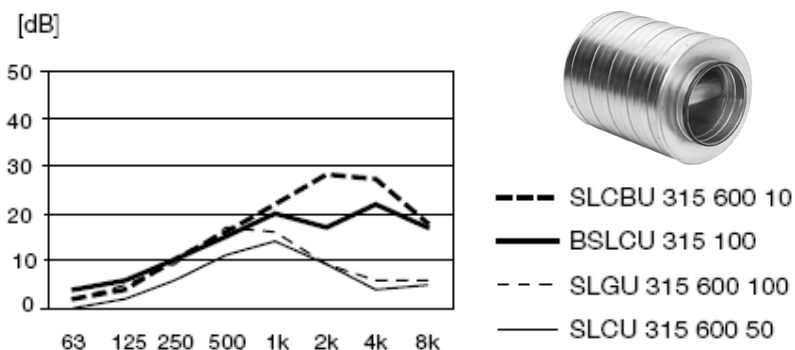




lindab | we simplify construction

## Mürasummutajatest

Summutite võimekusel on kriitilised need sagedusribad milles sumbuvus on väikseim (125; 250), s.t. need helid, mis jäävad summutamata, kanduvad edasi



lindab | we simplify construction

## Mineraalvilla 50, 100, või 150 mm ?

| Ø 160 - 900 mm |        |         |          |           |           |
|----------------|--------|---------|----------|-----------|-----------|
| Hz             | PVA 50 | PVA 100 | SLGU 150 | KVAP 1000 | LRCA 1000 |
| 63             | 3      | 6       | 6        | 16        | 9         |
| 125            | 6      | 11      | 15       | 8         | 10        |
| 250            | 13     | 19      | 25       | 16        | 19        |
| 500            | 21     | 39      | 38       | 47        | 36        |
| 1K             | 41     | 46      | 48       | 48        | 50        |
| 2K             | 33     | 39      | 45       | 48        | 49        |
| 4K             | 21     | 23      | 23       | 39        | 24        |
| 8K             | 13     | 14      | 14       | 34        | 17        |





lindab | we simplify construction

## Mineraalvill või Polüester?

| Ø 160 - 900 mm |                          |                       |                             |                          |
|----------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Hz             | PVA 50<br>(mineraalvill) | PVD 50<br>(polüester) | KVAP 1000<br>(mineraalvill) | KVDP 1000<br>(polüester) |
| 63             | 3                        | 3                     | 16                          | 15                       |
| 125            | 6                        | 7                     | 8                           | 10                       |
| 250            | 13                       | 10                    | 16                          | 12                       |
| 500            | 21                       | 14                    | 47                          | 25                       |
| 1K             | 41                       | 27                    | 48                          | 31                       |
| 2K             | 33                       | 22                    | 48                          | 27                       |
| 4K             | 21                       | 16                    | 49                          | 27                       |
| 8K             | 13                       | 14                    | 34                          | 22                       |



lindab | we simplify construction

## Kuidas summutajaid võrrelda?

Seda, millise summutaja peame valima, näeme siis, kui oleme teostanud süsteemi müraarvutuse.

Summutajate tabelite omavaheline võrdlemine ütleb ainult seda, kas üks summutaja on konkreetsetes sagedustes teisest parem, aga mitte seda, et kehvemate väärtustega summutaja ei sobi.

Näide: Kliendil oli korteriagregaat CASA R 120 ja igasse tuppa viivale kanalile oli ette nähtud ka sekundaarne summutaja ruumist ruumi leviva müra tõkestamiseks. Tegime arvutuse ja näitasime, et piisab, kui kasutada PVA 160-600-50 summutajat agregaadiga järel ja PVA 125-900-50 ruumide ees, täidame  $L_p=25$  dB(A) nõude.



Tellijaga võrdles projektijärgse KVAP tüüpi summutaja tabelit ja nägi et sumbumise väärtustes on vahe sees. Kui tegime süsteemi müraarvutuse, oli mõlemal juhul tulemuseks  $L_p=24$  dB(A).





lindab | we simplify construction

## Kandiline summutaja ümara ühendusega

LRCB



KVAP-1



KVAP-5



- **LRCB kasutuskohad:**

- Veidi parem sumbuvus kui ümaratel 50mm koorikuga summutajatel
- Vaiksemate agregaatide juures saab kasutada põhisummutajana
- Kõige odavam

- **KVAP kasutuskohad:**

- Head omadused enamike väike agregaadide müra ning VAV klapi müra summutamiseks
- Ruumist ruumi leviva müra summutamiseks



lindab | we simplify construction

## Nurga summutaja ümara ühendusega

KVDP 90-K



KVDP 90-L

- KVDP 90L and 90K, summutusmaterjal Acutec polüester
- Väikeste agregaatide juures võib olla kasutusel kui peamine või teiseastme summutaja
- Head omadused ruumist ruumi leviva müra summutamisel
- Mõõdud Ø100-200 mm
- pikkused 600 ja 1000 mm





## Ümarad mürasummutajad



PVA

- PVA kest lehtterasest
- Summutusmaterjaliks klaasvill
- Kasutus kas põhi või harusummutajatena
- spetsiaalne kangas villa ja perforereeritud plaadi vahel, et takistada villakiu lendumist ja eluruumidesse sattumist



## Nurgasummutaja vs sirge

Kui on võimalik valida, siis alati on kõige odavam ja ka rõhukao suhtes kõige energiasäästlikum üks ja vajadusekohaselt pikk summutaja SLRS



SLRS

Kui ei ole ruumi, tehke näiteks ühe kahemeetrise asemel 2 tk ühemeetriseid summutajaid SLRS. Hinnatõus sellest u. 20-30 %

Kõige kallim on nurgasummutaja, mida kasutada ainult siis kui kuidagi muudmoodi ära ei mahu. Hinnatõus sama tulemuse saamiseks võib olla 50-70 %



BDLD





lindab | we simplify construction

## Agregaadi ja summutaja seos

Juhtum eramajas: valida oli kahe erineva agregaadi vahel, üks oli  $L_w=55$  ja teine 61 dB(A) s.p. kanalimüra.

| Exhaust | Exhaust | Attenuation |
|---------|---------|-------------|
| 64      | 73      | 6           |
| 62      | 69      | 7           |
| 62      | 56      | 10          |
| 63      | 43      | 18          |
| 45      | 41      | 28          |
| 40      | 27      | 24          |
| 29      | 18      | 13          |
| 11      | 12      | 10          |
| 61      | 55      |             |

Et saavutada ruumis 32 dB, tuli esimesel juhul kasutada LRCA 160-500.

Võiks eeldada, et teisel juhul oleks vaja pikemat summutajat, aga ei.

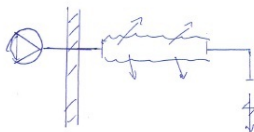
Põhjus, miks ka 61 dB puhul sobis sama LRCA 160-500 on selles, et selle 61 dB tekitasid keskmised Hz, mis on väga hästi neelduvad LRCA summutajas.



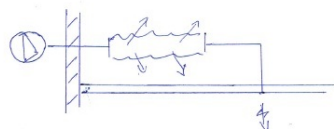
lindab | we simplify construction

## Müra summutajate test

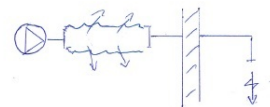
- Hoiatus painduva müra summutaja kohta:**



Ei sobi kasutamiseks samas ruumis, kus inimesed viibivad.



Sobib ainult siis kui ripplagi on hästi helineelav täies ulatuses (avadeta)



Summutab hästi, kui asub (väga hea heliisol.) seinaga eraldatud ruumis, kus inimesed ei viibi.





## Helivõimsus peale summutajat

Üldjuhul on kanalis mürasid hajumine kõige tundlikuma punktini 5-7 dB.

Korterite puhul on kanalis mürasid hajumine 3 dB.

Aulad või ruumid, mida teenindab 1 agregaat ja kogu õhk suundub samasse ruumi, ei soovita üldse kanalis mürasid hajuvust arvesse võtta.

Kui summutaja omamüra on üle 10 dB väiksem, kui läbi summutaja tulev seadme müra, ei oma see olulist mõju summeeruvale müratasemele.

| Soovitav helirõhutase ruumis | Helivõimsuse tase mida võiks saavutada peale summutajat erinevate õhujaoajate puhul |              |              |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|
|                              | Difuuser + kast                                                                     | Plafoon      | Laminaar     |
| Lp=35 dB(A)                  | Lw= 48 dB(A)                                                                        | Lw= 52 dB(A) | Lw= 45 dB(A) |



## Lihtsustatud müra muutumise skeem vent süsteemis:

|                  | sumbub/tekib dB | müratase Lw=dB(A) pärast elementi |
|------------------|-----------------|-----------------------------------|
| Ventilaator      | 0               | 75                                |
| Põhisummutaja    | - 25            | 50                                |
| Vent kanal       | - 5             | 45                                |
| <b>VAV klapp</b> | <b>+ 50</b>     | <b>52</b>                         |
| VAV summutaja    | - 10            | 42                                |
| Difuuser+kast    | - 7             | 35                                |
| Ruumi neelduvus  | - 3             | 33                                |

Möödetav müratase ruumis  $L_p = 33 \text{ dB(A)}$





lindab | we simplify construction

## Müra sumbumine erinevates õhujaotajates

| Hz  | Plafoon<br>Ø125 | Perf. difuuser<br>Ø200 | Perf. dif+ kast<br>Ø200-160 | Rest + kast<br>300x150-Ø200 | Laminaar<br>Ø250 |
|-----|-----------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------|
| 63  | 20              | 14                     | 14                          | 16                          | 12               |
| 125 | 16              | 10                     | 14                          | 12                          | 8                |
| 250 | 11              | 7                      | 7                           | 8                           | 5                |
| 500 | 9               | 7                      | 21                          | 10                          | 2                |
| 1k  | 9               | 1                      | 15                          | 10                          | 1                |
| 2k  | 7               | 1                      | 16                          | 11                          | 1                |
| 4k  | 6               | 3                      | 18                          | 11                          | 1                |
| 5k  | 5               | 3                      | 19                          | 12                          | 1                |

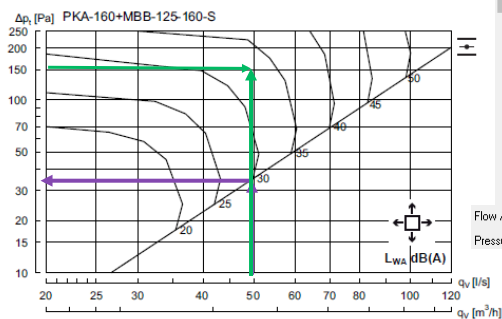


## Õhujaotajad ja müra

lindab | we simplify construction

### Näide õhujaotaja mürakarakteristikust

Sumbumine ei muutu õhuhulga muutumisega!  
Küll aga muutub omamüra.



| Attenuation    | Sound generation | Attenuation    | Sound generation |
|----------------|------------------|----------------|------------------|
| 12             | 37               | 12             | 41               |
| 13             | 33               | 13             | 39               |
| 8              | 30               | 8              | 33               |
| 19             | 26               | 19             | 28               |
| 13             | 25               | 13             | 28               |
| 16             | 17               | 16             | 23               |
| 17             | 4                | 17             | 20               |
| 19             | -7               | 19             | 13               |
|                | 29               |                | 33               |
| Flow / device: | 50 l/s           | Flow / device: | 50 l/s           |
| Pressure drop  | 34 Pa            | Pressure drop  | 150 Pa           |





lindab | we simplify construction

## Jahutuspalgid ja klapi müra

Jahutuspalgid töötavad reeglina rõhuga 60-80 Pa.  
Harva ka kõrgematel rõhkudel 100 Pa

Plafooni kasutamine samal harul koos  
jahutuspalgiga nõukas ligi 70 Pa klapi  
drosseldamist, mis võib olla müra seisukohalt  
problemaatiline.

Küll aga saab kasutada jahutuspalkidega samal  
harul Lindabi MBB tasanduskastiga õhujaotajaid,  
sest MBB reguleerib 150 Pa ja rohkem, enne kui  
ületab  $L_w=35$  dB(A) omamüra taseme.

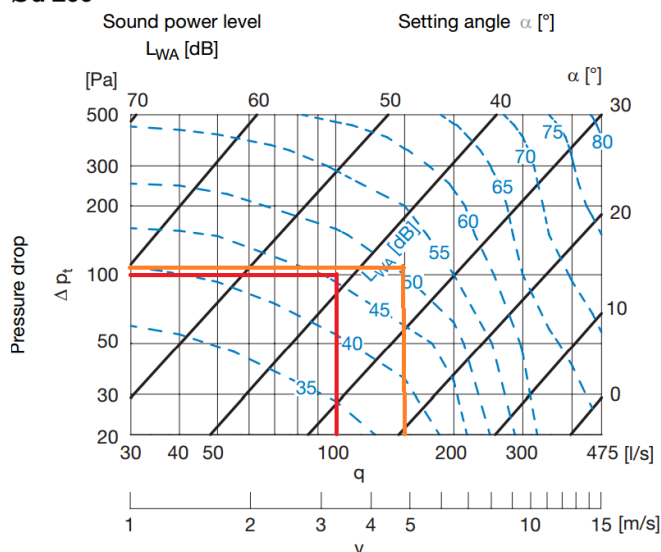
Ruumisumbuvusega 4 dB, teeks see  $L_p=31$  dB(A)



lindab | we simplify construction

## VAV klappide müra

Ød 200



VAV klapi tööpunkt müra  
hindamiseks u.100 Pa

iga 1 m/s lisa annab u. +3 dB

Kuna VAV klapp võib tekitada  
max vooluhulka kontrollides ja  
samal ajal kanalis olevat rõhku  
drosseldades müra 50-65 dB,  
peab kasutama VAV klapi järel  
summutajat, millel oleks  
võimalikult hea sumbumine  
kõikides sagedustes.

Kui VAV klapp asub müra-  
nõudlikus ruumis, tuleb valida  
isoleeritud kesta VAV klapp





lindab | we simplify construction

## VAV klapi mürasummutajatest

KVAP



Kui õhukiirus on vähem kui 3,0 m/s

- Soovitan ümara korpusega summutajatest PVA xxx-600-50
- Kandilise korpusega ümarkanali summutajatest KVAP xxx-600-1

PVAP



Kui õhukiirus on 3,0 - 5,0 m/s

- Kuni mõõduni Ø250 summutajaid KVAP xxx-1000-1
- Alates Ø315 mõõdust PVAP xxx-900-100 või LRBCB xxx-1000

LRBCB



Suurematel õhukiirustel kindlasti täpsemalt kontrollida sagedusribade järgi nii tekkimist kui summutaja võimekust saavutada rahuldav tulemus



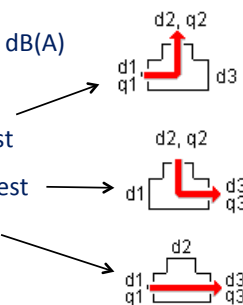
lindab | we simplify construction

## Müra hajumine kanalis

Vent.kanalis hajub müra sõltuvalt kanali ehitusest 5 - 20 dB(A)

Kolmik on peamine müra vähendav element:

- peakanalist väljavõttel on iga Ø aste u. 2 dB summutust
- peakanali T hargnemine u. 3 dB(A), sõltumata suurustest
- läbi kolmiku edasi liikuva õhu sumbuvus 1-2 dB



Kriitilisemad punktid on kõige lähem ruum, kanali lõpu ruum ning ruumid kus kasutakse väikese sumbuusega õhujaotajaid (näiteks laminaarid)

Kandiline kanal üle 500 mm küljemõõduga võib olla müratekitajaks

Ümarkanal oluliselt ei tekita ega summuta müra





lindab | we simplify construction

## Müra tekkimine klappides

Kui klapi tekitav omamüra on väiksem kui 10 dB võrreldes süsteemis oleva müratasemega, ei ole klapile summutajat vaja.

Reglueerklappe kasutatakse tihti ruumi siseneval harul ning selleks hetkeks on püütud juba müra maha saada u.40 dB(A) juurde.

Suuremate rõhkude ja üle 40 dB(A) müra maha saamiseks enne ruumi, tuleks lisada klapi järele summutaja.

Häirivaks võib osutuda ka läbi ventkanali ruumi kostuv klapi tekitatud müra

IRIS



| 100 l/s; 3,2m/s | Avatud asend | 50 Pa    | 70 Pa    |
|-----------------|--------------|----------|----------|
| IRIS Ø 200      | 32 dB(A)     | 36 dB(A) | 40 dB(A) |
| DRU Ø 200       | 33 dB(A)     | 40 dB(A) | 42 dB(A) |

DRU



lindab | we simplify construction

## Katuse läbiviigud

Läbiviigu ristlõike keske summutusplaadita ei oma läbiviik olulist mõju müra vähenemisele.

Väiksematel mõõtudel võib-olla 2-3 dB.

Üle 500 küljepikkusega ehk 1 dB.

Kuigi seda ei näe ette läbiviikude paigaldus- kasutusjuhend, kasutatakse praktikas tavalisi summutajaid läbiviigu kohas ning tihendatakse, kinnitatakse ja isoleeritakse vastavalt olukorrale.





lindab | we simplify construction

## Arvutusnäide helirõhu kujunemisest ruumis

Tegelik helirõhu tase  $L_p$  [dB] on vahe helivõimsuse  $L_w$  [dB] ja ruumi sumbuuse  $D$  [dB] vahel

Näide:

Ruum mõõtmega 10 x 7 x 2,5 m (pehme sisustusega)

4 õhujaotajat laes, igaüks helivõimsusega  $L_w = 29$  dB(A)

Mis on helirõhutase  $L_p$  1,5 m kõrgusel põrandast?

4 samasugust müraallikat annavad müralisa 6 dB

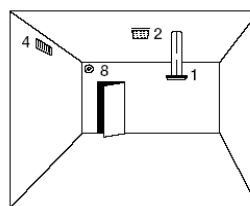
Kogu helivõimsuse tase on seega  $L_w = 29 + 6 = 35$  dB (A)



lindab | we simplify construction

## Arvutusnäide helirõhu kujunemisest ruumis

Olgu meil õhujaotajate  
asetsemine laes.  
Seega on asendifaktor 2



Mõõtmispunktis 1m  
kaugusel õhujaotajatest on  
asukohakordaja  
 $1[m] \times 1,4 = 1,4$

| n | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 15  |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Q | 1.0 | 1.4 | 1.7 | 2.0 | 2.2 | 2.4 | 2.6 | 2.8 | 3.0 | 3.2 | 3.9 |
| 1 | 1.0 | 1.4 | 1.7 | 2.0 | 2.2 | 2.4 | 2.6 | 2.8 | 3.0 | 3.2 | 3.9 |
| 2 | 0.7 | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.7 | 1.9 | 2.0 | 2.1 | 2.2 | 2.7 |
| 4 | 0.5 | 0.7 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.9 |
| 8 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.1 | 1.4 |

Fig. 27, Direction factor for different placements of sound sources and the ratio between  $\sqrt{n} / \sqrt{Q}$  as a function of number of sound sources and direction factor (picture)





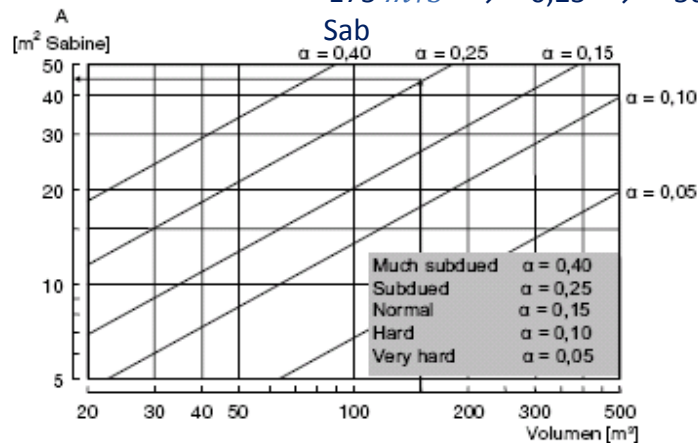
lindab | we simplify construction

## Arvutusnäide helirõhu kujunemisest ruumis

Ruumi mürasumбуvus

1. Kubatuur → kõvadus → neeldumispind

$175 \text{ m}^3 \rightarrow 0,25 \rightarrow 50 \text{ m}^2$

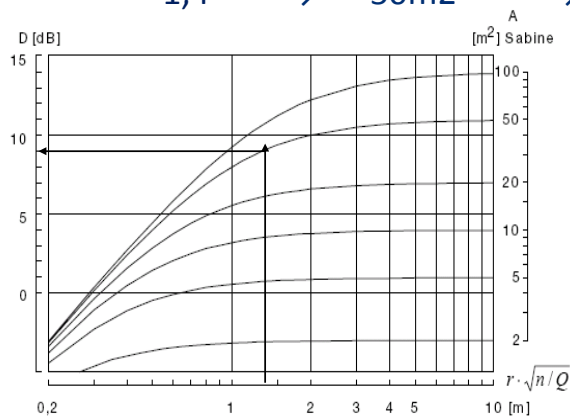


lindab | we simplify construction

## Arvutusnäide helirõhu kujunemisest ruumis

2. Asendifaktor → neeldumispind → sumбуvus

$1,4 \rightarrow 50 \text{ m}^2 \rightarrow 9 \text{ dB}$



VASTUS:

Helirõhutase 1,5 m kõrgusel

$L_p = 35 - 9 = 26 \text{ dB}$   
(A)



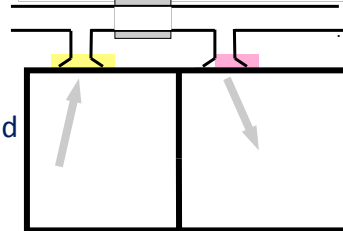
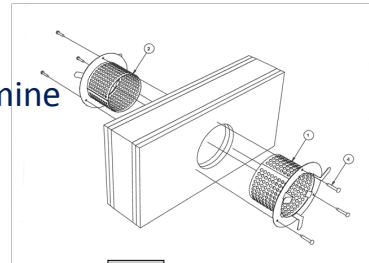


lindab | we simplify construction

## Ruumist-ruumi leviv müra

### Ruumist-ruumi leviva heli tõkestamine

1. Ruumi piirded massiivsed
2. Uksed tihenditega ja ilma õhupiluta
3. Helineelduvad kompensatsiooniõhu klapid
4. Õhukanali harudele mürasummutajad



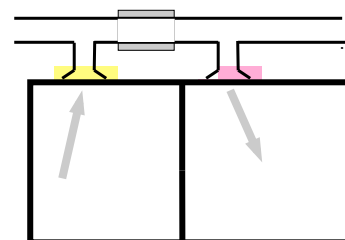
lindab | we simplify construction

## Ruumist-ruumi leviv müra

Hea rusika reegel oleks paigutada iga ruumi ette KVAP xxx-600-1 korterites.

Suuremat vaikuse nõuet omavates ruumides (riigisaladused, nõupidamiste ruumid) KVAP xxx-1000-1

Müra läbib teekonnal lähteruumi summutaja, kanalis hajumise u.3 dB ja kuulderuumi summutaja + kuulde ruumi õhujaotaja (ka tasanduskasti mõju)



KVAP





Täname tähelepanu eest!

Rain Siim