



Puukerrostalojen akustiikkasuunnittelu

TkL Mikko Kylliäinen, yksikönjohtaja

Ota yhteyttä

mikko.kylliainen@ains.fi

p. 040 641 8959

Yli **700** asiantuntijaa



Projekteja yli **60** maassa

10 %
vuotuinen
kasvu

Perustettu
1959

44 nettosuosittelemiseksi

Lean-koulutettuja **130**

9

Aluetoimistoa

Toimialoja

3



A-Insinöörit Suomessa

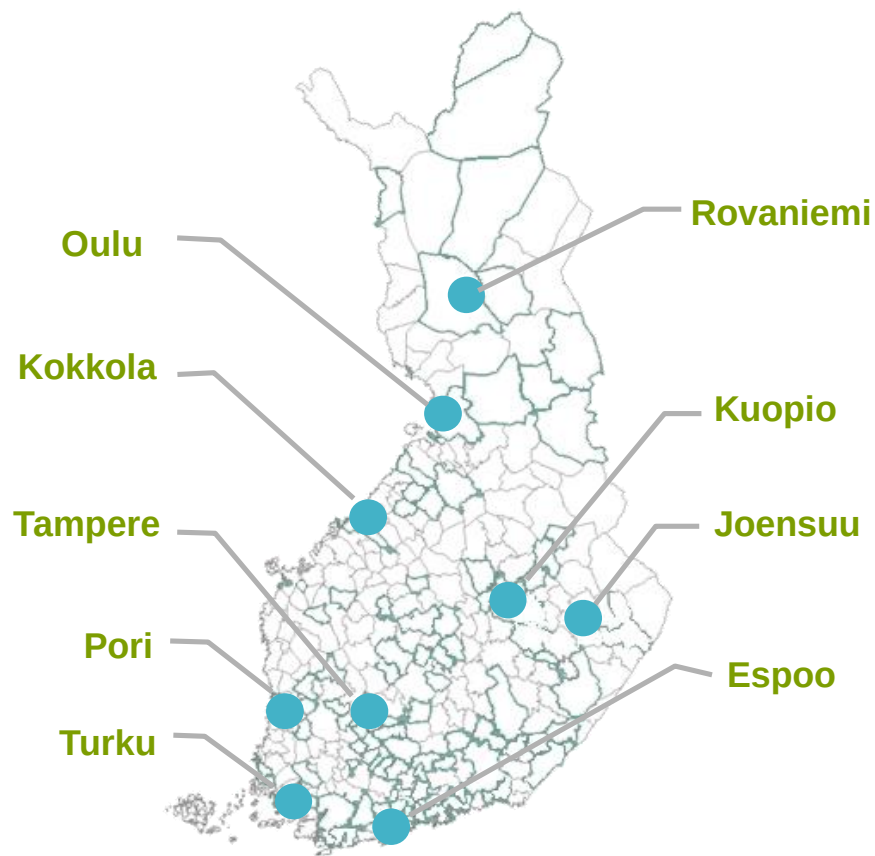
Rakennesuunnittelu
(370)

Rakennuttaminen
(150)

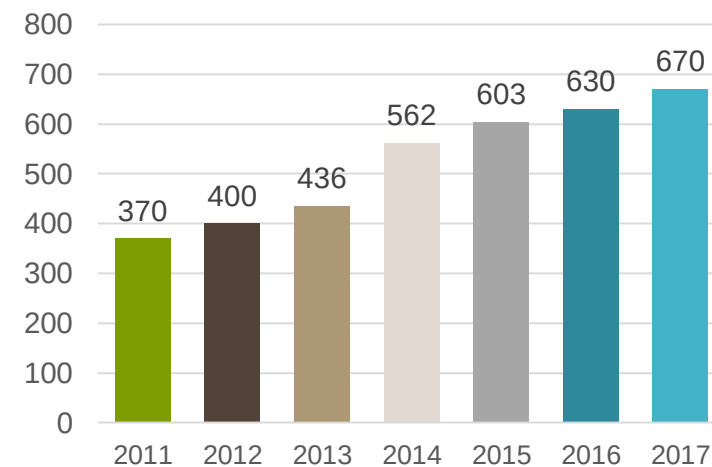
Civil Engineering
(180)

*Koko maan
kattava
palveluverkosto*

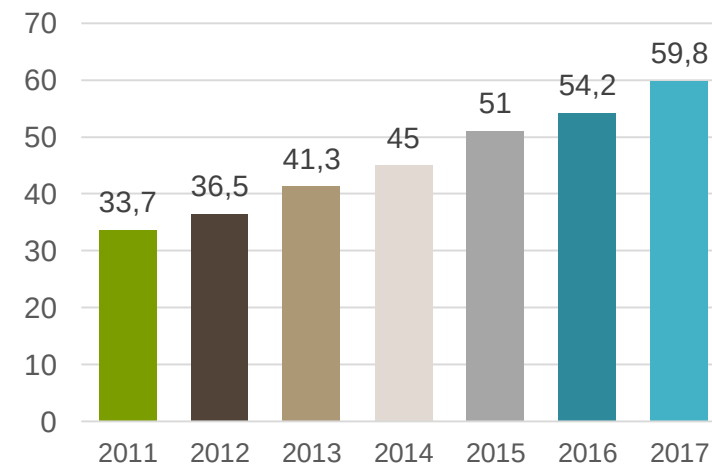
*Tavoitteena
kasvaa 1000
asiantuntijan
organisaatioksi*



Henkilöstön määrä



Liikevaihto (M€)



Kokemusta merkittävistä hankkeista vuosikymmenien ajalta



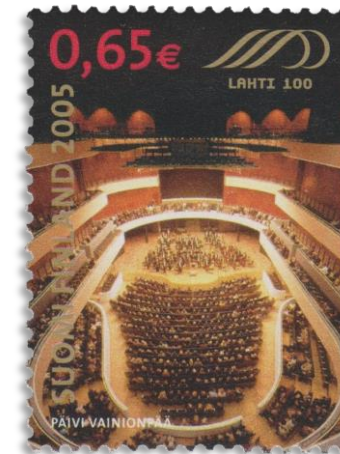
Näsineula (1971)
Rakennesuunnittelu



Tampereen pääkirjasto Metso (1986)
Rakennesuunnittelu



Tampere-talo (1990)
Rakennesuunnittelu



Sibeliustalo (2000)
Rakennesuunnittelu



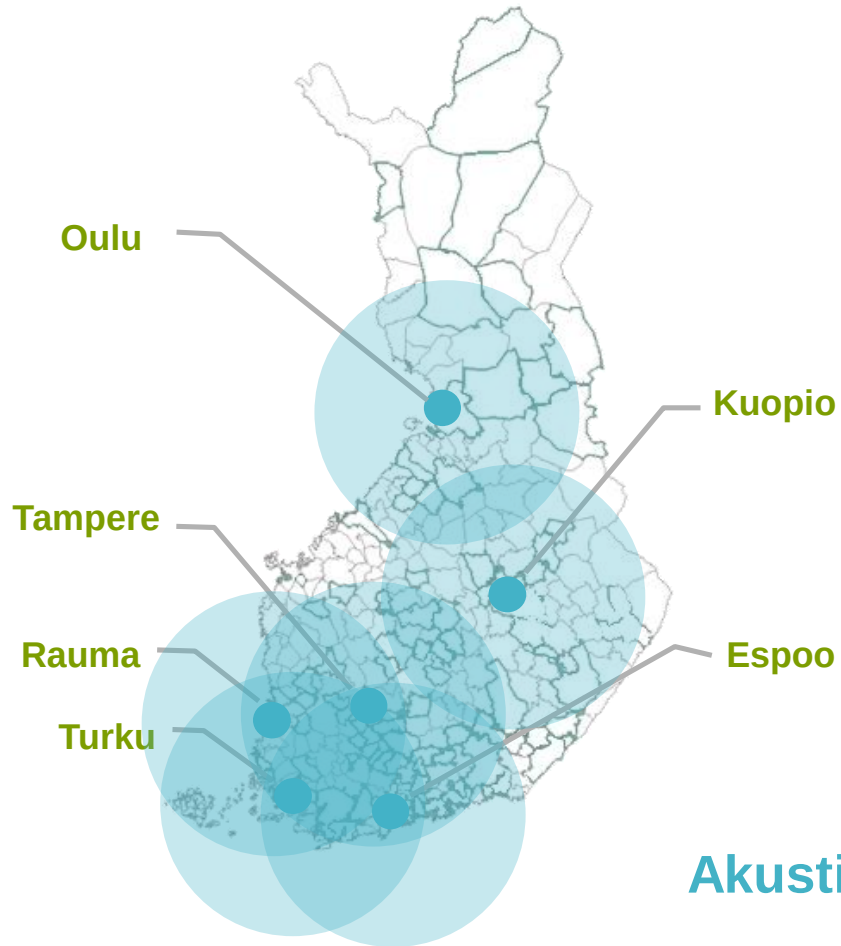
UKK-instituutti (1984)
Rakennesuunnittelu



Musiikkitalo (2011)
Rakennuttaminen

Akustiikkasuunnittelu

Akustiikkasuunnittelu numeroina



Kehityspanostus
suunnittelu-
teknologioihin

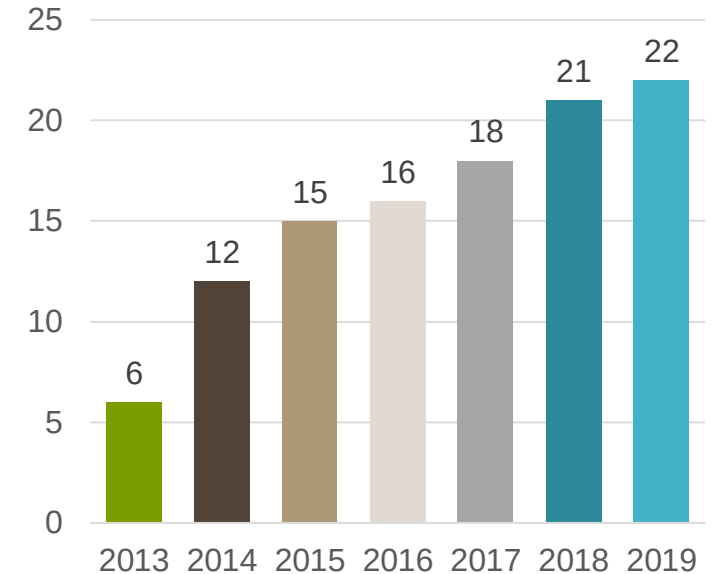
1100 h/v

Henkilöstöä koulutetaan
5,7 päivää vuodessa

Akustisia mittauksia vuodessa

> 900 kpl

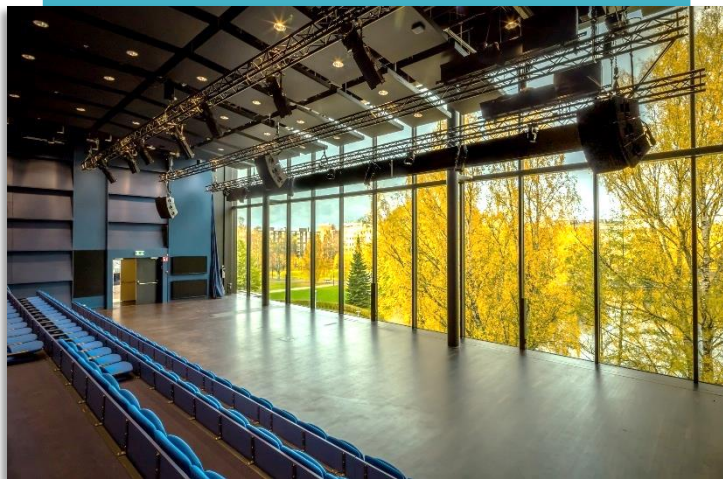
Henkilöstön määrä



FISE-pätevyydet

- ✓ Akustiikkasuunnittelu PV, V+, V, T
- ✓ Tärinäasiantuntija aa
- ✓ Rakennusfysiikka PV
- ✓ Betonirakenteet V+

Rakennusakustiikka



Kulttuurirakennukset

Oppilaitokset

Sairaalat ja terveystalot

Toimistot ja liiketilat

Asunnot ja hybridit

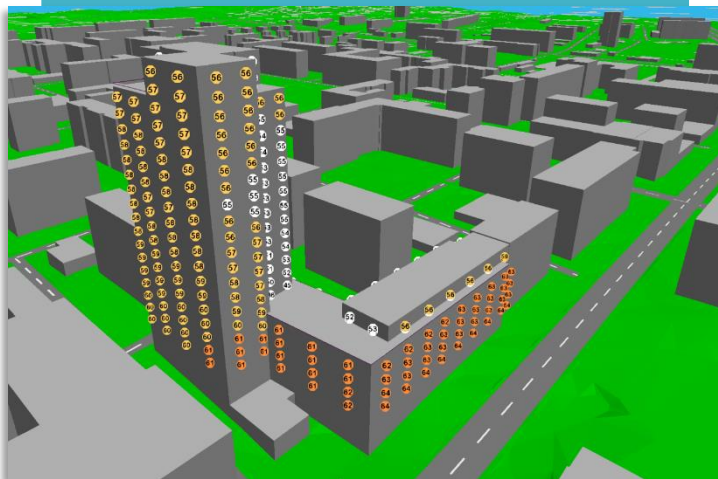
Puurakentaminen

Korjausrakentaminen

Liikuntatilat

Muut rakennukset

Melu ja värinä



Kaavoituksen meluselvitykset

Rakennuslupien meluselvitykset

Ulkovaipan ääneneristävyys

Parvekelasitusten mitoitus

Tärinä- ja runkomeluselvitykset

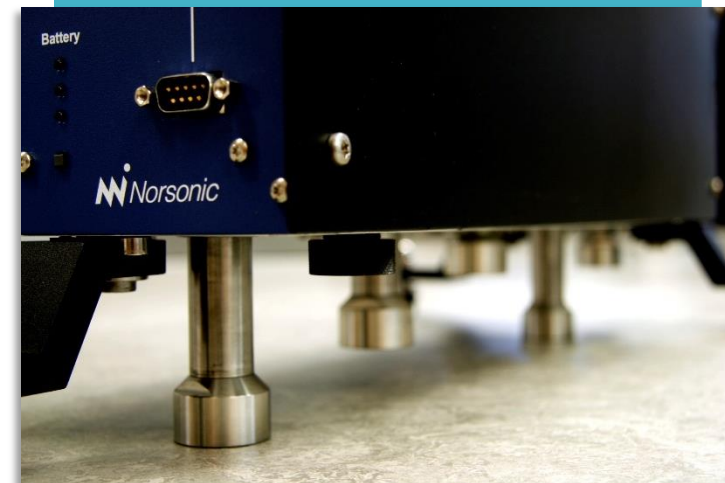
Eristinsuunnittelu

Työmaavalvonta

Väylien meluselvitykset

Teollisuuden meluselvitykset

Asiantuntijapalvelut



Akustiset mittaukset

Tutkimus

Tuotekehitys

Koulutus

Lausunnot

Kolmannen osapuolen tarkastus

Työympäristöjen kehittäminen

Puurakentaminen



Mansikkalan koulukeskus, Imatra (2017-)

Julkisia rakennuksia

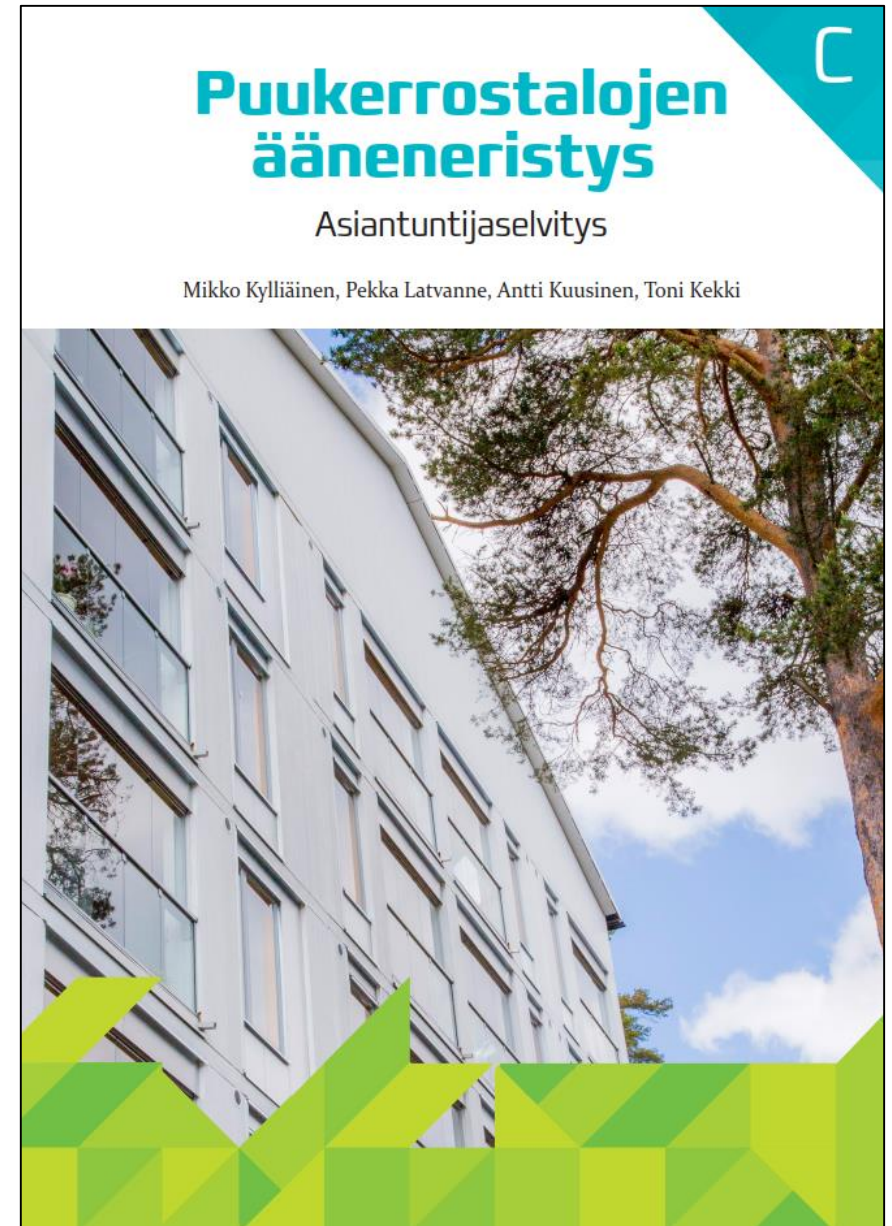
- Suomalais-venäläinen koulu, Helsinki (2018-)
- Mansikkalan koulukeskus, Imatra (2018-)
- Wood City, Supercellin pääkonttori, Helsinki (2017-)
- Sannarps grundskola, Halmstad (2017-)
- Ylikiimingin seurakuntatalo (2016-)

Puukerrostaloja

- HOAS Tuuliniitty, Espoo, ulkopolinen tarkastus, 12 krs (2018-)
- As Oy Tampereen Tohtori (2018-)
- As Oy Vantaan Kulorastas (2018-)
- As Oy Turun Amiraali 2 (2018-)
- As Oy Vantaan Voltti (2017-)
- As Oy Tuomarinkulma, Pori (2017-)
- As Oy Fleminginkatu 5, Turku (2017-)
- As Oy Tehtaanmäenkatu 7, Kerava (2017-)
- As Oy Järvenpään Sinfonia (2017-)
- As Oy Järvenpään Kvartetti (2017-)
- As Oy Tampereen Puolari, kaksikerroksinen korotus (2014-)
- BoKlok Sepänpäiä (2017)

Puukerrostalojen ääneneristys (asiantuntijaselvitys)

- Rahoittaja
 - Karelia-ammattikorkeakoulu Mikko Matveinen
- Toteutus 2017
 - A-Insinöörit Suunnittelu Oy Mikko Kylliäinen
Pekka Latvanne
Antti Kuusinen
Toni Kekki
- Puukerrostalojen ääneneristävyys suunnitteluopas
 - Rakennusliikkeille
 - Suunnittelijoille
 - Oppilaitoksille
- Julkaisu: <http://www.theseus.fi/handle/10024/132864>



Asiantuntemusta 22 hengen voimin



Yksikönjohtaja
Mikko Kylliäinen
Tekniikan lisensiaatti
p. 040 641 8959
mikko.kylliainen@ains.fi



Suunnittelujohtaja
Timo Huhtala
Diplomi-insinööri
p. 040 643 3762
timo.huhtala@ains.fi



Suunnittelupäällikkö
Jaana Jokitulppo
Filosofian tohtori
p. 040 630 3757
jaana.jokitulppo@ains.fi



Esityksen sisältö

- Ääniolosuhteiden vaikutukset
- Akustiikan peruskäsitteet
- Ilmaääneneristys
- Askelääneneristys
- Ulkovaipan ääneneristys
- Ääniympäristöasetus ja -ohje



Ääniolosuhteiden vaikutukset

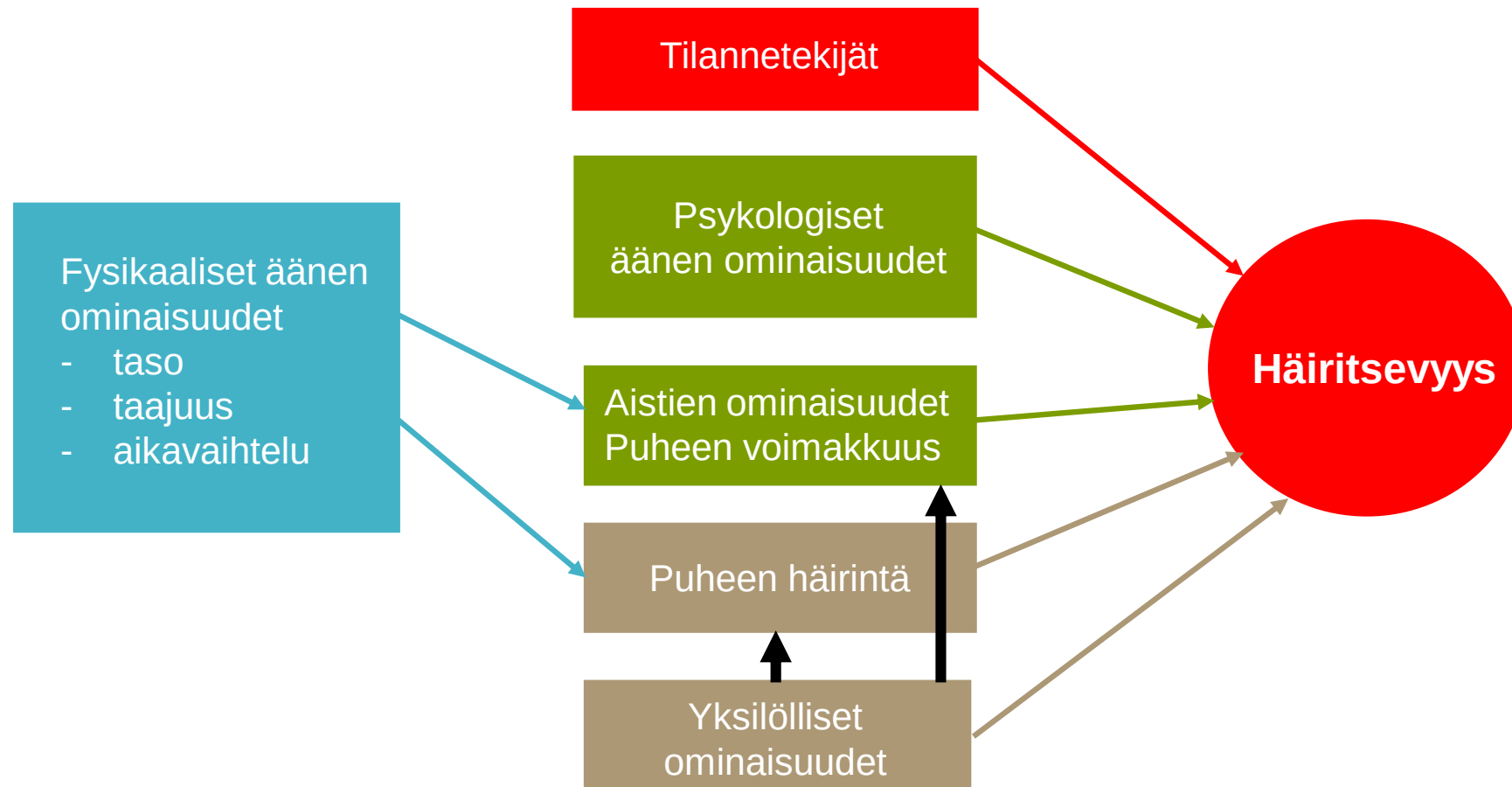
Äänet ovat meille tärkeitä!



Melun määritelmät

- Suomen lainsäädännön mukaan
 - Melu on ääntä, joka on ”terveydelle haitallista, ympäristön viihtyisyyttä merkityksellisesti vähentävää tai työntekoa merkityksellisesti haittaavaa ääntä taikka siihen rinnastettavaa tärinää”.
- Yksittäisen ihmisen ja ympäristön kannalta melu on ääntä, joka
 - on häiritsevää, epämiellyttävää ja tarpeetonta
 - rasittaa tai vahingoittaa elimistöä fyysisesti tai psyykkisesti
- Altistumisympäristön ja –tilanteen mukaan melu voidaan jaotella
 - asumismeluksi
 - työpaikkameluksi
 - vapaa-ajan meluksi
 - ympäristömeluksi

Melun häiritsevyyteen vaikuttavia tekijöitä



Melun häiritsevyyteen liittyviä ohjearvoja

Tilanne	Keskiäänitaso $L_{A,eq}$ [dB]	Säädös tai viite
Nukahtaminen ja musiikkimelu	25 dB	STMa 545/2015
LVIS-laitteiden äänitaso asunnoissa	28 dB	RakMK C1-1998
Yöaikainen melu asunnossa	30 dB	STMa 545/2015
Päiväaikainen melu asunnossa	35 dB	STMa 545/2015
Avotoimisto	40 dB	SFS 5907
Tuulivoimamelu ulkona	45 dB	VNa 1107/2015
Liikennemelun häiritsevyys (10 %)	50 dB	Tiedeakatemia
Melu ulkona päiväaikaan, verenpainetaudin kynnysarvo	55 dB	VNp 993/1992
Liikennemelun häiritsevyys (30 %)	60 dB	Tiedeakatemia
Puhelimen käyttö vaikeutuu	65 dB	Toppila
Altistumisen tarkastelu melutyössä	70 dB	VNa 85/2006
Altistumisen alaraja melutyössä	80 dB	VNa 85/2006

Pääkkönen, R., Kylliäinen, M., Mikkilä, A. 2016. Melun häiritsevyydestä. Ympäristö ja Terveys. Nro 5, s. 82–87.

Asumistyytyväisyys ja ääneneristävyys

Ääneneristysvaatimukset täyttävien asuntojen osuus 1955-2008

Aika	Ilmaääneneristävyys	Askelääneneristävyys	Tyytyväisiä asukkaita
1955–1959	81 %	86 %	74 %
1960–1967	47 %	65 %	60 %
1967–1976	50 %	46 %	Ei tuloksia
1976–1999	91 %	85 %	67 %
2000–2008	100 %	93 %	93 %

Lähde: Jesse Lietzén & Mikko Kylliäinen. 2014. Asuinkerrostalojen ääneneristävyiden vertailu vanhojen mittaustulosten perusteella. Helsinki, ympäristöhallinnon ohjeita 1/2014.



Akustiikkasuunnittelun tehtävät

- Akustisten olosuhteiden **hyvien vaikutusten vahvistaminen**
 - Esimerkiksi työntekoa ja terveyttä edistävien ääniolosuhteiden aikaansaaminen
 - Puheen ja musiikin kuuluvuuden ja erotettavuuden vahvistaminen
- Melun **epäsuotuisten vaikutusten vähentäminen**
 - Ääneneristys
 - Meluntorjunta
 - Kaiunnan poistaminen
 - Informaatiota sisältävän häiritsevän äänen vaimentaminen esimerkiksi avotoimistoissa

Akustiikan peruskäsitteet

Akustiikkasuunnittelun osa-alueet

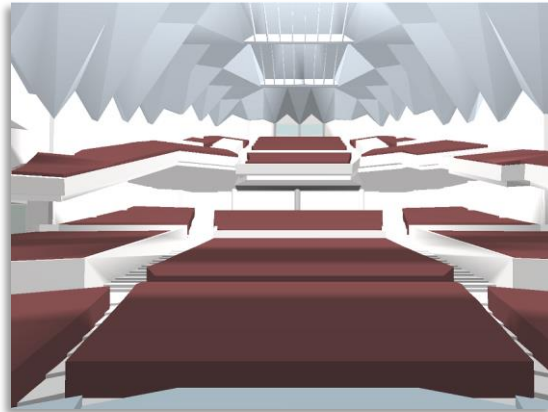
Huoneakustiikka

Tarkoitus

Tutkii äänen heijastumista, vaimenemista, leviämistä ja sirontaa saman tilan sisällä. Liittyy puheen selvyyteen, äänenkäyttöön ja musiikin sointiin.

Kohteet

Kulttuurirakennukset, oppilaitokset, sairaalat, toimistot, päiväkodit



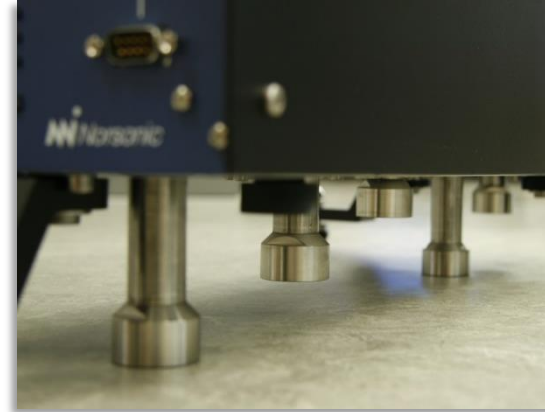
Ääneneristys

Tarkoitus

Vähentää puheen ja musiikin siirtymistä tilasta toiseen ja vaimentaa rakenteeseen kohdistuvien iskujen synnyttämää ääntä. Liittyy yksityisyyteen vastaanottohuoneissa, luottamuksellisiin keskusteluihin neuvottelutiloissa ja naapuriäänten häiritsevyyteen asuinrakennuksissa.

Kohteet

Asuinrakennukset, kulttuuri-rakennukset, toimistot, sairaalat

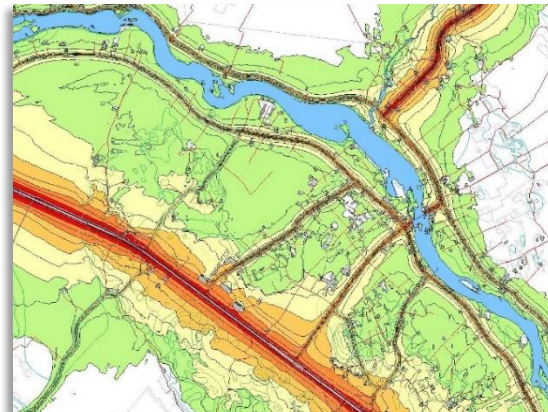


Tarkoitus

Vähentää liikenne- ja muun melun leviämistä ja vaimentaa rakennuksen teknisten järjestelmien aiheuttamaa ääntä

Kohteet

Maankäytön suunnittelu eri vaiheissaan ja erityisesti asuinrakennukset, sairaalat (varavoimakoneet, ilmastointilaitokset), helikopterikentät, teollisuusrakennukset



Meluntorjunta

Tarkoitus

Eristää pyörivät ja liikkuvat laitteet rakennuksen rungosta tai rakennuksen värähtelevästä maaperästä ratojen varsilla.

Kohteet

Asuinrakennukset, kulttuurirakennukset, toimistot, sairaalat (tärinäherkät kuvantamislaitteet), tutkimuslaitokset (tärinäherkät tutkimuslaitteet), studiot, helikopterikentät



Tärinän- ja runko-meluneristys

Esimerkki: Turun T3-sairaala

Huoneakustiikka

Käytävät Ruokalat Aulat	Melutason alentaminen
-------------------------------	--------------------------

Neuvottelutilat Auditoriot	Puheen erotettavuus
-------------------------------	------------------------

Potilashuoneet Avotoimistot Tarkkailutilat	Puheen leviämisen vaimentaminen
--	------------------------------------

Kuulontutkimushuoneet

Meluntorjunta

Tieliikennemelu
Raideliikennemelu
Helikopterimelu
Ilmanvaihtojärjestelmä
Varavoimakoneet

Ääneneristys

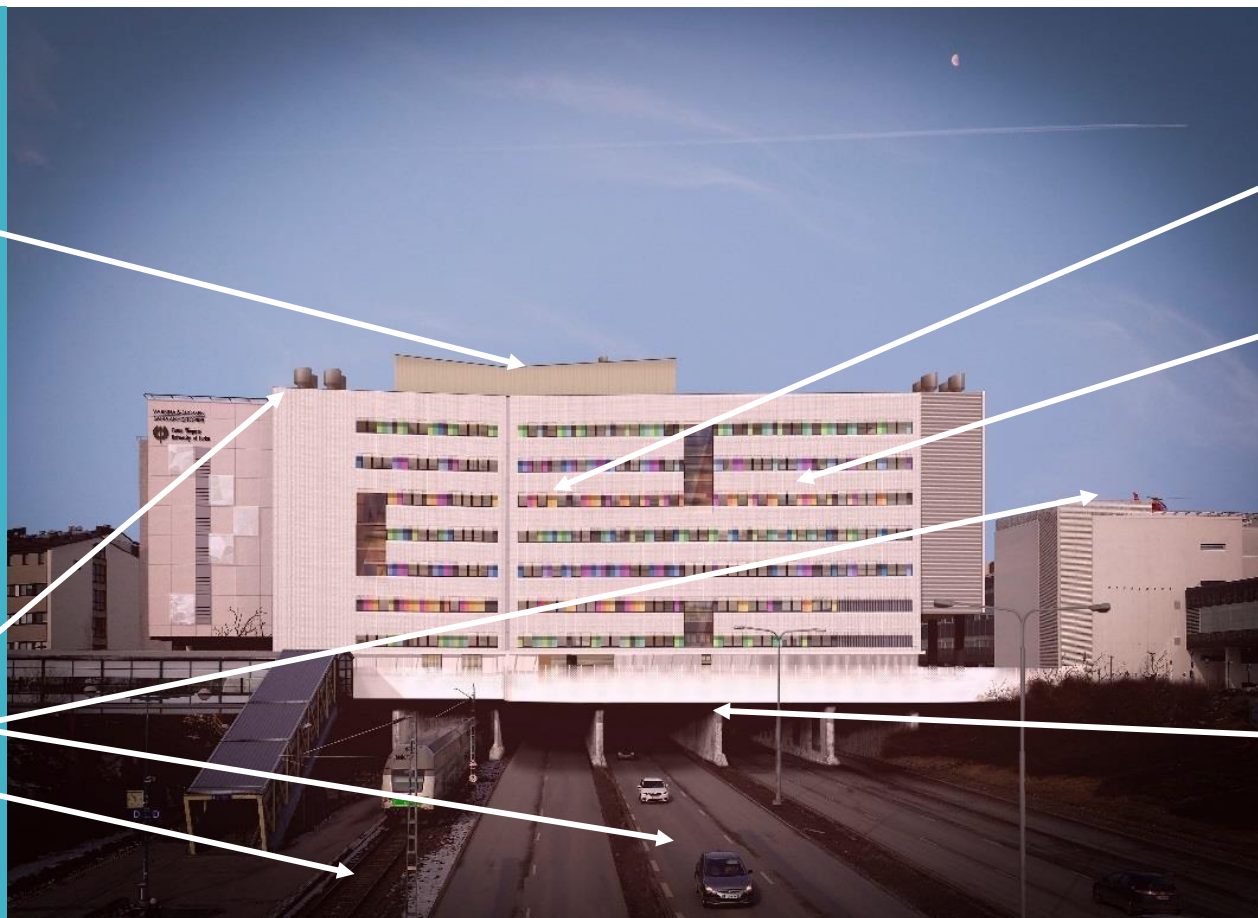
Potilashuoneet Vastaanottohuoneet Neuvotteluhuoneet	Yksityisyys
---	-------------

Auditoriot Perhehuoneet IV-konehuoneet	Melun leviämisen rajoittaminen
--	-----------------------------------

Kuvantaminen
Välinehuolto
Kuulontutkimushuoneet

Tärinäneristys

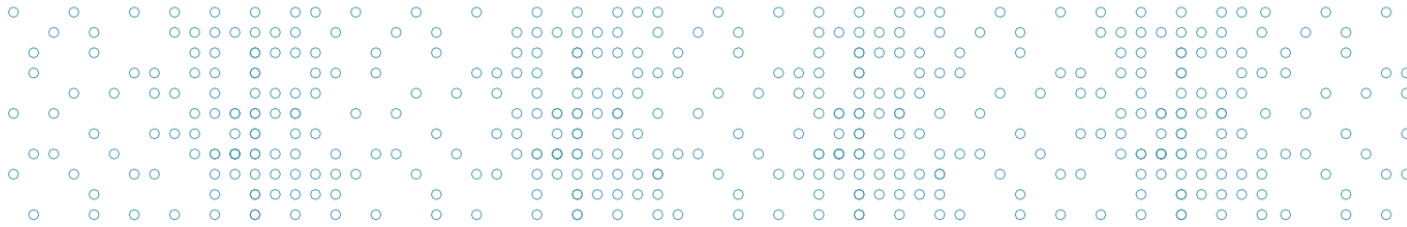
Raideliikenteen tärinä ja
runkomelu
Kuvantamislaitteet
Ilmanvaihtojärjestelmä
Helikopterikenttä



Arkkittehtiryhmä Reino Koivula Oy ja Schauman Arkkitechdit Oy

Mitä ääni on?

- Ilmanpaineen vaihtelua staattiseen ilmanpaineeseen nähden
- Eteneminen pitkittäisaaltona ilmassa



- Taajuus kuuloalueella 20-20000 Hz

Äänenpainetaso

- Äänenpaine p = ilmanpaineen muutos staattiseen ilmanpaineeseen nähden
- Pienin kuultavissa oleva äänenpaine eli kuulokynnys $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$
- Kipukynnyksen äänenpaine 20 Pa
- Äänenpainetaso [dB]:

$$L_p = 10 \log_{10} \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \log_{10} \frac{p}{p_0}$$

Desibeliskaala

Äänenpainetaso L_p	Ääni
0 dB	Kuulokynnys
20 dB	Hiljainen asuinhuoneisto
45 dB	Toimistotyöympäristö
60 dB	Normaali puhe
80 dB	Hämeenkatu
100 dB	Piikkaus
120 dB	Kipukynnys
140 dB	Suihkukone (vieressä)

Logaritmisien asteikon merkitys 1/3

- N kpl äänilähteitä, joiden kaikkien äänenpainetaso $L_{p,1}$
=> äänenpainetaso yhteensä $L_{p,2} = L_{p,1} + 10 \log_{10}(N)$
- Tilassa yksi äänilähde , joka tuottaa äänenpainetasoksi 50 dB

Äänilähteiden määrä	Äänenpainetaso $L_{p,2}$ [dB]
♪	50 dB
♪ ♪	53 dB (50 + 3) dB
♪ ♪ ♪ ♪	56 dB (50 + 6) dB
♪ ♪ ♪ ♪ ♪ ♪ ♪ ♪ ♪ ♪ ♪	60 dB (50 + 10) dB
100 x ♪	70 dB (50 + 20) dB
1000 x ♪	80 dB (50 + 30) dB

Logaritmisen asteikon merkitys 2/3

- N kpl samanlaisia äänilähteitä, jotka yhdessä tuottavat äänenpainetason $L_{p,1}$
 => kun n äänilähdettä poistetaan, äänenpainetaso

$$L_{p,2} = L_{p,1} + 10 \log_{10}((N-n)/N)$$
 - Tilassa 10 samanlaista äänilähdettä, joka tuottavat yhteensä äänenpainetasoksi 50 dB
- | Äänilähteiden määrä | Äänenpainetaso $L_{p,2}$ [dB] |
|-----------------------|-------------------------------|
| ♪ ♪ ♪ ♪ ♪ ♪ ♪ ♪ ♪ ♪ ♪ | 50 dB |
| ♪ ♪ ♪ ♪ ♪ ♪ ♪ ♪ ♪ | 49,5 dB |
| ♪ ♪ ♪ ♪ ♪ ♪ ♪ | 49 dB |
| ♪ ♪ ♪ ♪ | 47 dB |
| ♪ | 40 dB |

Logaritmisien asteikon merkitys, 3/3

- Kaksi äänilähdettä, joista toisen tuottama äänenpainetaso $L_{p,1} = 30$ dB ja toisen äänenpainetaso $L_{p,2}$ vaihtelee

Äänilähde 1	Äänilähde 2	L_p yhteensä
30 dB	100 dB	100,000 dB
30 dB	60 dB	60,004 dB
30 dB	50 dB	50,043 dB
30 dB	40 dB	40,414 dB
30 dB	30 dB	33,010 dB
30 dB	20 dB	30,009 dB

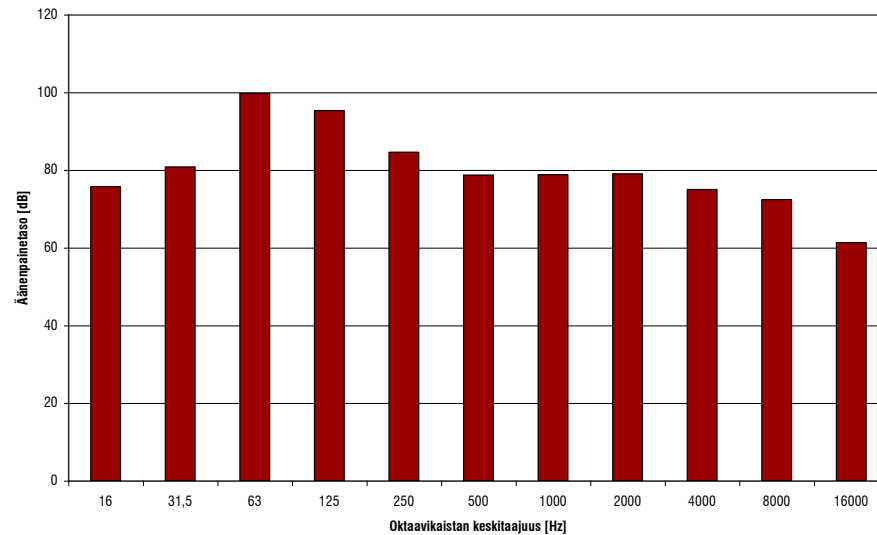
Sovellus puukerrostalon ääneneristävyyteen

- Äänen yhden kulkureitin huomioon ottaminen ei riitä
 - Rakenteiden laboratoriossa mitattuja ääneneristysarvoja ei voida suoraan käyttää rakennusten suunnittelussa
 - Äänen kaikki kulkureitit on otettava huomioon
 - Jos yksi äänen kulkureitti on muita merkittävämpi, se ratkaisee kokonaan ääneneristävyyden tilojen välillä
- Sivutiesiirtymä: äänen siirtyminen tilasta toiseen muita reittejä kuin tiloja erottavan rakenteen kautta
 - Liitosten tiiviys ja katkot huoneistojen rajalla: ääni ei ohita tiloja erottavia rakenteita

Taajuuskaistat

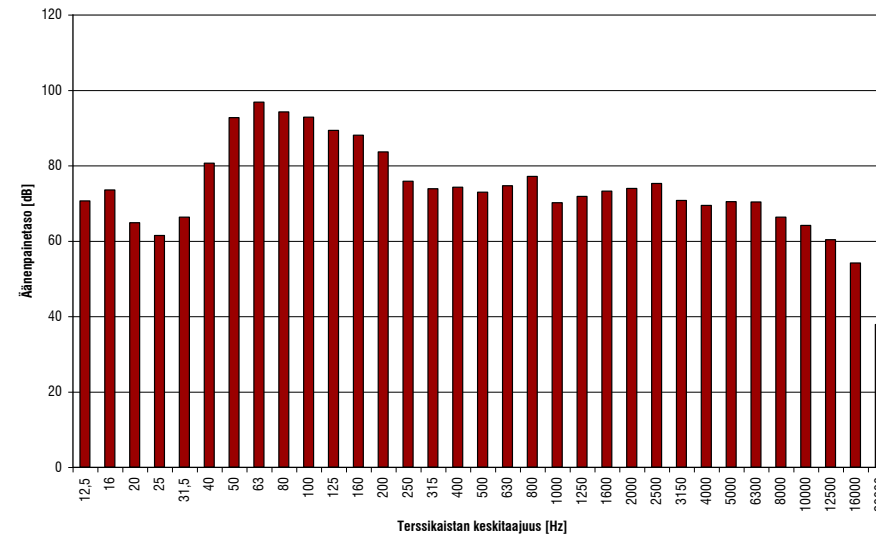
Oktaavikaistat

- Huoneakustiikka
- Meluntorjunta



Kolmannesoktaavikaistat

- Ääneneristys

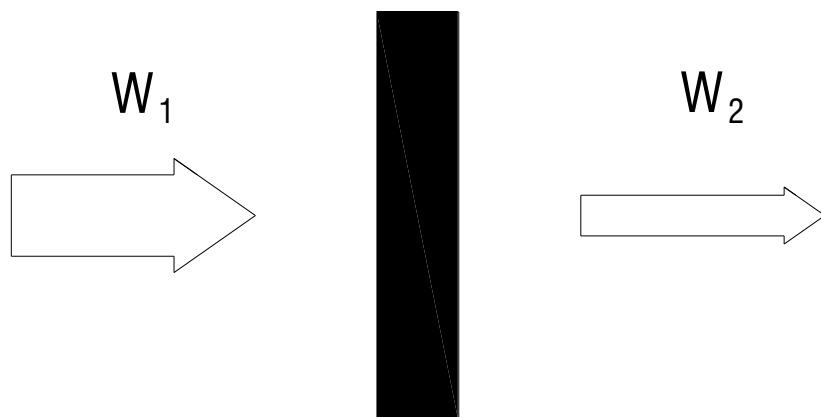


Ilmääneneristys

Ilmaääneneristysten tarkoitus

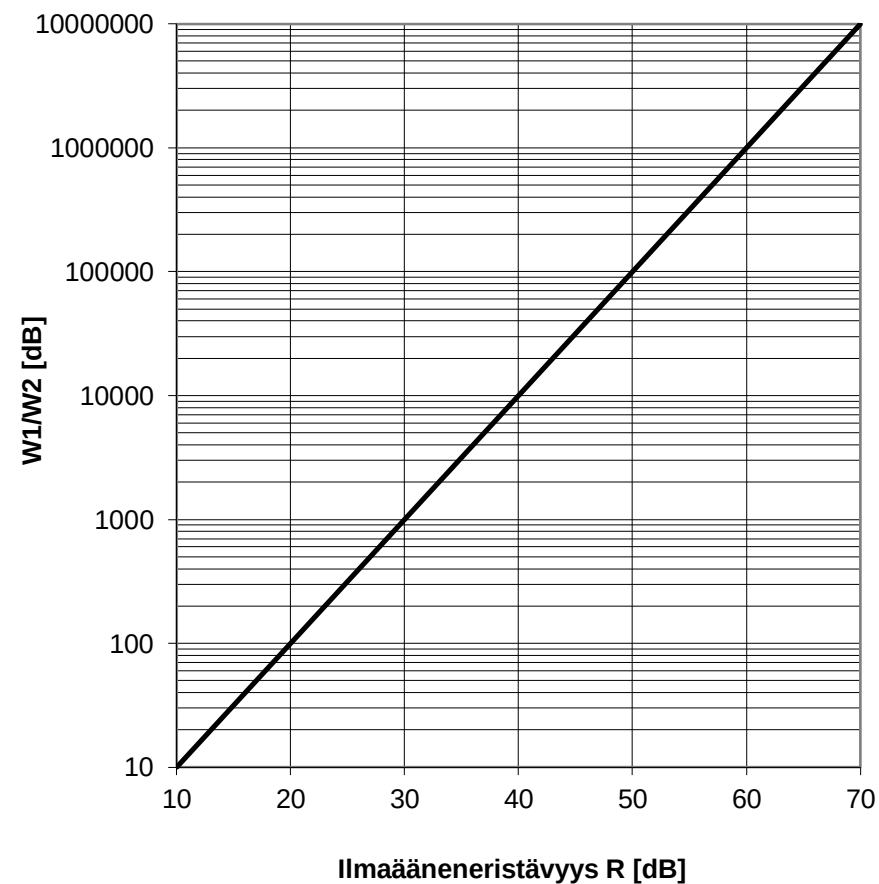
- Äänilähteenä ilmaan synnytetty ääni
 - puhe, huuto
 - laulu, soitinmusiikki
 - äänentoistolaitteet
 - asumismelu
 - teknisten järjestelmien tuottama melu
- Ilmaääneneristysten tarkoituksena vähentää äänitehon siirtymistä tilasta toiseen
 - tiloja erottavan rakenteiden kautta
 - tiloja erottavaa rakennetta sivuavien rakenteiden kautta
 - muiden reittien kautta (esim. LVIS-järjestelmät)

Ilmaääneneristävyyden määritelmä

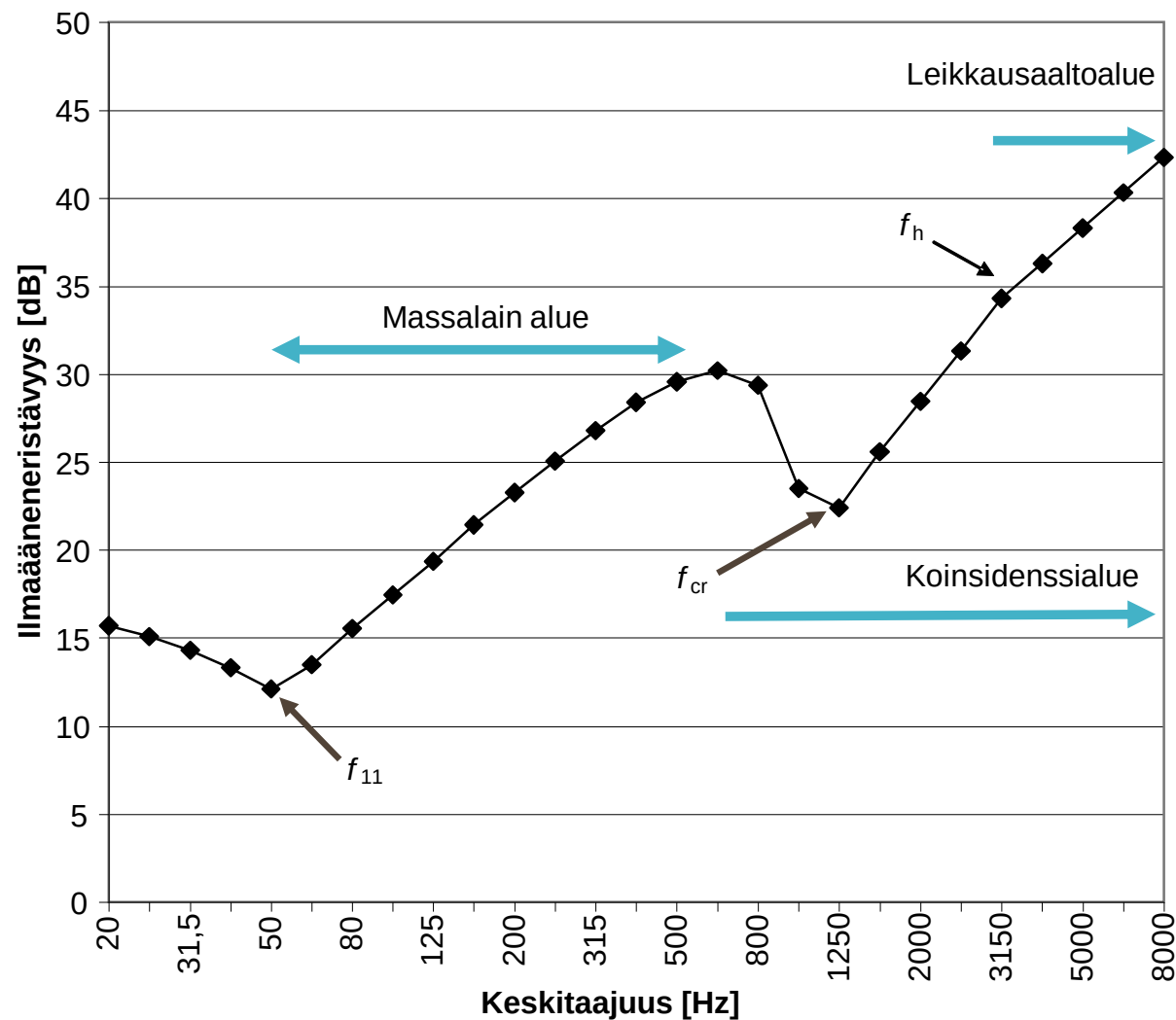


$$R = 10 \lg (W_1 / W_2)$$

W = ääniteho [dB]



Ääneneristys: yksinkertaisen rakenteen rajataajuudet



$$f_{11} = \frac{c^2}{4f_{cr}} \left(\frac{1}{l_x^2} + \frac{1}{l_y^2} \right)$$

$$B = \frac{E}{1-\nu^2} \frac{h^3}{12}$$

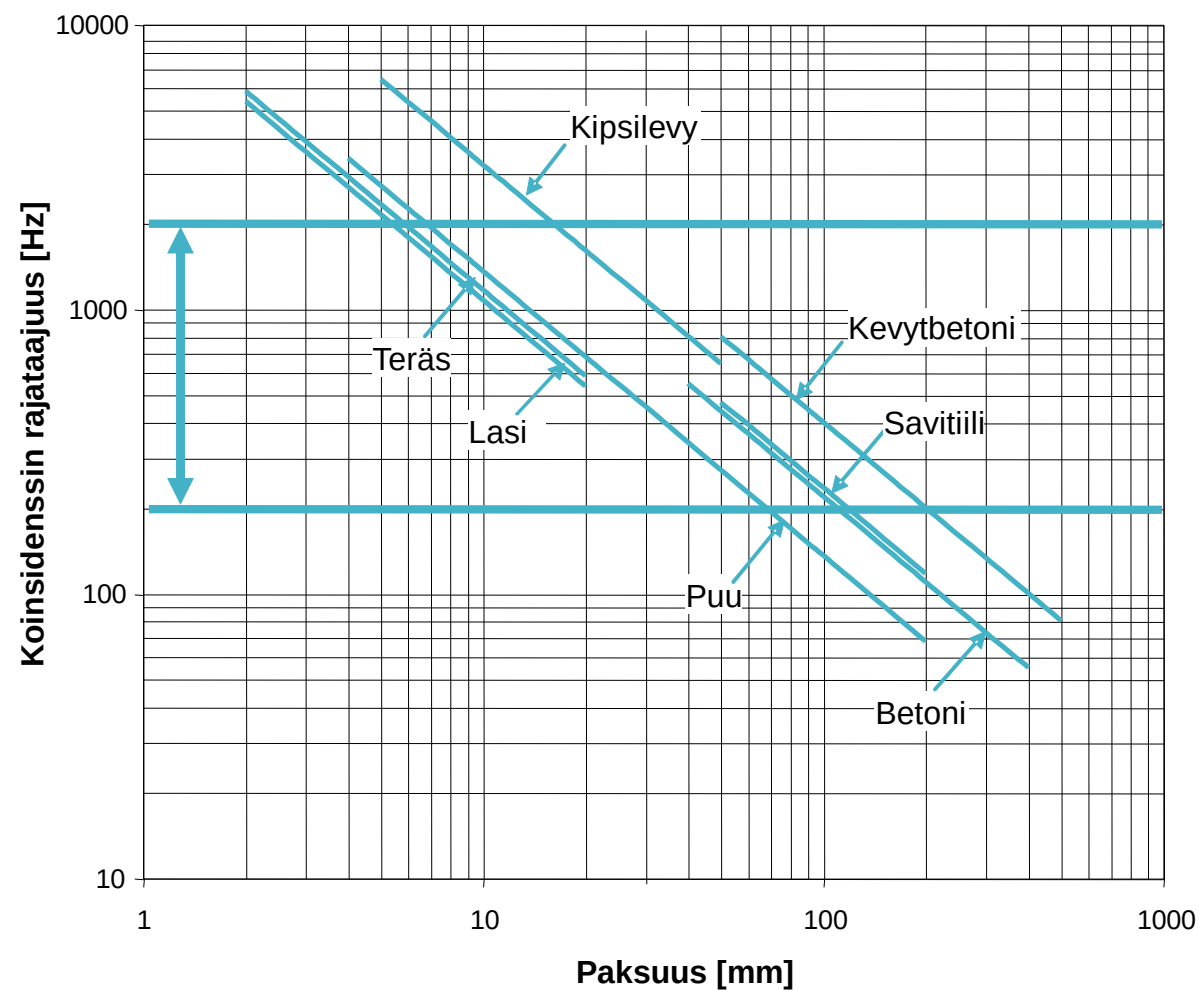
$$f_{cr} = \frac{c^2}{2\pi} \sqrt{\frac{m'}{B}}$$

$$f_h = \frac{1}{f_{cr}} \left(\frac{c}{6h} \right)^2$$

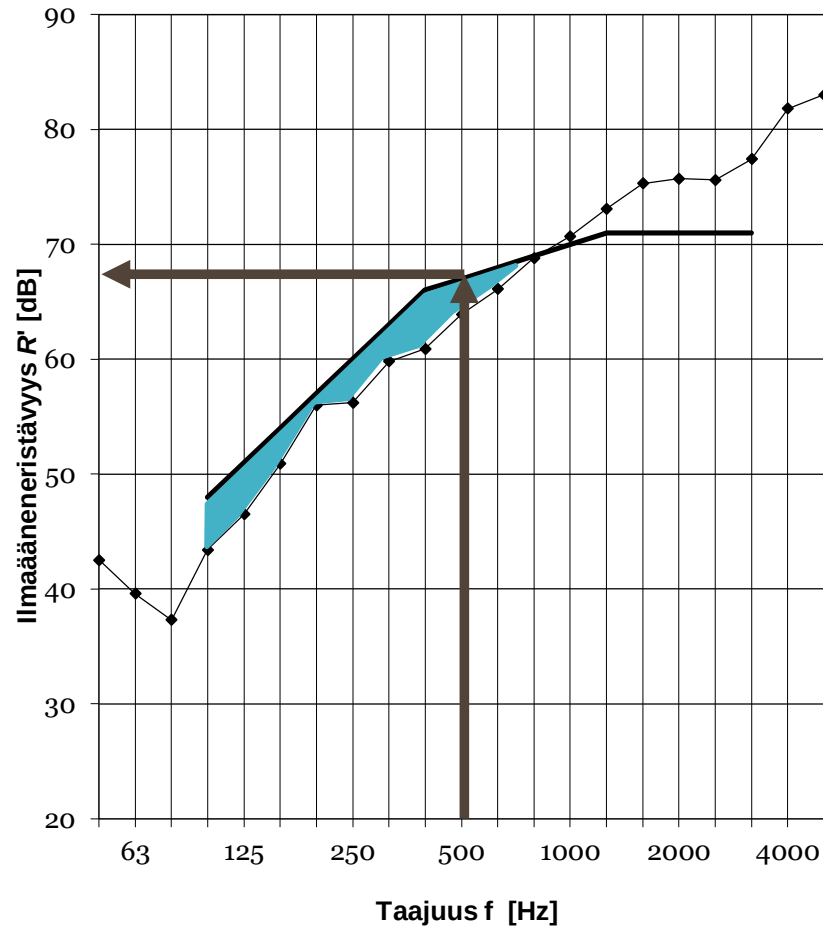
Massalaki

- Massalain mukaan ilmaääneneristävyys riippuu
 - Rakenteen pintamassasta m' [kg/m²]
 - Taajuudesta f [Hz]
- Ilmaääneneristävyys massalain mukaan: $R_0 = 20\lg m' + 20\lg f - 47$
- Ilmaääneneristävyys kasvaa 6 dB, kun massa tai taajuus kaksinkertaistuu

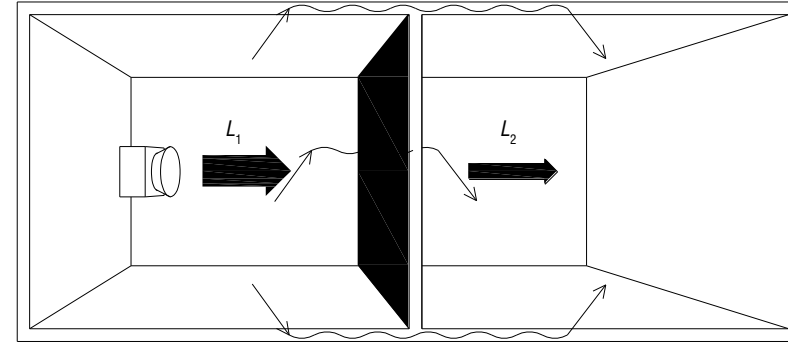
Koinsidenssin rajataajuus



Ilmaääneneristysluku



Mitattava taajuusalue 100...3150 Hz



- Ilmaääneneristävyys R :

$$R = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{S}{A}$$

- S = erottava pinta-ala [m²]
- A = absorptioala [m²]
- Mittaustulos ilmoitetaan yksilukuarvona eli ilmaääneneristyslukuna R_w
- Vertailukäyrää siirretään 1 dB pykälän siten, että vertailukäyrän arvojen ja sen alle jäävien mitattujen arvojen poikkeamien summa on enintään 32 dB
- Ilmaääneneristysluku luetaan vertailukäyrältä 500 Hz kohdalta

Puun ja betonin ääneneristysominaisuudet

Ominaisuus	Puu (CLT)	Betoni
Tiheys	500 kg/m ³	2 500 kg/m ³
Kimmomoduuli	11 600 MPa	27 000 MPa
Paksuus 60 mm – koinssidenssin rajataajuus f_{cr} – ilmaääneneristävyys R (500 Hz) – ilmaääneneristysluku R_w	220 Hz 21 dB 26 dB	320 Hz 39 dB 44 dB
Paksuus 120 mm – koinssidenssin rajataajuus f_{cr} – ilmaääneneristävyys R (500 Hz) – ilmaääneneristysluku R_w	110 Hz 32 dB 35 dB	160 Hz 50 dB 54 dB

Rakennusosien ilmaääneneristävyyden parametrinen mallinnusohjelma RAIMO

- Yksikön oma kehityshanke
 - Parametrinen laskentamalli
 - Perustuu tutkimuskirjallisuuteen
 - Validoitu vertaamalla tuloksia mittaustuloksiin
- Toteutus
 - A-Insinöörit Suunnittelu Oy, akustiikkasuunnitteluyksikkö
 - Ohjelmointi: Ville Kovalainen
 - Ideointi: Mikko Kylliäinen, Antti Mikkilä, Jesse Lietzén
- Ohjelman käyttö
 - Tuotekehitys
 - Suunnittelutyö
 - Koulutus

Rakenteen US1a (kertopuu) ilmaääneneristävyys

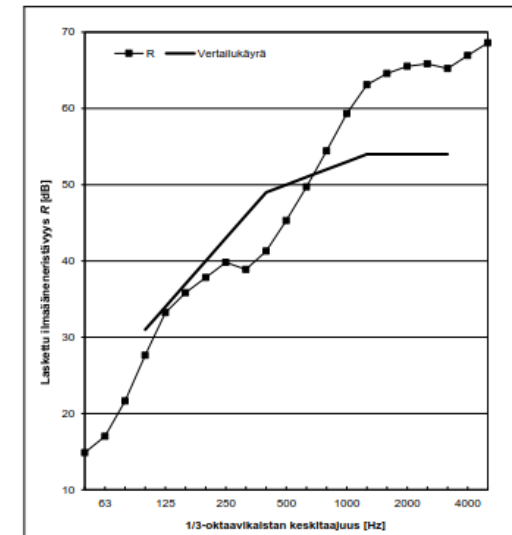
Rakennekerros	lkm	d
1 Julkisivupelti	1	0,9 mm
2 Pystyorret 20 mm k600	1	20 mm
3 Tuulensuojakipsilevy GTS 9	1	9 mm
4 Kertopuurunko 200 mm k600 ja lämmöneriste	1	200 mm
5 Höyrynsulku	1	
6 Puukoolaus 50 mm k600 ja lämmöneriste	1	50 mm
7 Kipsilevy EK 13	1	12,5 mm

Rakenteen paksuus yhteensä

292,4 mm

f [Hz]	R (1/3) [dB]	R (1/1) [dB]
50	14,9	
63	17,0	17,0
80	21,6	
100	27,6	
125	33,2	30,9
160	35,8	
200	37,8	
250	39,8	38,8
315	38,9	
400	41,3	
500	45,3	44,2
630	49,7	
800	54,4	
1000	59,3	57,6
1250	63,1	
1600	64,6	
2000	65,5	65,3
2500	65,9	
3150	65,2	
4000	66,9	66,7
5000	68,6	

S = 10 m²



Lasketut ilmaääneneristysluvut:

$R_w(C;C_w) = 50 (-2; -7) \text{ dB}$

$C_{50-3150} = -4 \text{ dB}$

$C_{50-5000} = -3 \text{ dB}$

$C_{100-5000} = -1 \text{ dB}$

$C_{w,50-3150} = -15 \text{ dB}$

$C_{w,50-5000} = -15 \text{ dB}$

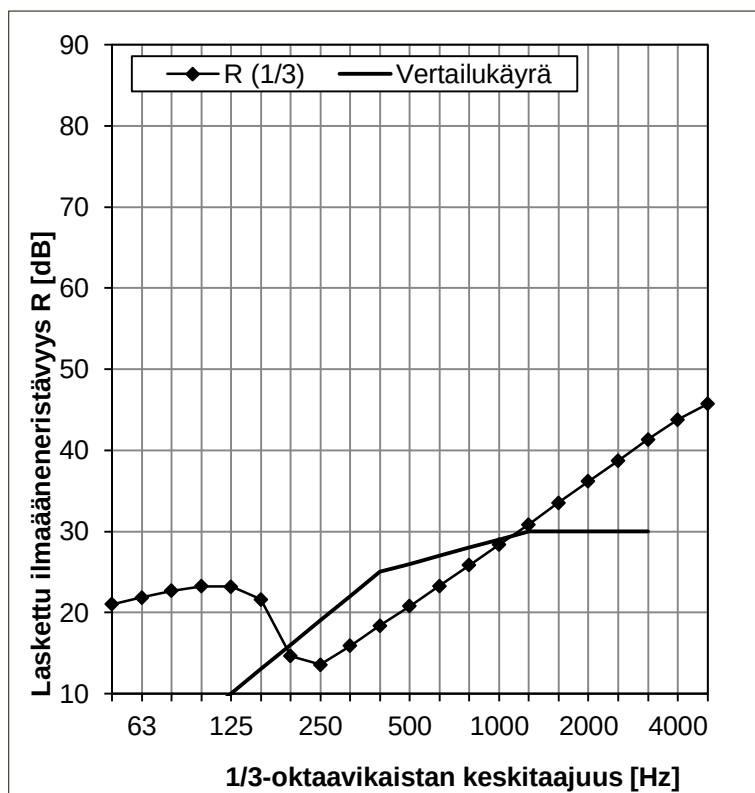
$C_{w,100-5000} = -7 \text{ dB}$

Asuinhuoneistoja erottava väliseinä

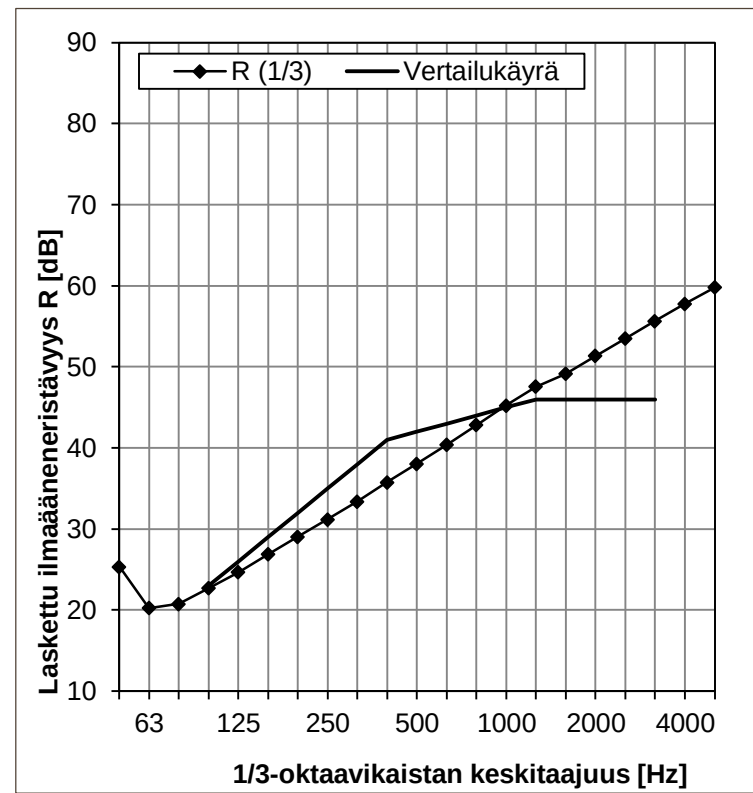
- Tehtävä: valitaan väliseinän rakennetyyppi kahta asuinhuoneistoa erottavaksi rakenteeksi
 - Tavoiteltava ilmaääneneristysluku $R_w = 58$ dB
 - Ratkaisumalleja: massiivinen puuseinä / rangoin kytketty puuseinä / kaksinkertainen seinä massiivipuusta / kaksinkertainen seinä kipsilevystä
- Lasketaan ilmaääneneristävyyden [mallinnusohjelmalla](#),
 - mikä ratkaisumalli toimii
 - millainen levykerros tarvitaan
 - täytetäänkö seinän sisällä oleva ilmaväli

Yksinkertainen puuseinä

CLT 60 mm: $R_w = 26$ dB

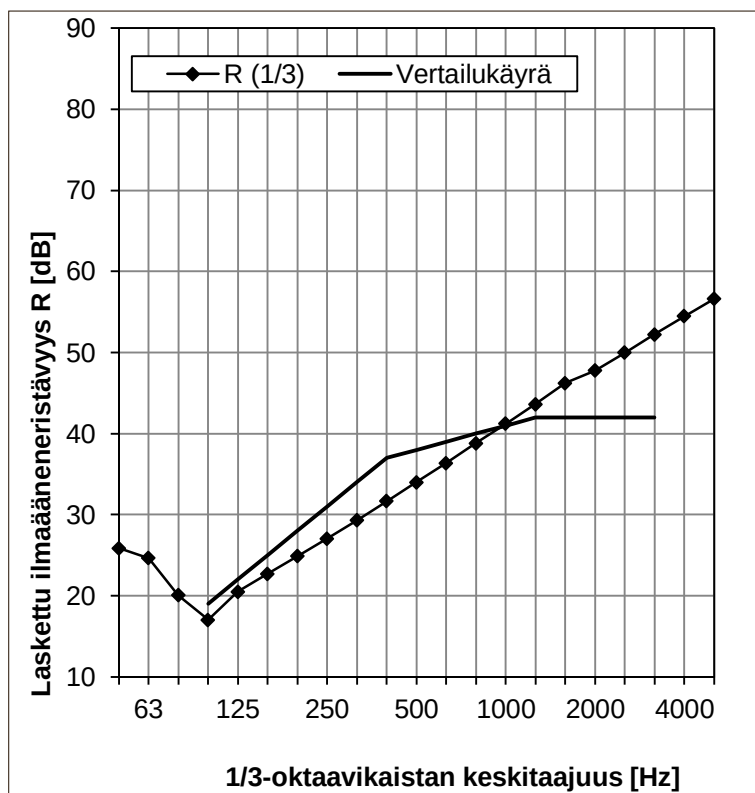


CLT 180 mm: $R_w = 42$ dB

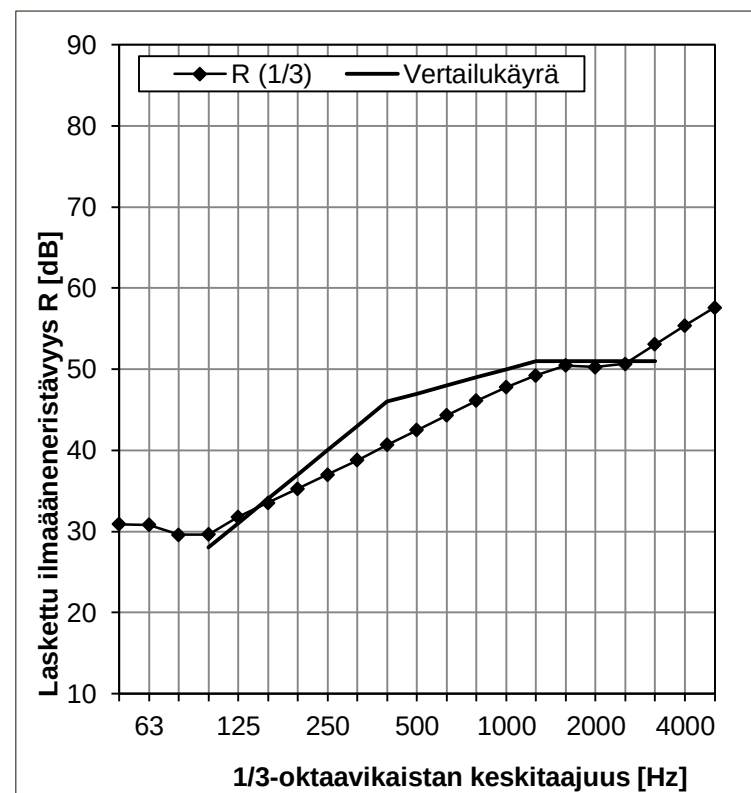


Yksinkertainen puuseinä ja kipsilevytytys

CLT 140 mm: $R_w = 38$ dB

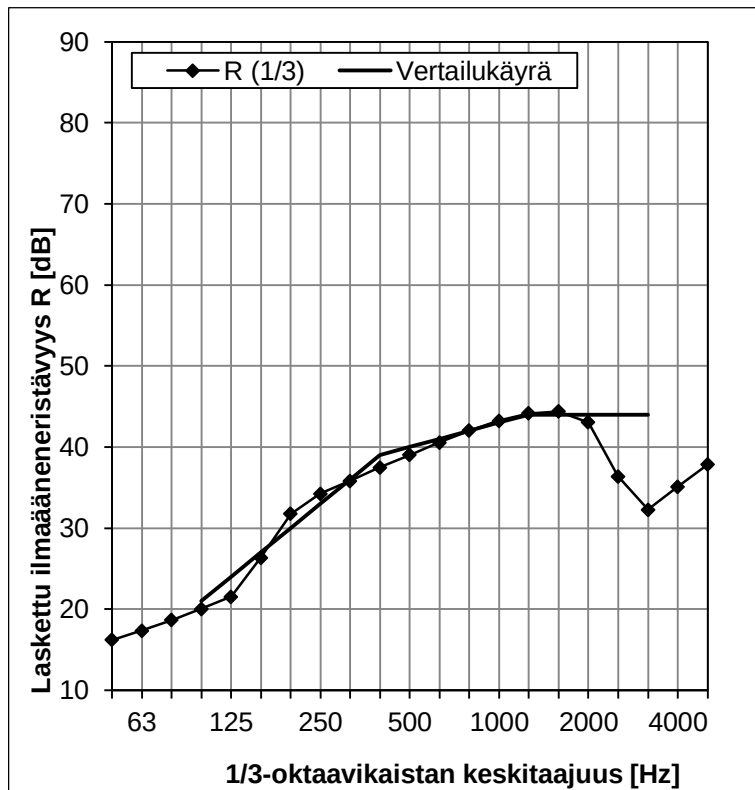


CLT 140 mm + 2 x EK 13
molemmin puolin: $R_w = 47$ dB

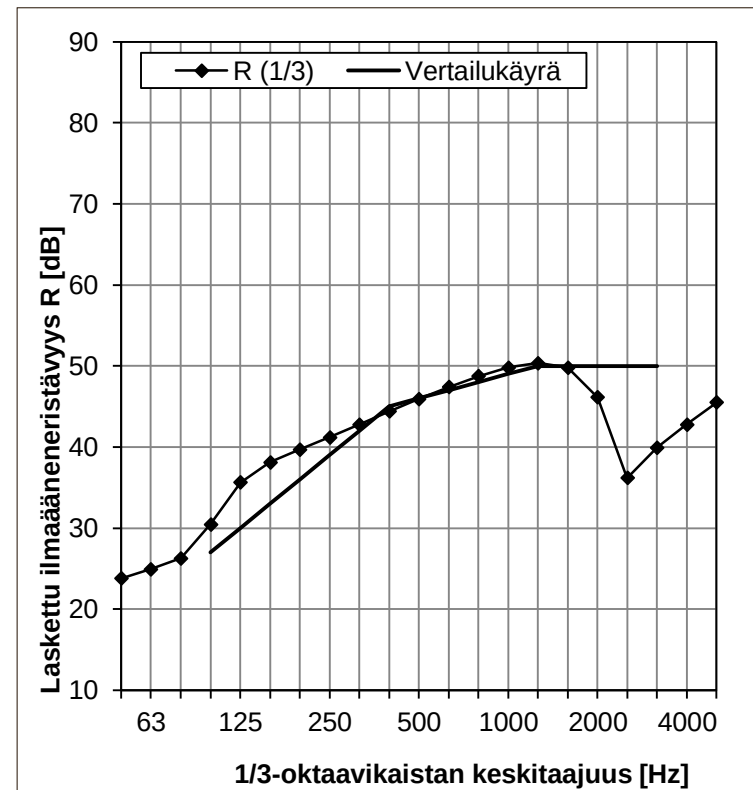


Kytetty puurunkoinen levyseinä

Kipsilevy N13, puuranka 92 mm k600 ja mineraalivilla, kipsilevy N13: $R_w = 40$ dB

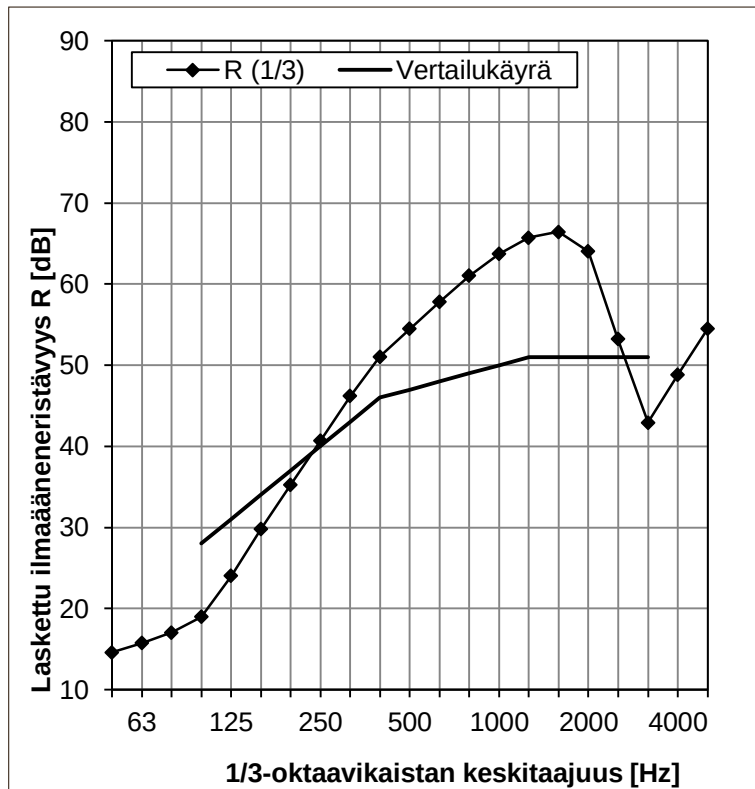


2 x kipsilevy EK13, puuranka 92 mm k600 ja mineraalivilla, 2 x kipsilevy EK13: $R_w = 46$ dB

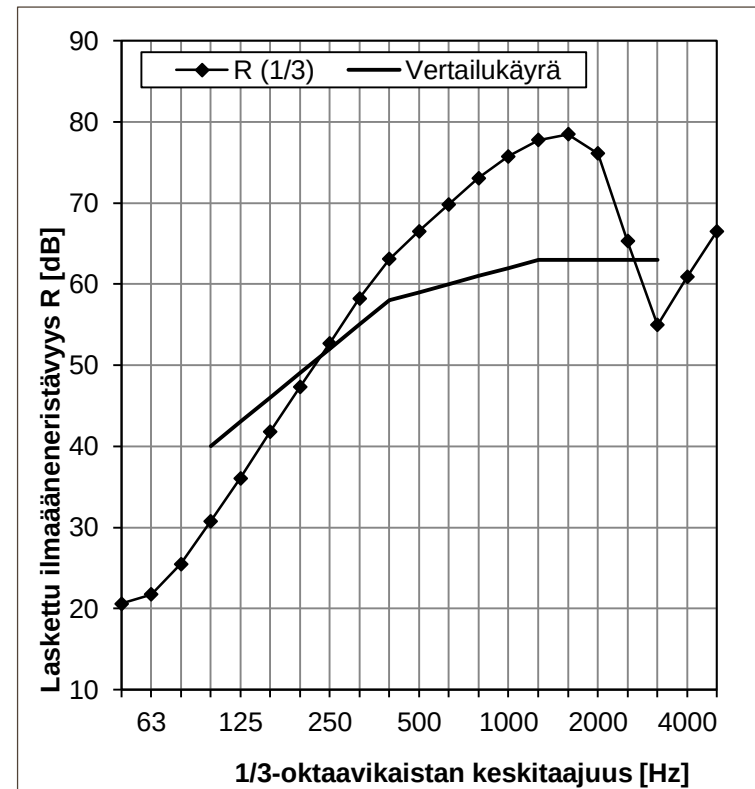


Kaksinkertainen puurunkoinen levyseinä

Kipsilevy N13, puuranka 66 mm k600 ja mineraalivilla, ilmaväli 20 mm, puuranka 66 mm k600 ja mineraalivilla, kipsilevy N13: $R_w = 47$ dB

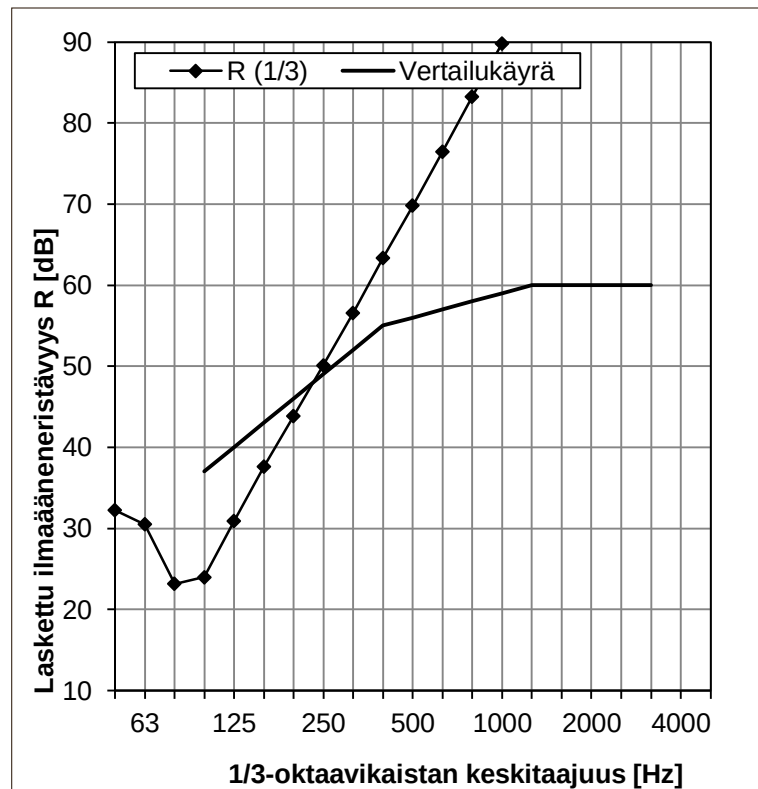


2 x kipsilevy N13, puuranka 66 mm k600 ja mineraalivilla, ilmaväli 20 mm, puuranka 66 mm k600 ja mineraalivilla, 2 x kipsilevy N13: $R_w = 59$ dB

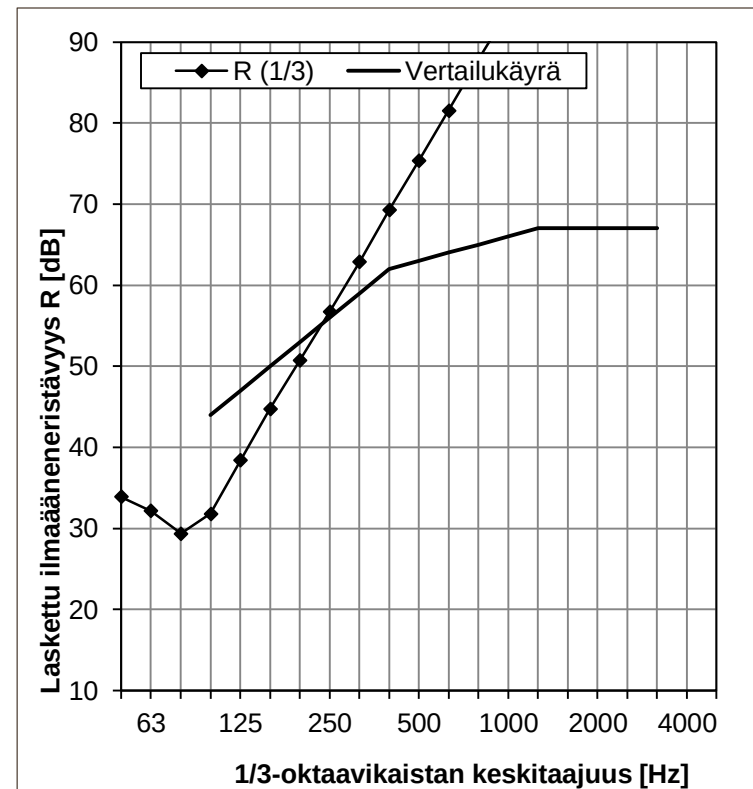


Kaksinkertainen CLT-seinä

Kipsilevy N13, CLT 140 mm, ilmaväli 40 mm, jossa mineraalivillaa 40 mm, CLT 140 mm, kipsilevy N13:
 $R_w = 56$ dB

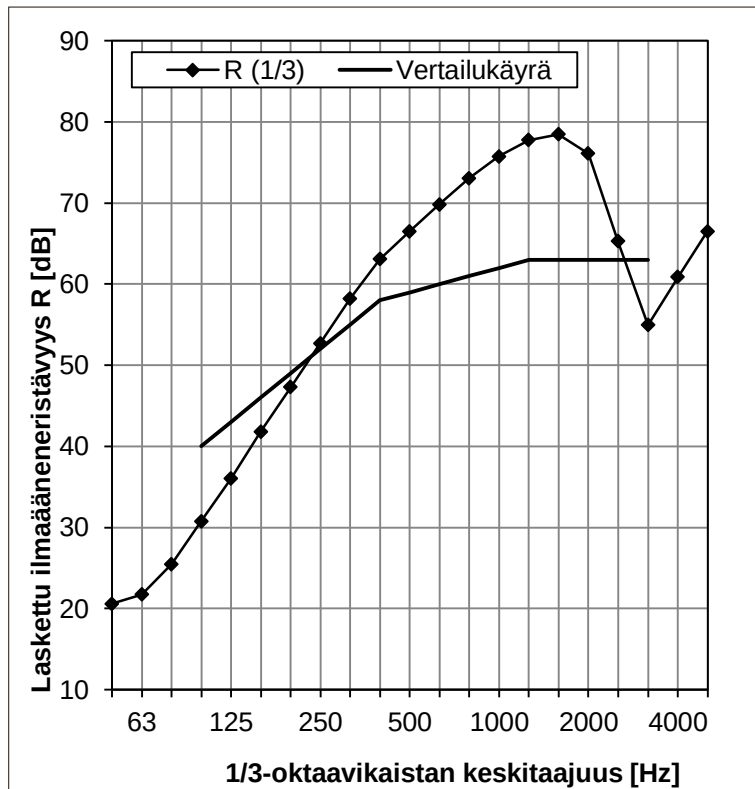


Kipsilevy N13 + F15, CLT 140 mm, ilmaväli 40 mm, jossa mineraalivillaa 40 mm, CLT 140 mm, kipsilevy N13 + F15: $R_w = 63$ dB

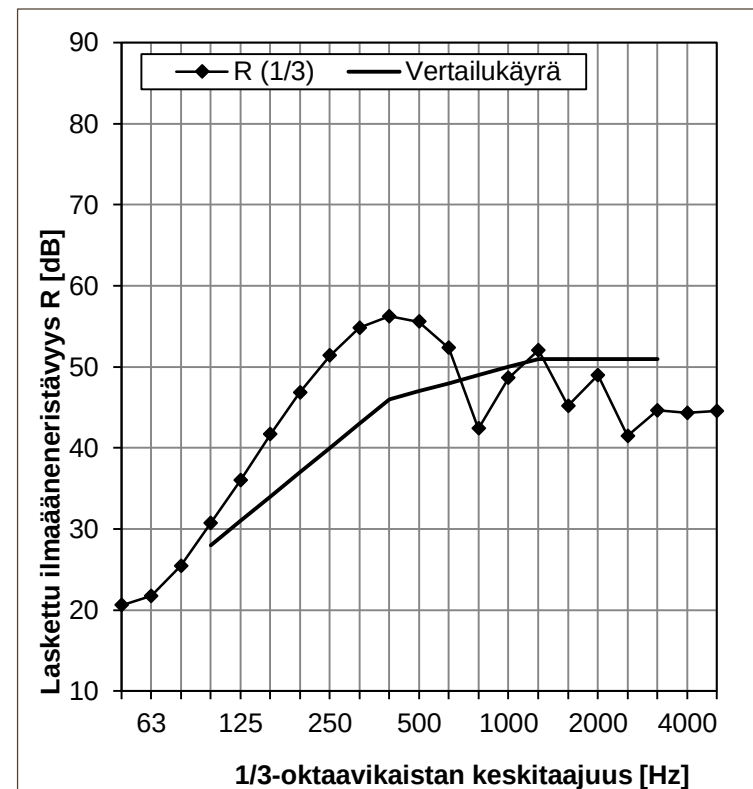


Liitosten tiiviyyden vaikutus

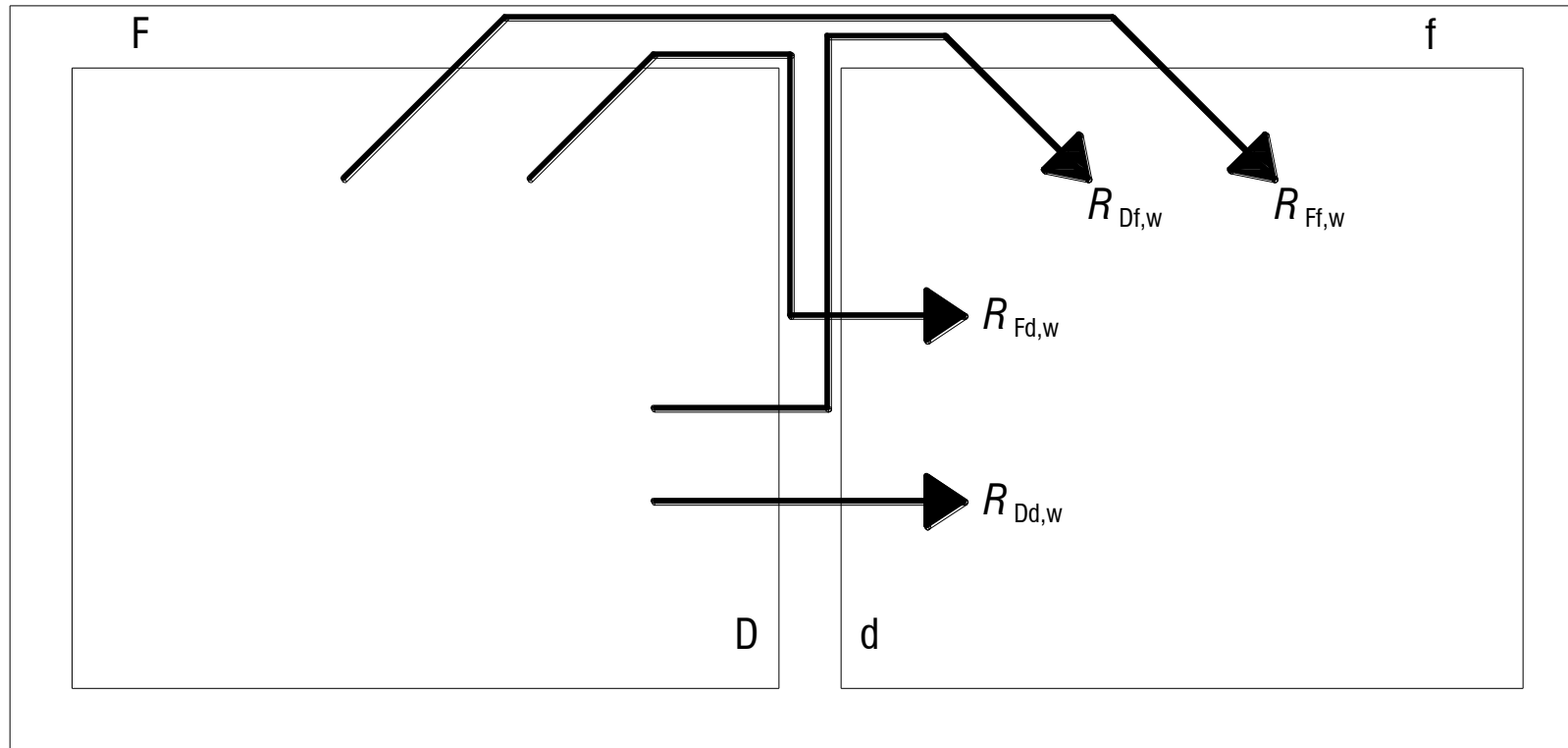
2 x kipsilevy N13, puuranka 66 mm k600 ja mineraalivilla, ilmaväli 20 mm, puuranka 66 mm k600 ja mineraalivilla, 2 x kipsilevy N13: $R_w = 59$ dB



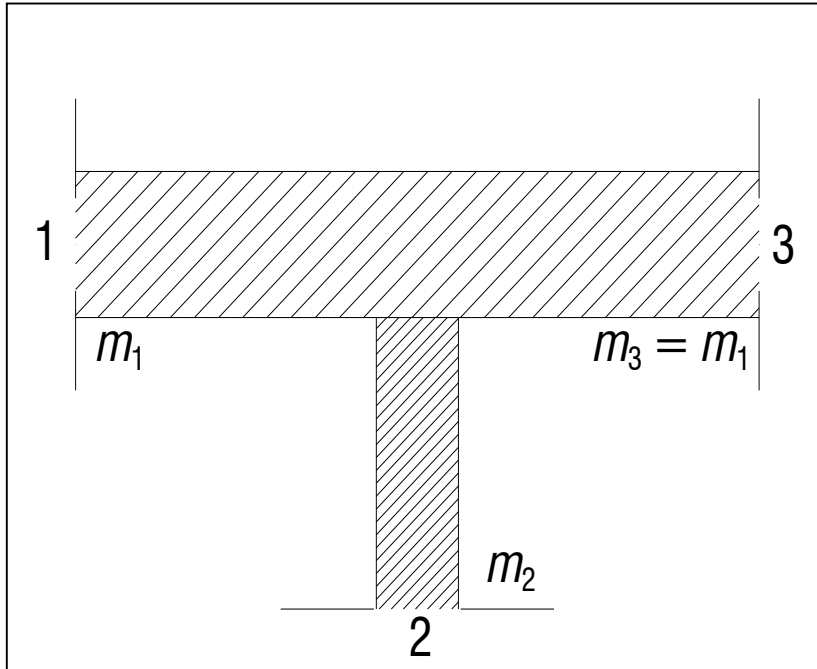
2 x kipsilevy N13, puuranka 66 mm k600 ja mineraalivilla, ilmaväli 20 mm, puuranka 66 mm k600 ja mineraalivilla, 2 x kipsilevy N13, raon leveys 0,5 mm ja pituus 2,5 m: $R_w = 47$ dB



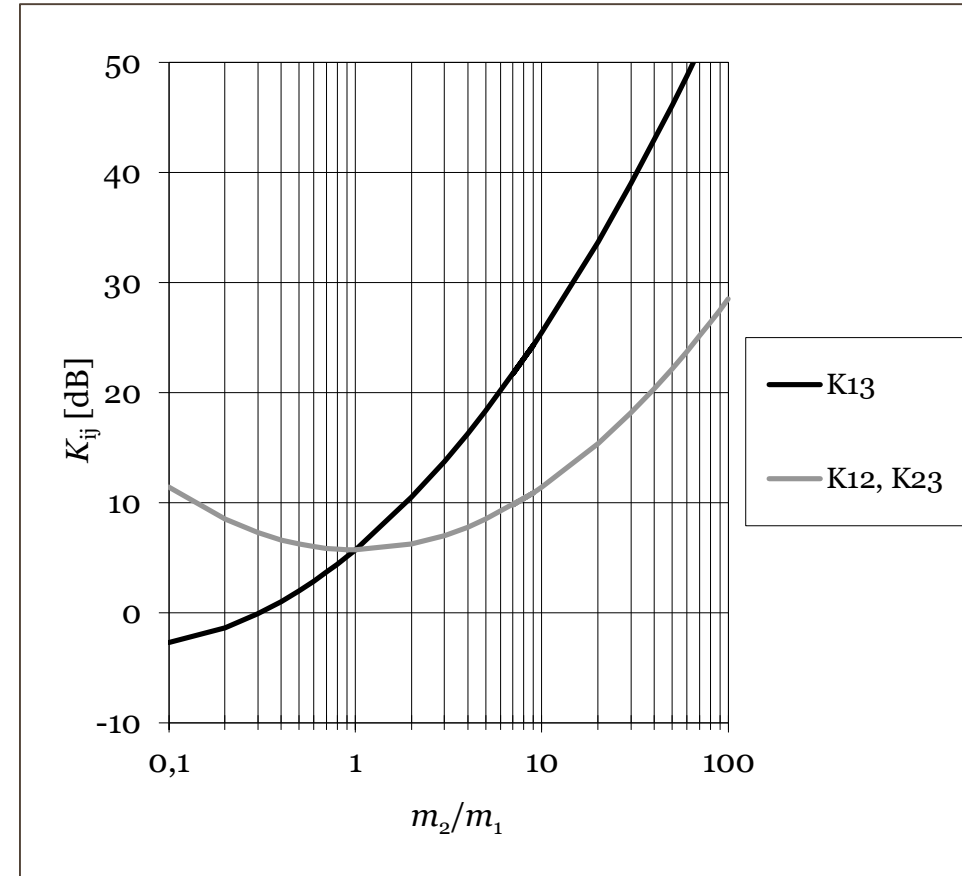
Rakenteellinen sivutiesiirtymä



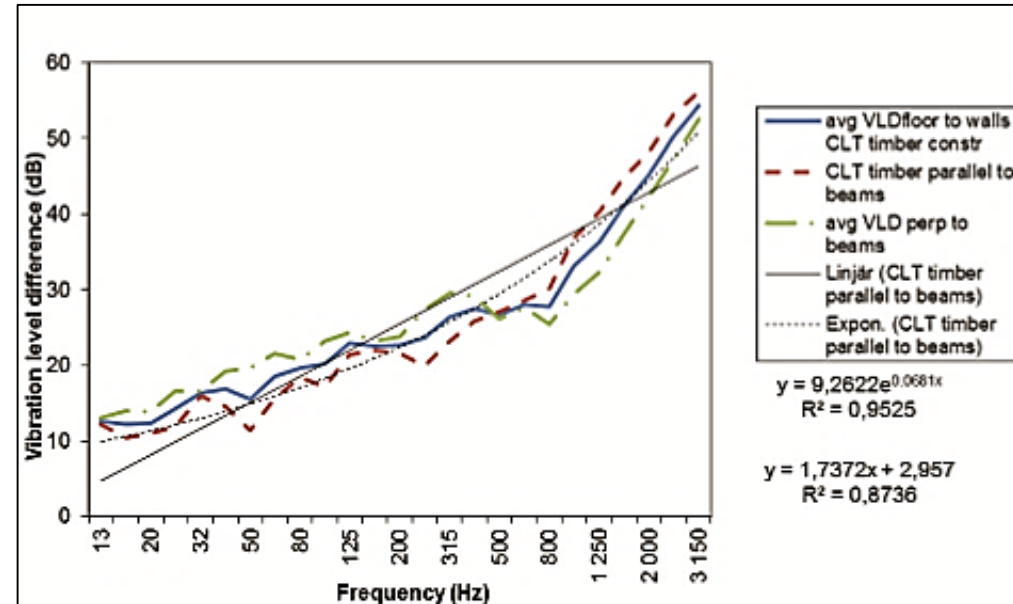
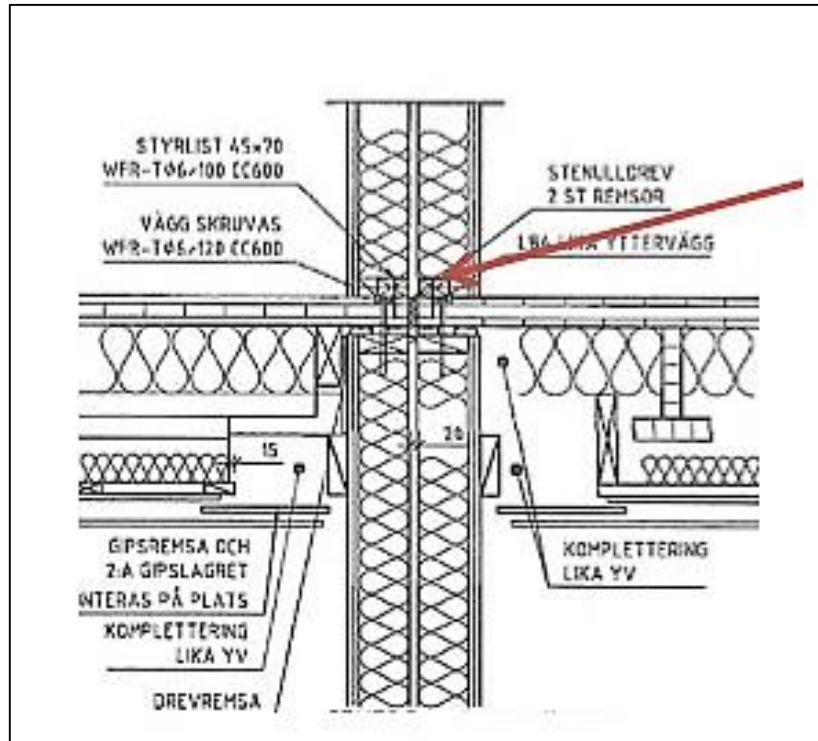
Kivirakenteiden liitoseristävyys K



Standardi EN 12354-1 määrittelee erilaisten kivirakenteiden liitosten liitoseristävydet



Puurakenteiden liitoseristävyyksiä

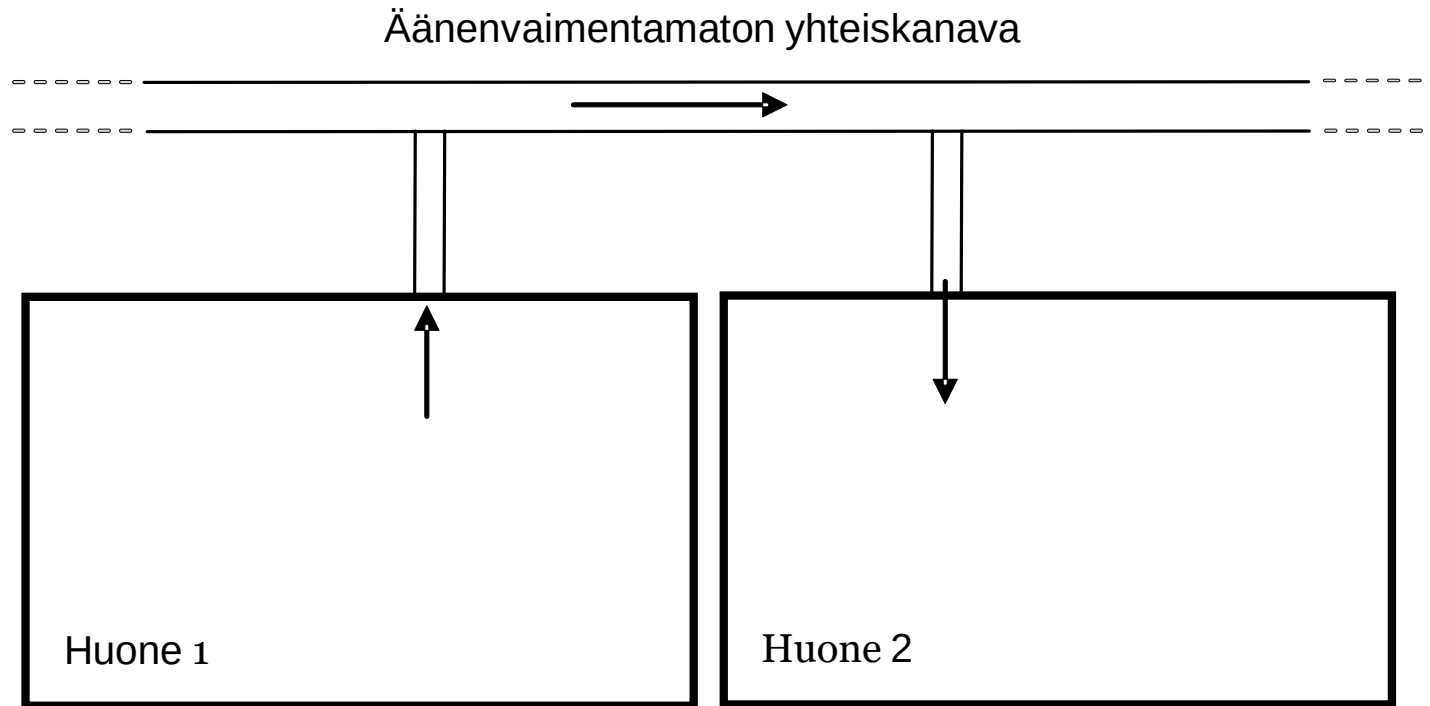


Ågren, A. & Ljunggren, F. 2016. In situ measured flanking transmission in light weight timber houses with elastic flanking isolators – part 2. Internoise 2016. Hamburg, August 21–24.

Liitosten tärinäneristinten mitoitus

- Liitoksissa olevilla tärinäneristyskaistoilla saavutettava eristävyys perustuu niiden painumaan kuormituksen vaikutuksesta
- Eristintoimittajat ilmoittavat yleensä kaksi tärkeää kuormitusaluetta
 - Jännitys [MN/m^2], jolla eristimet toimivat optimaalisesti
 - Suurin sallittu jännitys [MN/m^2], jonka eristimet kestävät hetkellisesti ominaisuuksien muuttumatta
- Eristinten valinta tarkoittaa sitä, että jokaiselle kantavalle seinälle tuleva viivakuorma on tunnettava jokaisessa kerroksessa
- Tärinäneristinten mitoittamiseksi tarvitaan seuraavat tiedot:
 - Viivakuorma [kN/m] rakenteiden omasta painosta ja hyötykuormien pysyvästä osasta
 - Viivakuorma [kN/m] rakenteiden omasta painosta, hyötykuormien täydestä arvosta ja lumikuormasta
 - Kuormat ilmoitetaan ilman osavarmuuskertoimia

Sivutiesiirtymä ilmanvaihtokanavan kautta



Ääni ei suorassa kanavassa juuri vaimene etäisyyden kasvaessa, mutta vaimenee jonkin verran kanavien haaroissa ja mutkissa.

Nyrkkisääntö: kun tilojen välille tavoiteltava ilmaääneneristysluku $R'_w \geq 40$ dB, kanavien haaroihin tarvitaan aina äänenvaimentimet.

Koettu ilmaääneneristävyys

- Kokemus ilmaääneneristävyydestä huoneistojen välillä riippuu rakenteiden ja liitosten ääneneristävyyksien lisäksi
 - Huoneakustiikasta (jälkikaiunta-ajasta)
 - Taustäänitasosta (LVIS-järjestelmät)
- Yksityisyyden kokemus liittyy siihen, kuinka hyvin naapurista kuuluvat äänet ovat erotettavissa asunnossa
- Lasketaan puheensiirtoindeksi STI
 - $R'_w = 54, 59, 64 \text{ dB}$ VS33, VS8, VS11
 - Taustäänitaso $L_{A,eq} = 20, 24, 28 \text{ dB}$
 - Jälkikaiunta-aika $T = 0,5 \text{ s}$
 - $STI = 0$ yhdestäkään tavusta ei saa selvää
 - $STI = 0,05$ täydellinen yksityisyys
 - $STI = 0,6$ puhetila
 - $STI = 1,0$ kaikista tavuista saadaan selvää täydellisesti

Askelääneneristys

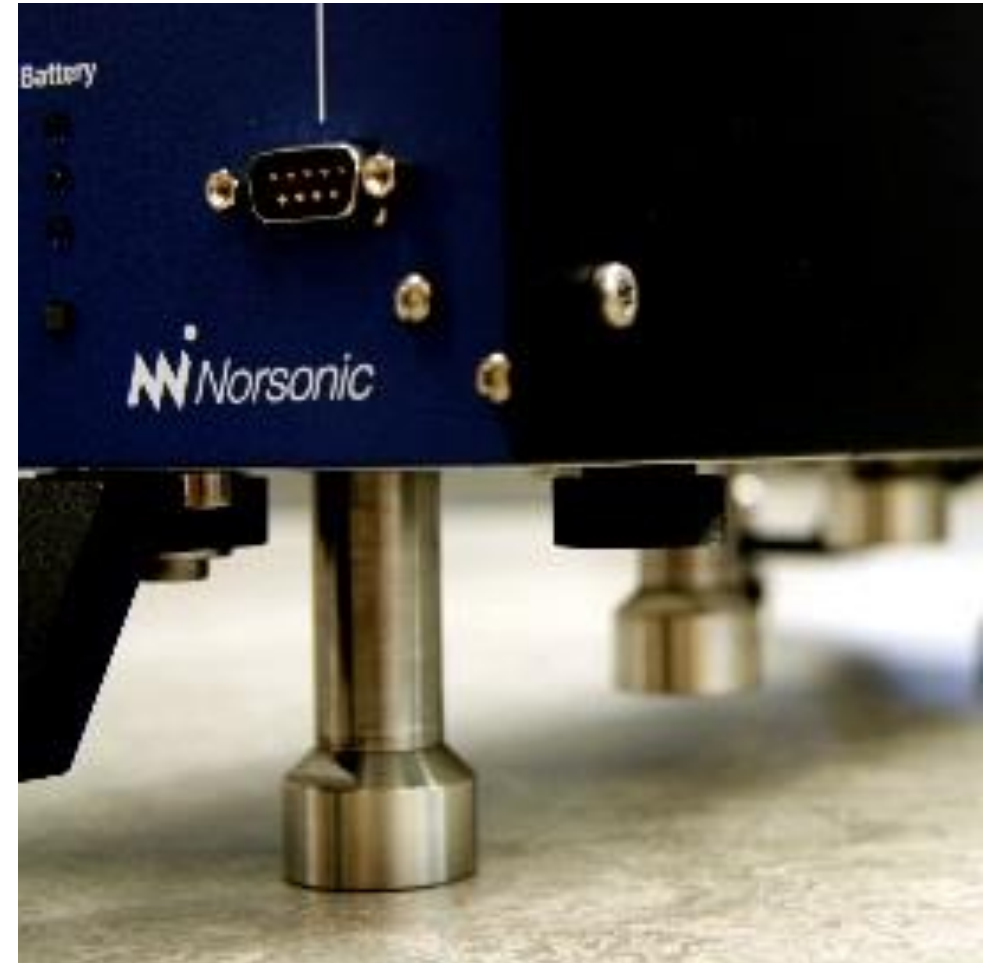
Askelääneneristysten tarkoitus

- Äänilähteenä rakenteeseen, tavallisesti välipohjaan, kohdistuvat iskut
 - kävely
 - huonekalujen siirto
 - esineiden putoaminen
 - lasten leikki
 - **päivittäistavarakaupat**
 - **ravintolat**
- Iskut saavat välipohjan värähtelemään
 - ääni etenee runkoäänenä rakenteiden kautta
 - havaitaan ilmaäänenä muussa tilassa
- Tarkoituksena vaimentaa rakenteeseen kohdistuvia iskuja



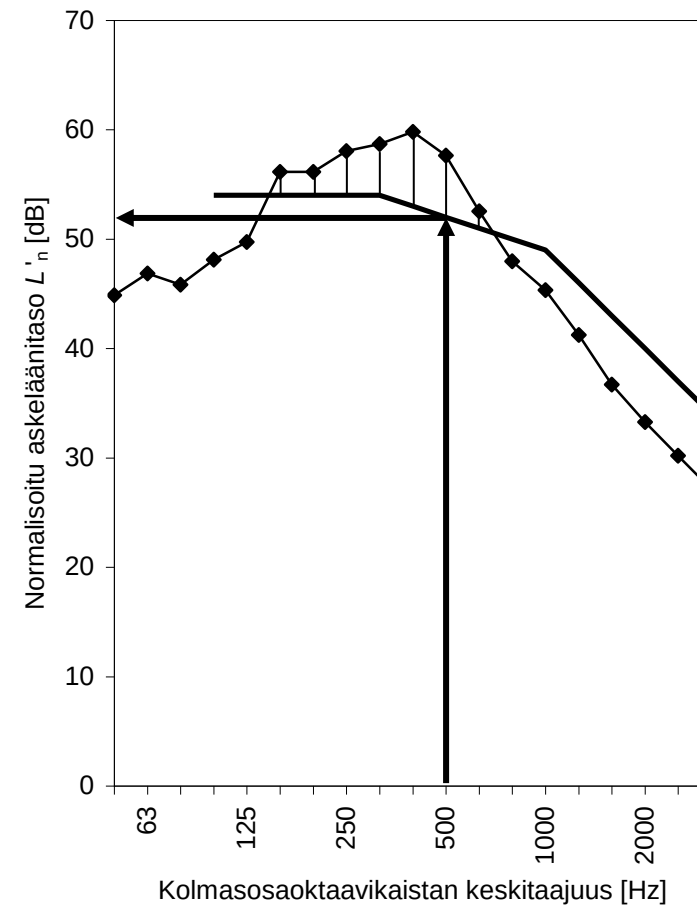
Askeläänikoje

- Vakioäänilähde
 - Viisi teräslieriötä á 500 g
 - Pudotuskorkeus 40 mm
 - Kukin lieriö putoaa kahdesti sekunnissa
- Ei vastaa todellisia äänilähteitä
 - Tarkoituksena saada aikaan mitattavissa oleva ääni kaikissa olosuhteissa

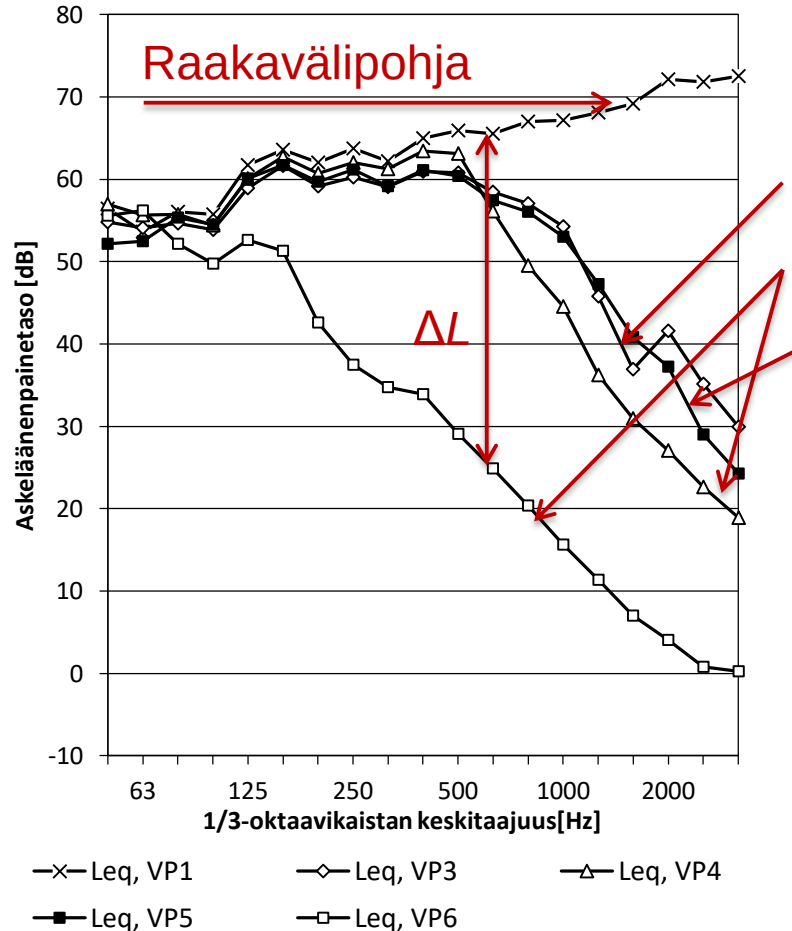


Askeläänitasoluku

- Askeläänitaso L_n tai L'_n taajuudesta riippuvainen
- Mittaustulos ilmoitetaan yksiluku-arvona eli askeläänitasolukuna
 - laboratoriossa $L_{n,w}$
 - rakennuksessa $L'_{n,w}$
- Vertailukäyrä kuvaa ”hyväksi todettua” askeläänispektriä
- Vertailukäyrää siirretään 1 dB pykälän siten, että vertailukäyrän arvojen ja sen yläpuolelle jäävien mitattujen arvojen poikkeamien summa on enintään 32 dB
- Askeläänitasoluku luetaan vertailukäyrältä 500 Hz kohdalta
- Askelääneneristävyys on sitä parempi, mitä pienempi askeläänitasoluku on



Joustavat lattianpäällysteet ontelolaatastolla 265 mm



Joustavia lattianpäällysteitä:

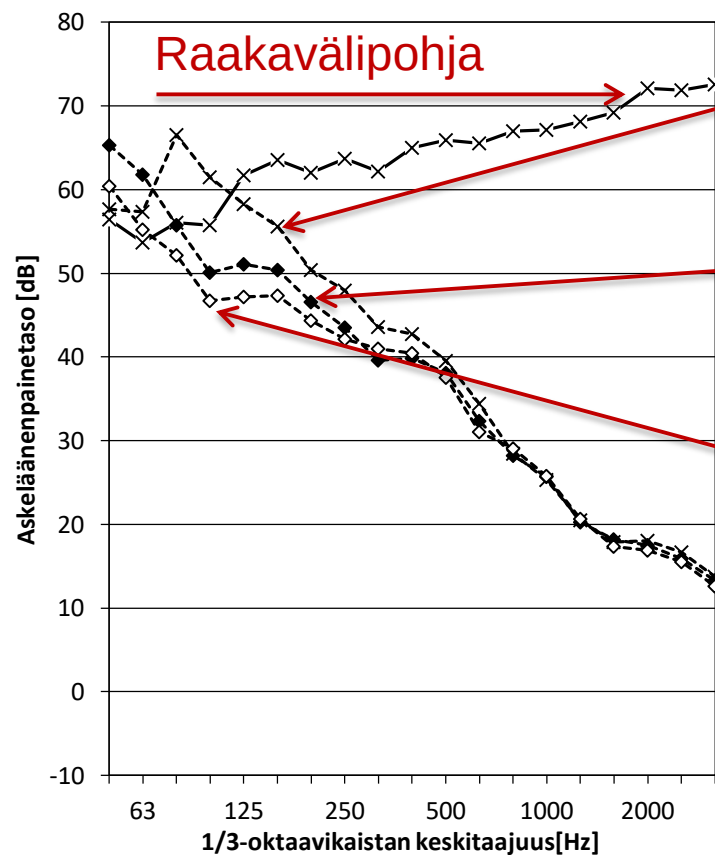
- joustava muovimatto, $\Delta L = 21$ dB
- tekstiilimatto, $\Delta L = 21$ dB ja 37 dB
- lautaparketti joustavine alustoineen, $\Delta L = 20$ dB

Askelääneneristävyyden parannusluku

$$\Delta L_w = \begin{aligned} & \text{päällystämättömän lattian } L_{n,w} \\ & - \text{päällystetyn lattian } L_{n,w} \end{aligned}$$

Asuinrakennuksissa parannusluvun tulee olla vähintään 18 dB

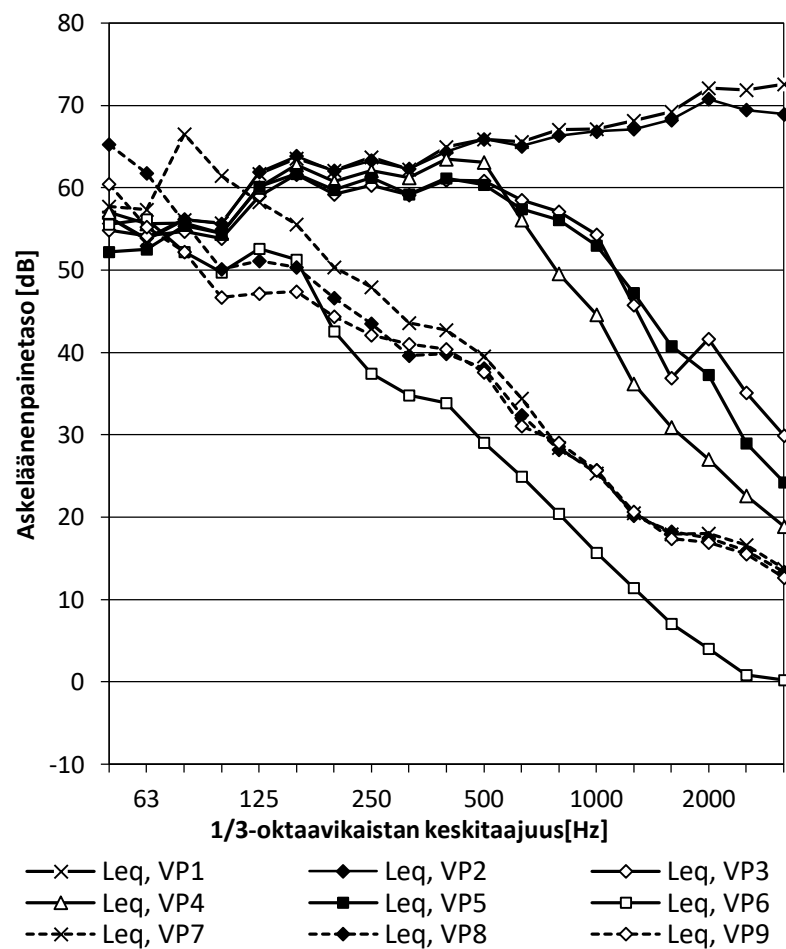
Kelluvat lattiat ontelolaatastolla 265 mm



1. Mineraalivilla 13 mm ($s' = 12 \text{ MN/m}^3$), 2 x kipsilevy L 15 mm
2. Mineraalivilla 50 mm, ($s' = 9 \text{ MN/m}^3$), 2 x kipsilevy L 15 mm
3. Mineraalivilla 50 mm ($s' = 9 \text{ MN/m}^3$), 4 x kipsilevy L 15 mm

Kaikilla rakenteilla kelluvan lattian päällä lisäksi lautaparketti joustavine alustoineen

Askeläänitasoluvun riippuvuus päällysteestä

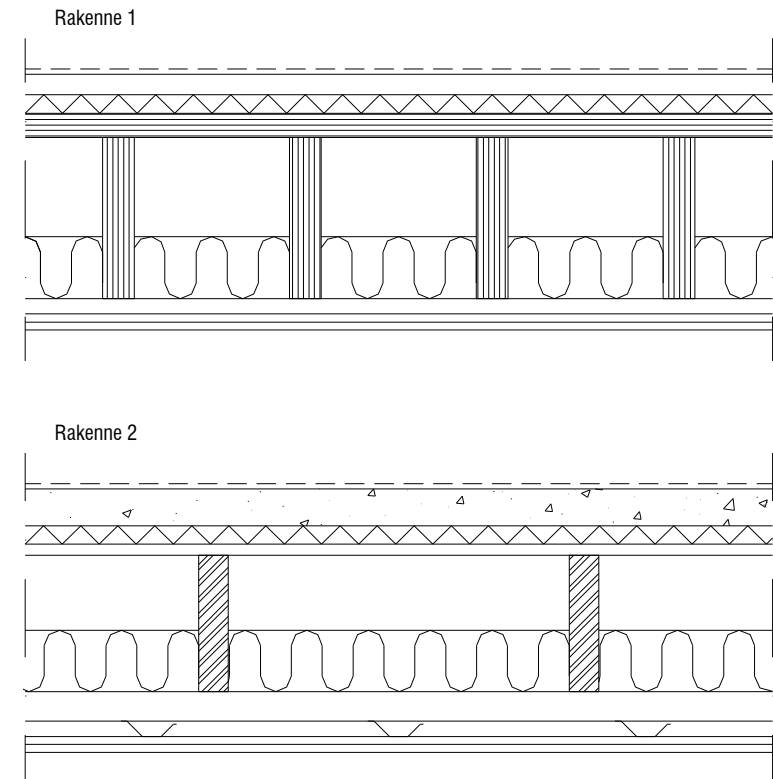


Askeläänitasoluvut

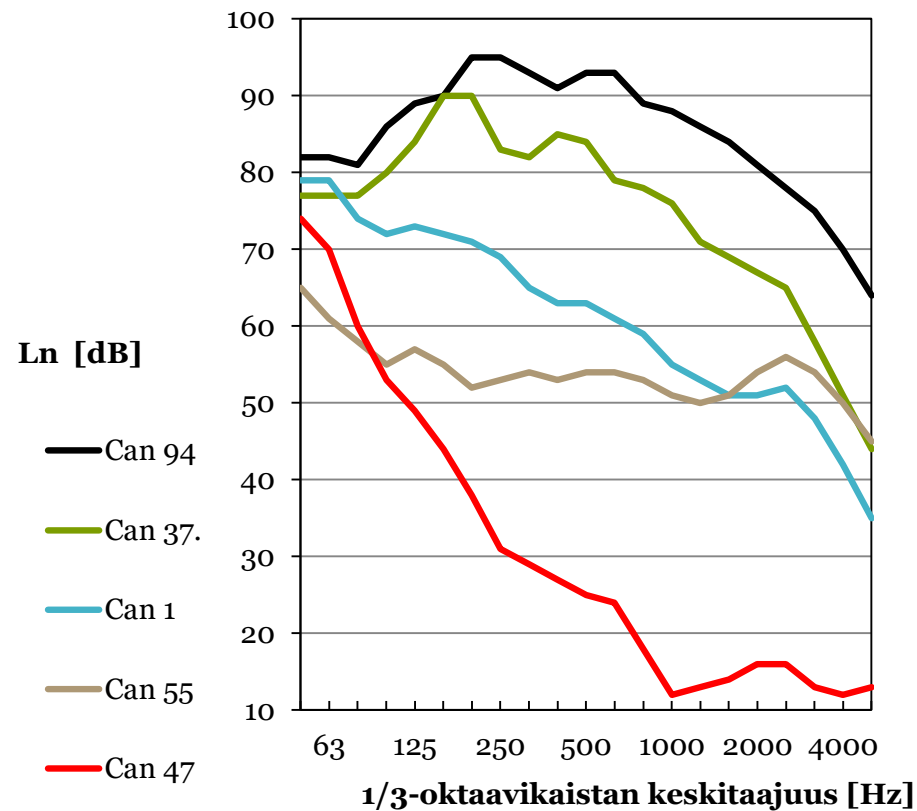
Väli-pohja	Päällyste	$L'_{n,w}$ [dB]
VP1	- (tasoitettu ontelolaatasto 265 mm)	80
VP2	• Muovimatto Upofloor Estrad	78
VP3	• Muovimatto Upofloor Upostep	59
VP4	• Lautaparketti Upofloor Karelia • Parketinalusmateriaali Tuplex	60
VP5	• Tekstiilimatto Epoca Compact	59
VP6	• Tekstiilimatto Milliken	43
VP7	• Lautaparketti Upofloor Karelia • Parketinalusmateriaali Tuplex • 2 x lattiakipsilevy Gyproc GL 15 mm • Askeläänieristelevy Isover VKL 13 mm	51
VP8	• Lautaparketti Upofloor Karelia • Parketinalusmateriaali Tuplex • 2 x lattiakipsilevy Gyproc GL 15 mm • Askeläänieristelevy Isover FLO 50 mm	44
VP9	• Lautaparketti Upofloor Karelia • Parketinalusmateriaali Tuplex • 4 x lattiakipsilevy Gyproc GL 15 mm • Askeläänieristelevy Isover FLO 50 mm	42

Puuvälipohjan kilpailukyky

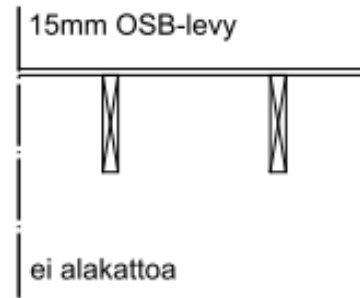
- Välipohja ratkaisee pitkälti puurakentamisen kilpailukykyyn
 - Kantavuus
 - Jäykistäminen
 - Taipuma
 - Värähtely
 - Palonkesto
 - Tiiviys
 - LVIS-asennukset ja sprinklerit
 - **Ääneneristävyys**
- Akustiikan osalta askelääneneristävyys on mitoittava tekijä
 - Kelluva lattia
 - Kantava rakenne
 - Joustavasti ripustettu alakatto



Puuvälipohjan askelääneneristys

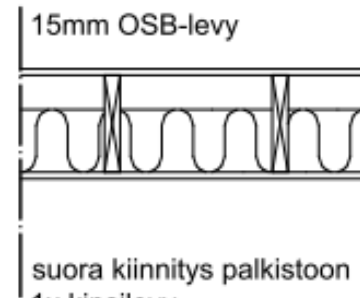


Can94 15mm OSB-levy



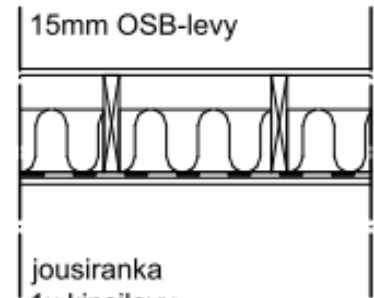
ei alakattoa

Can37 15mm OSB-levy



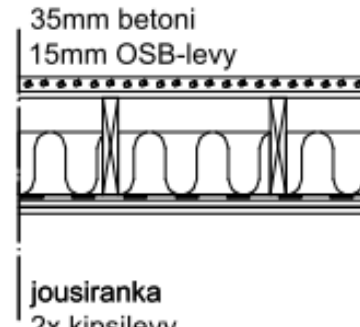
suora kiinnitys palkistoon
1x kipsilevy

Can1 15mm OSB-levy



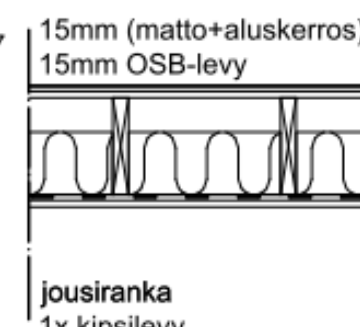
jousiranka
1x kipsilevy

Can55 35mm betoni
15mm OSB-levy



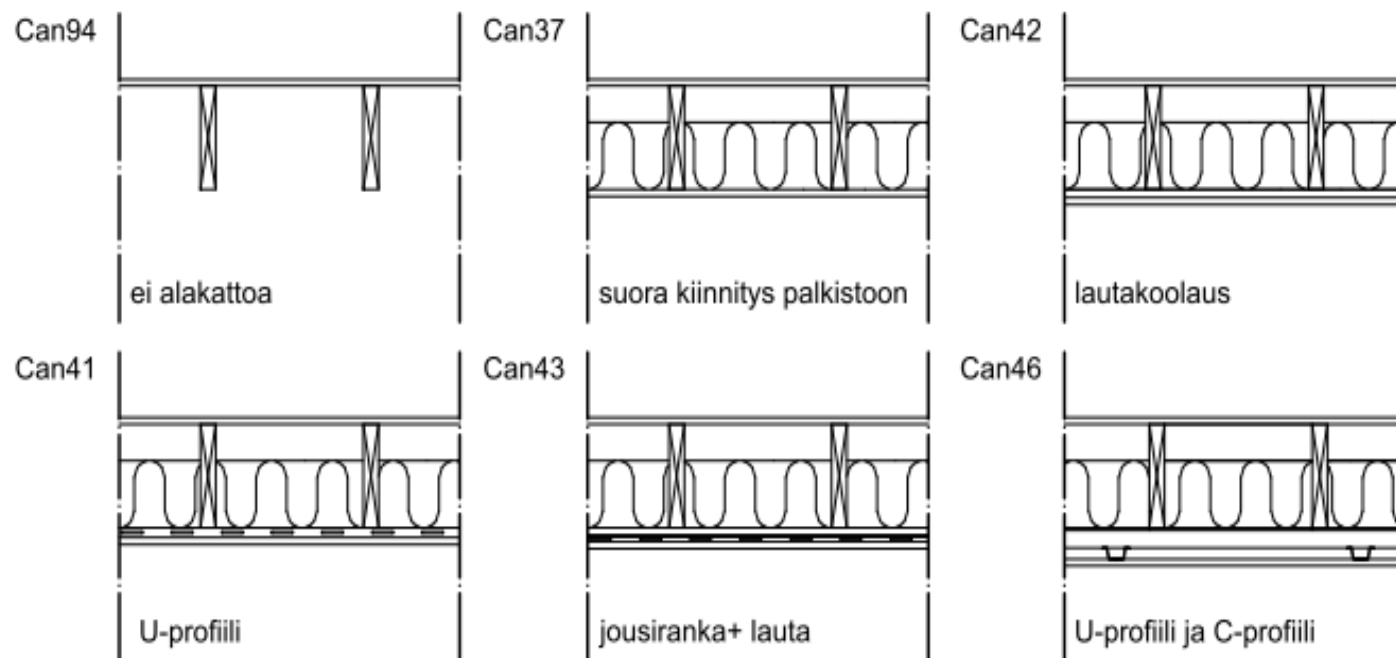
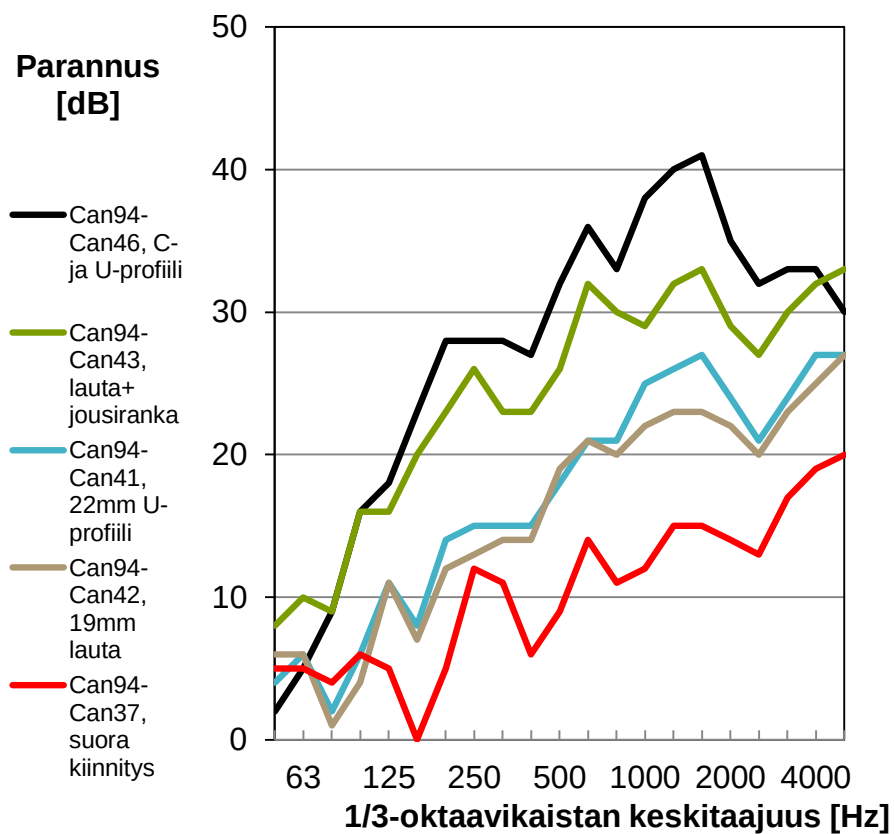
jousiranka
2x kipsilevy

Can47 15mm (matto+aluskerros)
15mm OSB-levy

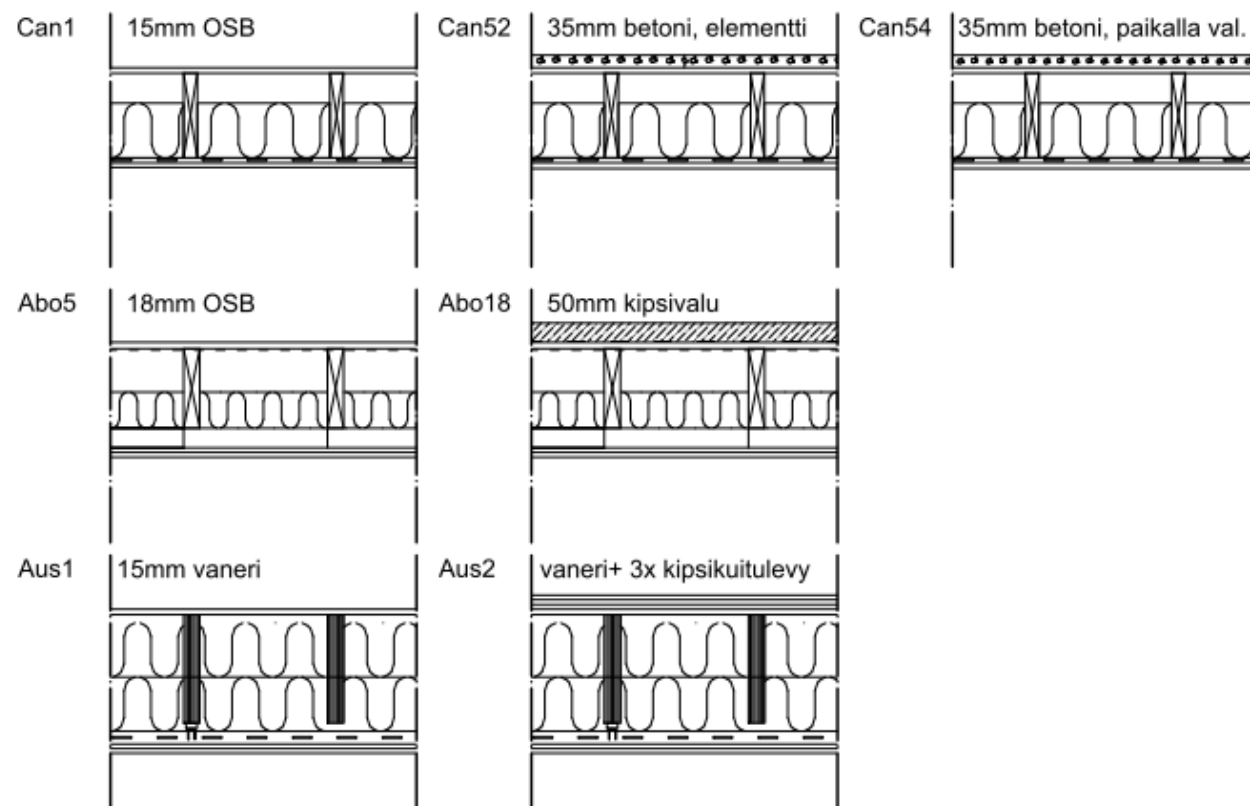
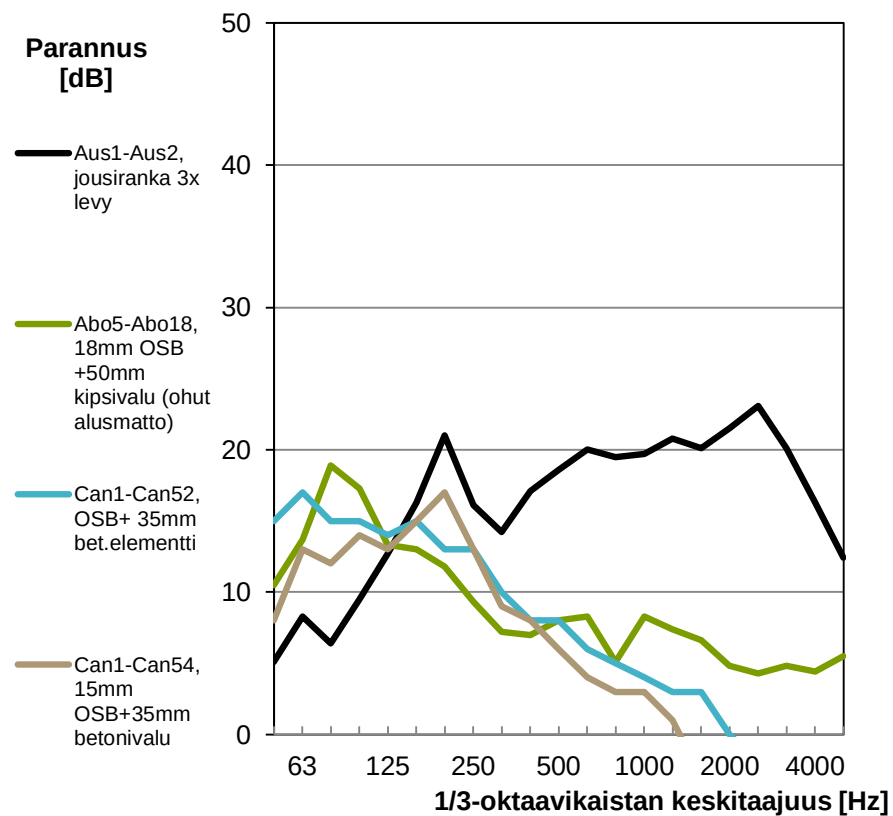


jousiranka
1x kipsilevy

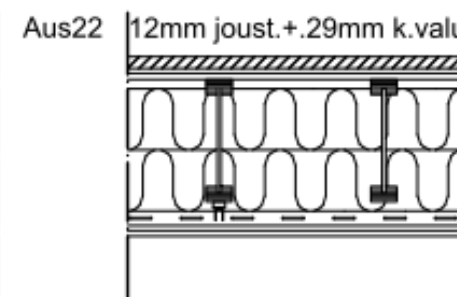
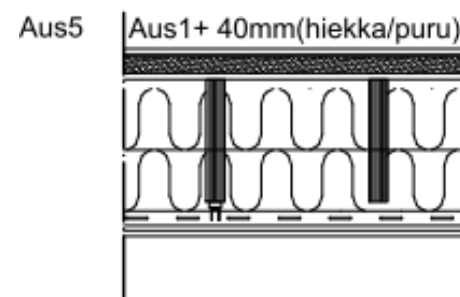
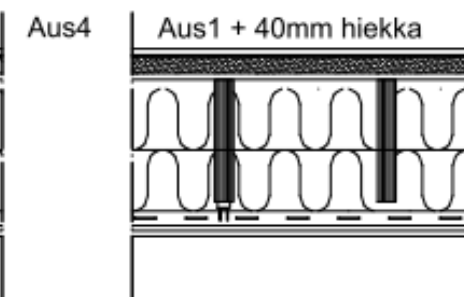
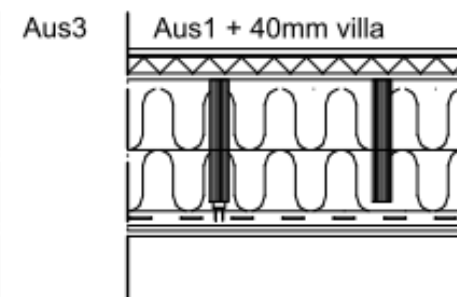
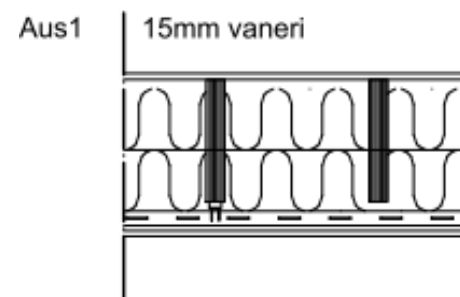
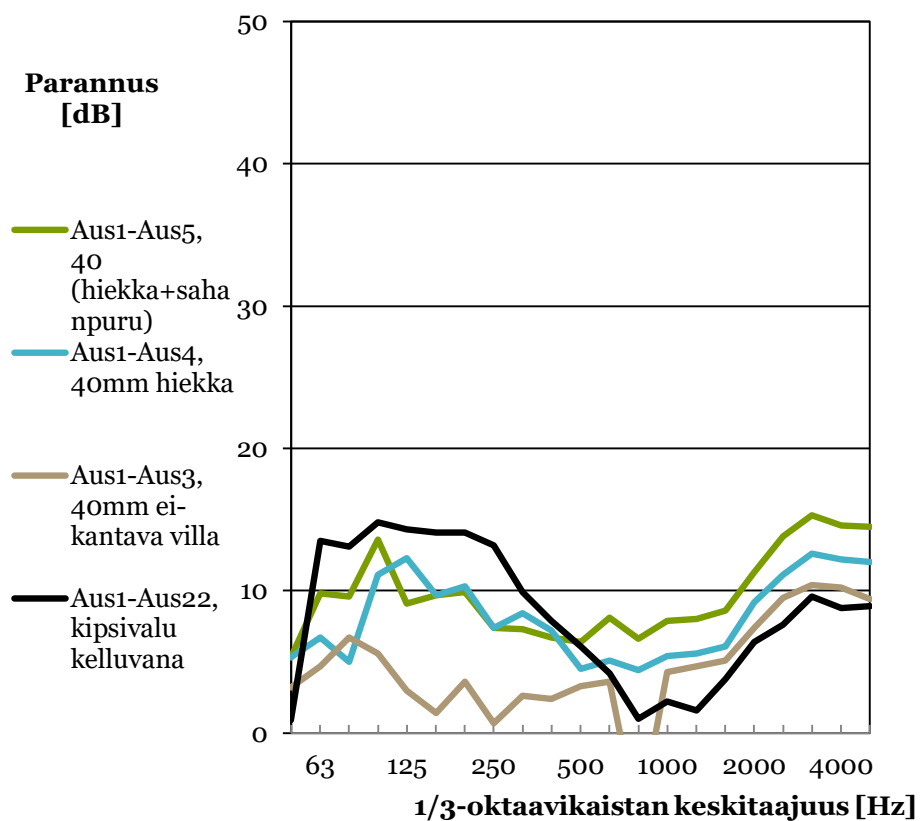
Alakaton kiinnityksen parannusvaikutus



Välipohjan kansilevyn massan parannusvaikutus



Kelluvan lattian parannusvaikutus



Askelääneneristävyyteen vaikuttavia tekijöitä

Merkittävimmät tekijät

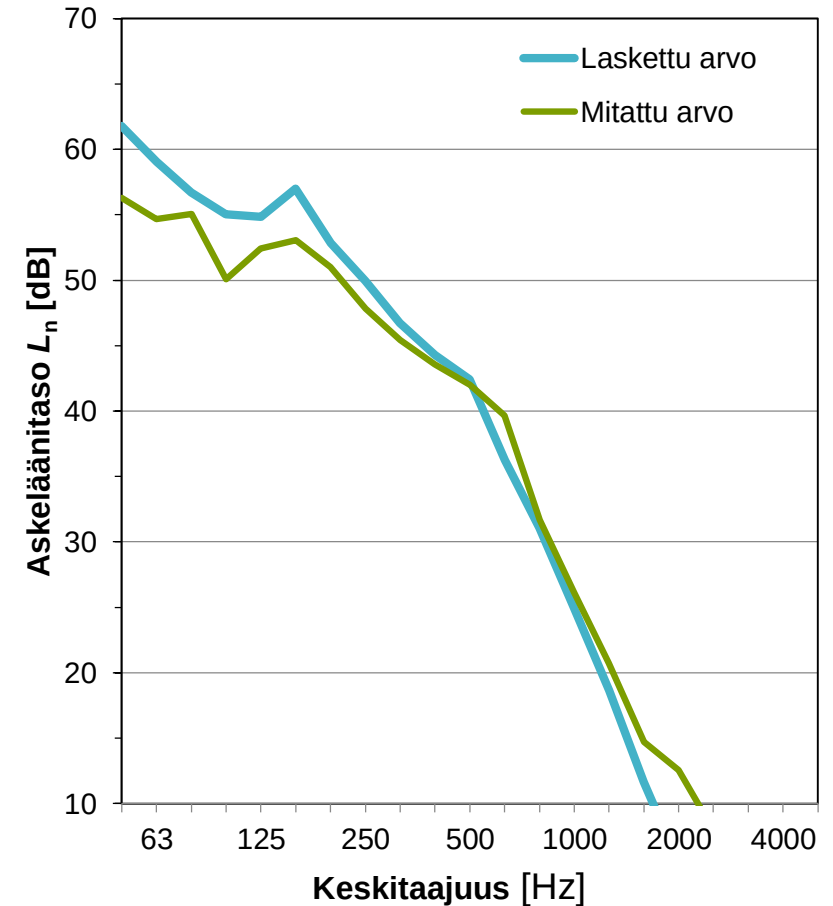
- Alakatto
- Alakaton kiinnitystapa
- Kantavan rakenteen kansilevyn massa
- Lattianpäällyste
- Ilmavälin villatäytön määrä
- (Kelluva lattia)

Vähäiset tekijät

- Vasojen k-jako
- Jänneväli
- Vasojen tyyppi
- Vasojen korkeus, jos levytys kiinnitetty suoraan vasoihin
- Alakaton massa, jos levytys kiinnitetty suoraan vasoihin

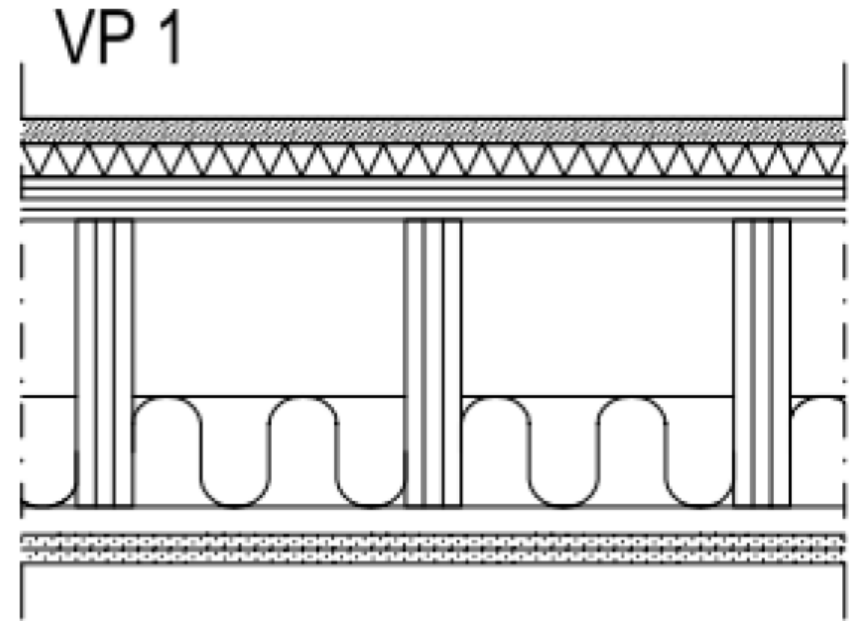
Puuvälipohjan askelääneneristävyyden parametrinen laskentamalli

- Yksikön oma kehityshanke
 - Parametrinen laskentamalli
 - Taustalla Pekka Latvanteen diplomityö 2014-2015 (TTY)
 - Validoitu vertaamalla tuloksia mittaustuloksiin
- Toteutus
 - A-Insinöörit Suunnittelu Oy, akustiikkasuunnitteluyksikkö
 - Ohjelmointi: Ville Kovalainen, Pekka Latvanne
 - Ideointi: Mikko Kylliäinen, Jesse Lietzén
- Julkaisuja
 - Akustiikkapäivät 2017:
 - http://www.akustinenseura.fi/wp-content/uploads/2017/08/akustiikkapaivat_2017_s117.pdf
 - Akustiikkapäivät 2015:
 - http://www.akustinenseura.fi/wp-content/uploads/2015/09/AP2015_Paperin_palautus_12.pdf



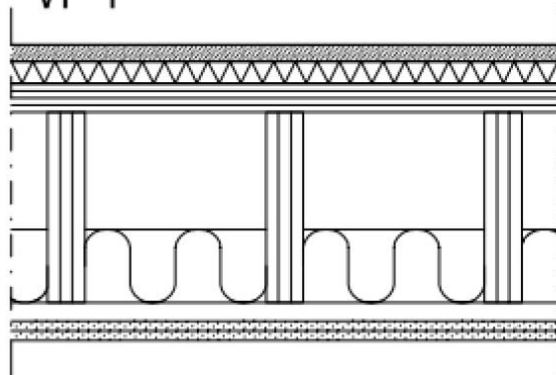
Esimerkki: puuvälipohjan kehityshanke

- Kantavana rakenteena Metsä Woodin kehittämä avokotelolaatta Kerto Ripa®
- Rakentamista siirrettävä elementtitehtaalte
- Yksi rakennekerros saatava pois
- Tutkimuskirjallisuus
 - ”Ilman kelluvaa lattiaa ei voida saavuttaa hyväksyttävää askelääneneristävyyttä” (COST Action FP0702, 2012)
 - Toisaalta: Suomessa 1990-luvulla tutkijoiden kokeiluja, joissa eri rakennekerroksia vaihdeltiin



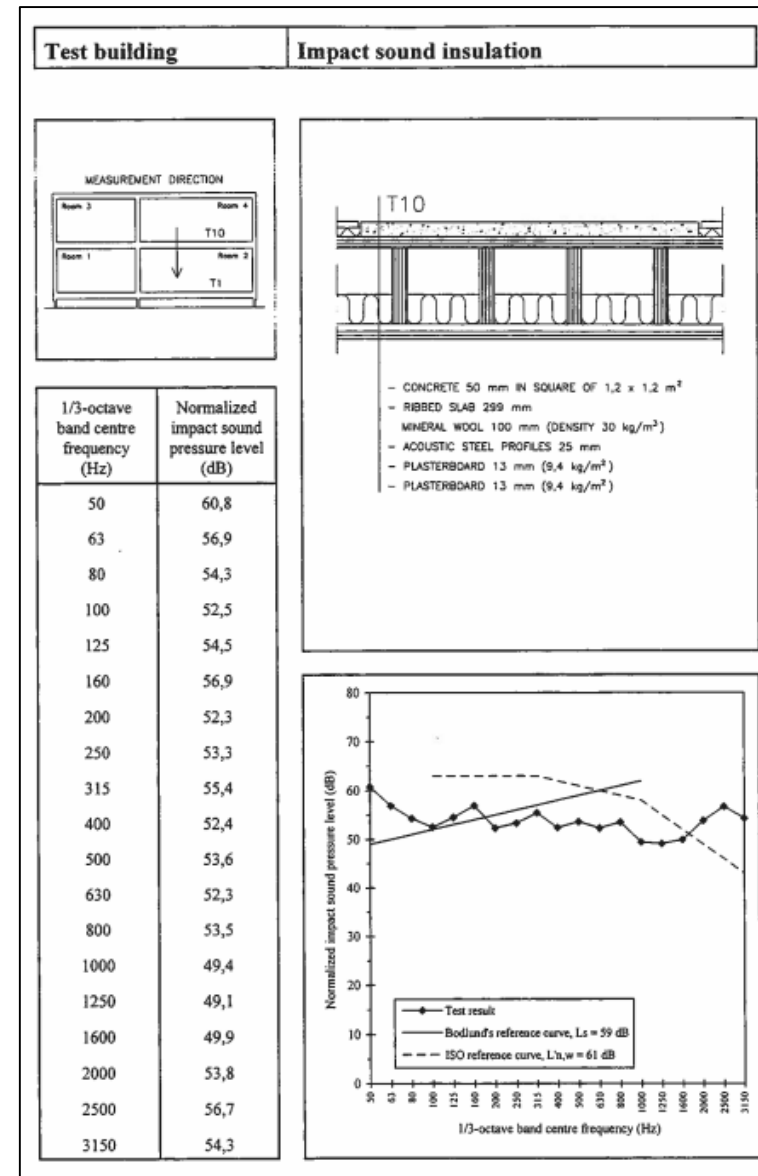
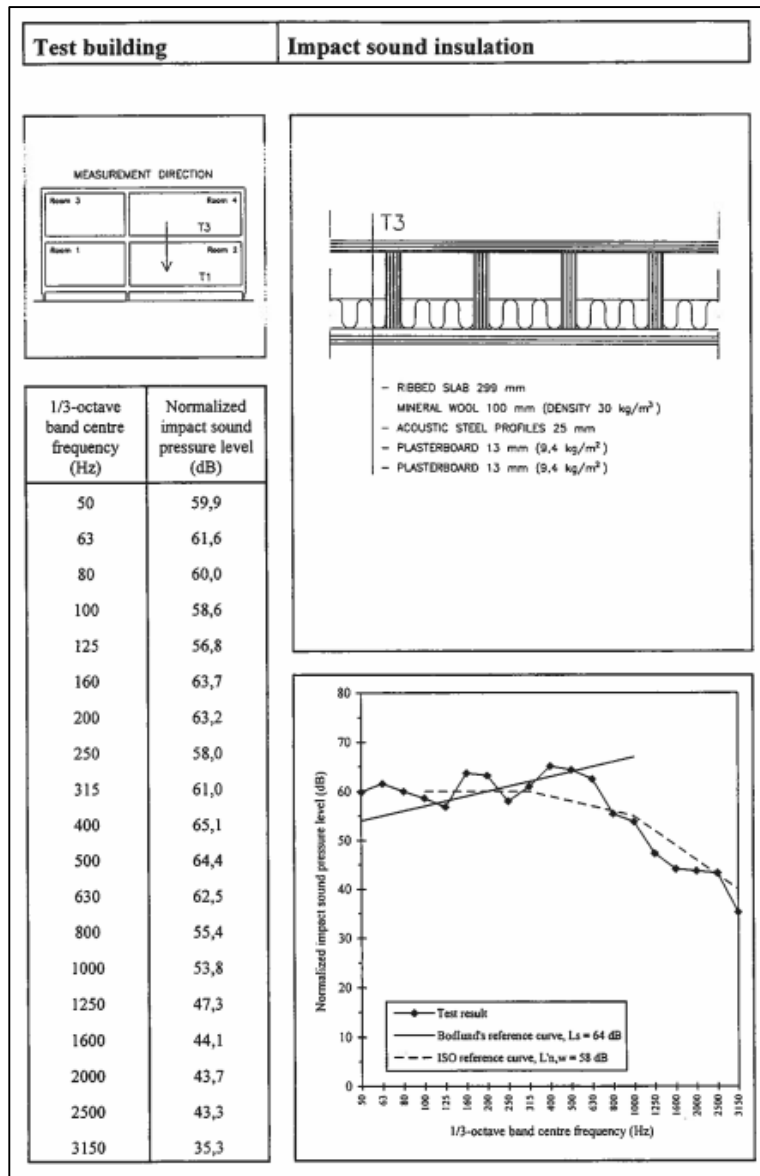
1990-luvun tutkimuksia TTY:llä

VP 1



- | | |
|---|--------|
| 1. Lastulevy | 22 mm |
| 2. Mineraalivilla | 30 mm |
| 3. Kertopuuripalaatta | 299 mm |
| - kansilevy | 39 mm |
| - kertopuupalkit (51x260) k300, välissä mineraalivilla 100 mm | |
| 4. Akustinen jousiranka AP-25 k400 | 25 mm |
| 5. Kipsilevy N | 13 mm |
| 6. Kipsilevy N | 13 mm |





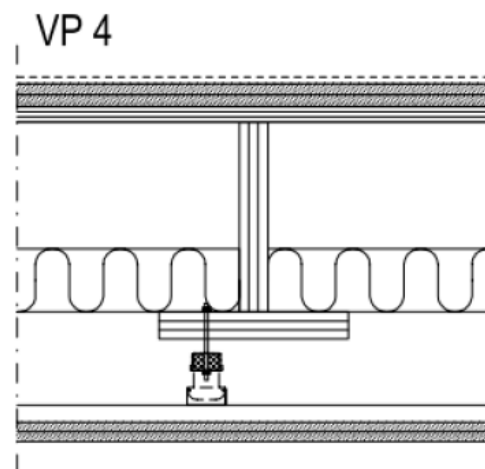
Lähde: Keronen A & Kylliäinen M, Sound insulating structures of beam-to-column framed wooden apartment buildings, Tampere University of Technology, Laboratory of Structural Engineering, Publication 77, Tampere, 1997.

Uuden puuvälipohjan kehittäminen

- 1990-luvun tulosten perusteella voitiin päätellä, että ilman kelluvaa lattiaa askeläänitasoluku $L'_{n,w}$ on saavutettavissa
 - Kelluva lattia toisaalta myös kasvattaa askeläänitasoja resonanssialueella, mikä ei ole subjektiivisen kokemuksen kannalta edullista
- Ajatusta testattiin A-Insinöörien kehittämällä puuvälipohjien askelääneneristävyyden laskentamallilla (RAIMO)
 - Alakaton rakenne ja ripustus
 - Avokotelolaatan päällä tarvittavat levykerrokset
- Laboratoriomittaukset (VTT)
- Mittaustulokset koerakennuksesta (konsultti)

Laboratoriomittausten tulokset

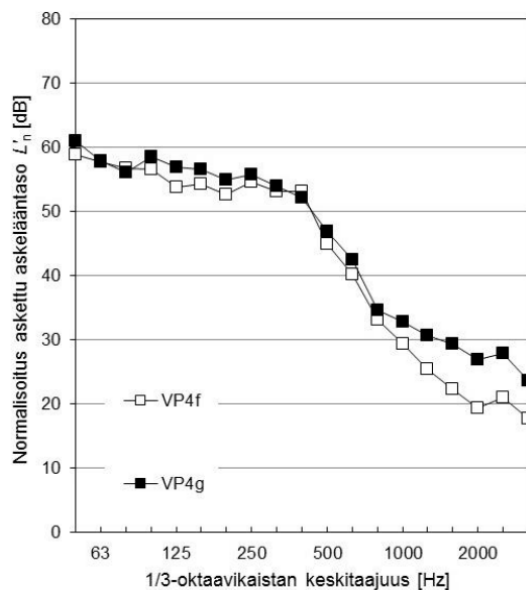
Rakenne	Lattianpäällyste	Avokotelolaatan yläpuolinen kerros	Askeläänitasoluku $L_{n,w}$
VP4c	Laminaatti ja Damtec Standard 3 mm	60 mm betoni	48 dB
VP4d	Laminaatti ja Damtec Standard 3 mm	Kipsilevytyks (36 mm)	53 dB
VP4e	Laminaatti ja Damtec Standard 3 mm	Kipsilevytyks (72 mm)	52 dB



1. Lattianpäällyste
2. Rakennuslevykerros
3. Kerto Ripa -avokotelolaatta
- ripojen välissä mineraalivilla 100 mm
4. Tärinäneristetyt kiinnikkeet
5. Kaksinkertainen kipsilevytyks

430 mm

Mittaustulokset koerakennuksesta



- Pienillä taajuuksilla ei ole puuvälipohjille tyypillistä resonanssiipiikkiä
- Askeläänispektri on lähellä tyypillisiä betonivälipohjia

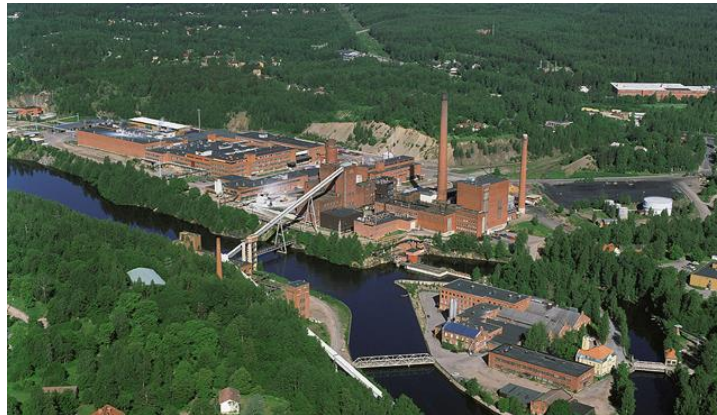
Rakenne	Lattianpäällyste	Avokotelolaatan yläpuolinen kerros	Askeläänitasoluku $L'_{n,w}$	Askeläänitasoluku $L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$
VP4f	Lautaparketti ja Tuplex	Kuituvahvistelevy Rigidur H 18 mm ja 3 x lattiakipsilevy GL 15 mm	48	51 dB
VP4g	Lautaparketti ja Tuplex	Kuituvahvistelevy Rigidur H 18 mm ja 2 x lattiakipsilevy GL 15 mm	50 dB	52 dB

Päätelmät

- Välipohja
 - Kelluva lattia ei ole välttämätön, vaan joustavasti ripustettu alakatto on tärkeämpi
 - Kehitystyön tuloksena saatiin aikaan puuvälipohja, joka on akustisesti lähellä betonivälipohjia
 - Kehitetyn välipohjan lattiapäällysteinä voidaan käyttää samoja tuotteita kuin betonivälipohjan lattiapäällysteinä
- Puurakentamisen kehittäminen
 - Kehittämisen varaa on vielä paljon
 - Kilpailukyky edellyttää rakennekerrosten vähentämistä ja elementointia
 - Uusia ideoita kannattaa hyödyntää

Rakentaminen liikennemelualueille

Ympäristömelun lähteitä

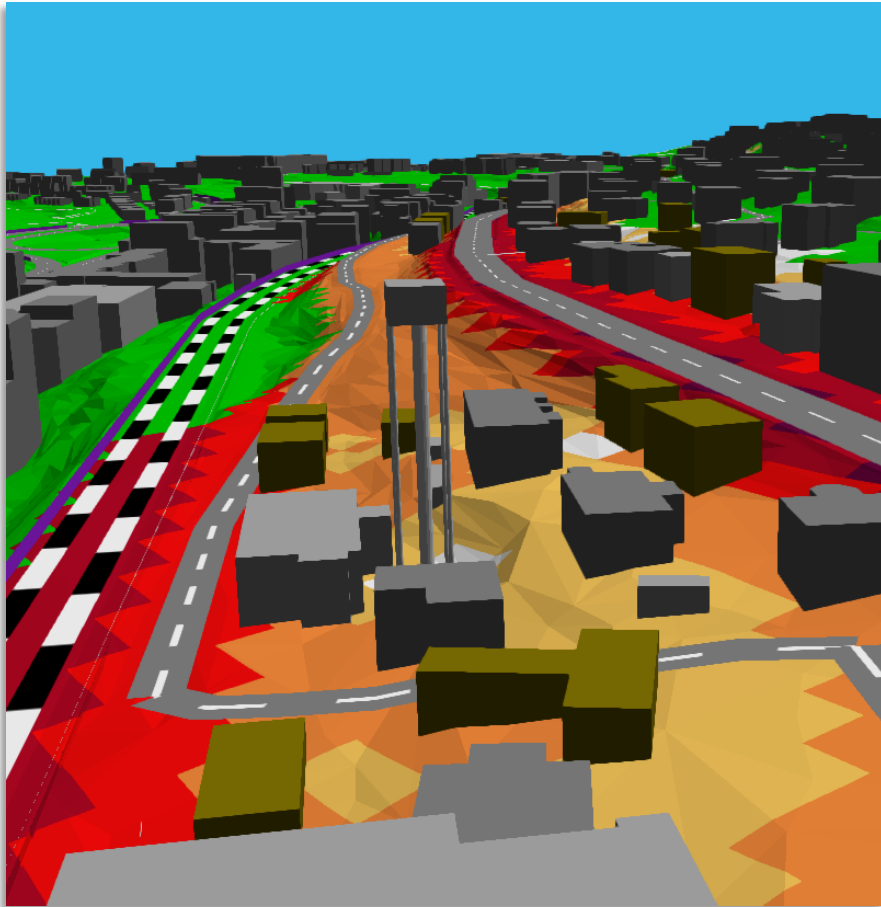


Tuulivoimalat

Ilmanvaihtolaitokset

Ampumaradat

Melu-, värinä- ja runkomeluselvitykset rakennushankkeen eri vaiheissa



Pispalan kaupunginosa asemakaavojen 8309 ja 8310
meluselvitys, Tampere (2018)

Meluselvitykset

Yleiskaavoitus (alueellinen)

Meluselvitys melumallinnuksen perusteella

- Osoitetaan alueet, joilla meluntorjuntatarve
- Tehdään nykytilanteesta ja ennustetilanteesta

Asemakaavoitus (korttelikohtainen)

Tarkennettu meluselvitys, jonka perusteella kaavamääräykset

- Rakennuksen ulkovaipan ääneneristys
- Piha-alueiden meluntorjunta
- Parvekkeiden meluntorjunta

Rakennuslupavaihe (rakennuskohtainen)

Selvitykset melua koskevien kaavamääräysten toteutumisesta

Toteutussuunnittelu

Ilmanvaihtolaitosten meluselvitykset

Ympäristösertifiointiin liittyvät meluselvitykset (BREEAM)

Käyttöönottovaihe

Rakennusvalvonta voi edellyttää tarkistusmittauksia

Tärinä- ja runkomeluselvitykset

Yleiskaavoitus (alueellinen)

Tärinä- ja runkomeluselvitys

- Turvaetäisyyksiin perustuva tärinä- ja runkomeluselvitys
- Laskentaan perustuva tärinä- ja runkomeluselvitys

Asemakaavoitus (korttelikohtainen)

Tärinä- ja runkomeluselvitys, mieluiten mittauksiin perustuva

Rakennuslupavaihe (rakennuskohtainen)

Tärinän ja runkomelun hallintasuunnitelma

Eristussuunnittelu

Tärinän ja runkomelun hallinnan tarkastustoiminta

Toteutussuunnittelu

Värähtelytekninen työselostus **rakennedetaljeineen**

Rakennusaikainen valvonta

Käyttöönottovaihe

Rakennusvalvonta voi edellyttää tarkistusmittauksia

Melutason ohjearvot

- Meluselvityksen tuloksena lasketaan keskiäänitasot $L_{A,eq}$
 - Nykytilanteelle
 - Päiväaika (klo 7-22)
 - Yöaika (klo 22-7)
 - Ennustetilanteelle
 - Päiväaika (klo 7-22)
 - Yöaika (klo 22-7)
- Lasketut keskiäänitasot eivät saa ylittää melutason ohjearvoja
- **Huom!** Määräysten täyttyminen ei tarkoita sitä, että liikennemelu ei lainkaan kuuluisi tai häiritsisi

MELUTASON YLEISET OHJEARVOT (V_n , päätös 993/92)	Melun A-painotettu keskiäänitaso (ekvivalenttitaso), L_{Aeq} , enintään	
	Päivällä klo 7-22	Yöllä klo 22-7
Ulkona		
Asumiseen käytettävät alueet, virkistysalueet taajamissa ja niiden välittömässä läheisyydessä sekä hoito- tai oppilaitoksia palvelevat alueet	55 dB	45-50 dB ¹⁾
Loma-asumiseen käytettävät alueet, leirintäalueet ja virkistysalueet taajamien ulkopuolella ja luonnonsuojelualueet	45 dB	40 dB ³⁾
Sisällä		
Asuin-, potilas- ja majoitushuoneet	35 dB	30 dB
Opetus- ja kokoontumistilat	35 dB	-
Liike- ja toimistohuoneet	45 dB	-

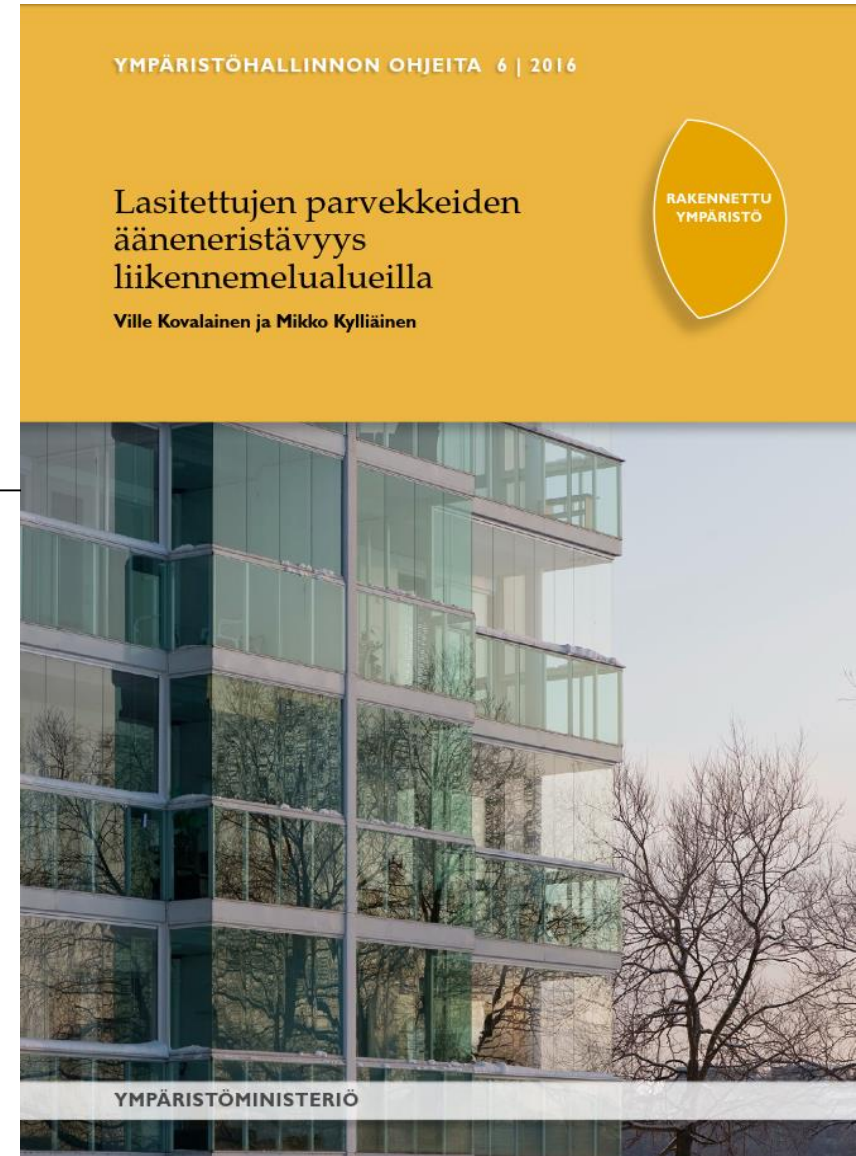
1) Uusilla alueilla melutason yöohjearvo on 45 dB.

2) Oppilaitoksia palvelevilla alueilla ei sovelleta yöohjearvoa.

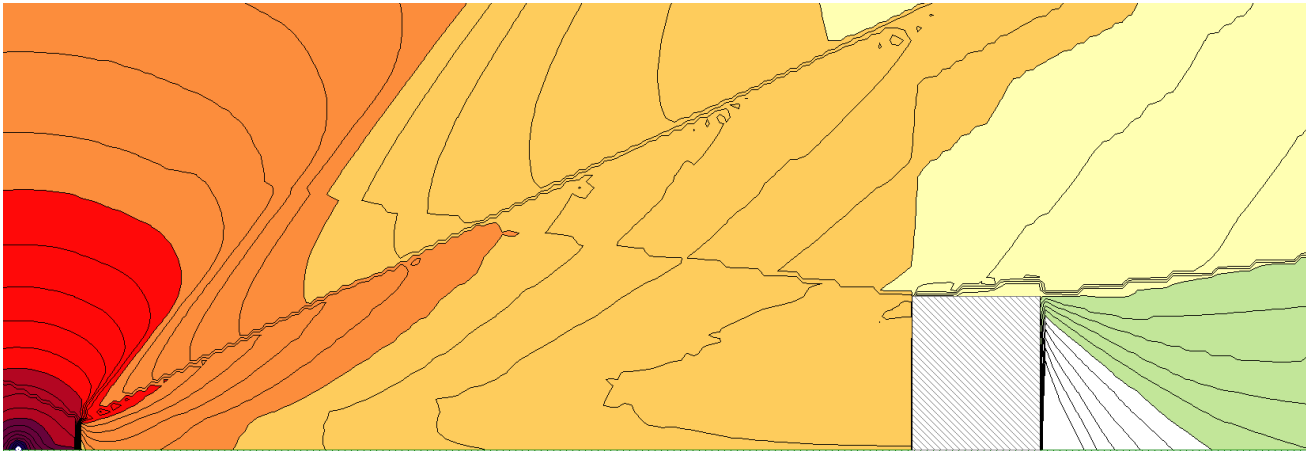
3) Yöohjearvoa ei sovelleta sellaisilla luonnonsuojelualueilla, joita ei yleisesti käytetä oleskeluun tai luonnon havainnointiin yöllä.

Meluntorjunnan keinot

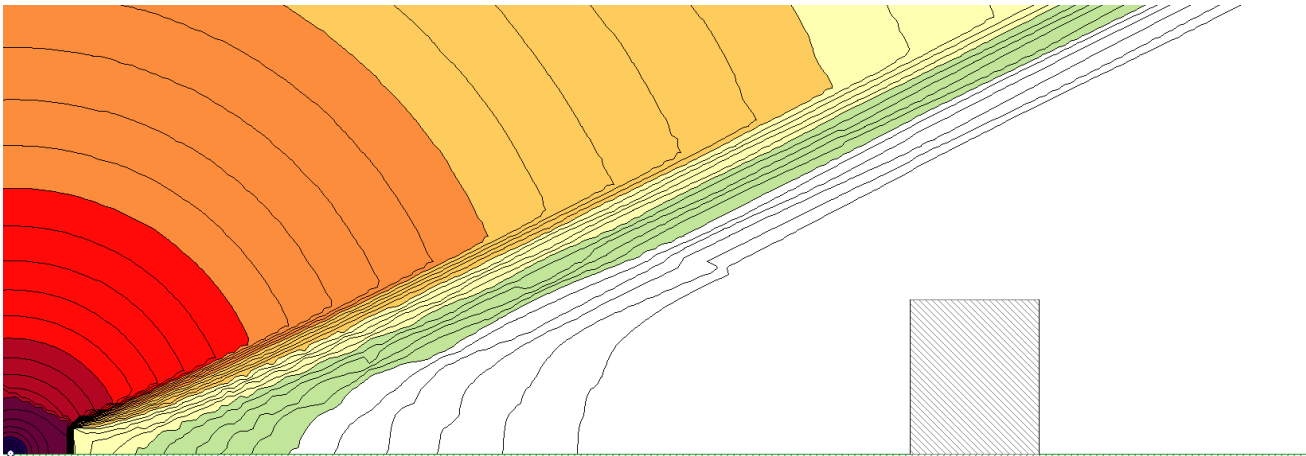
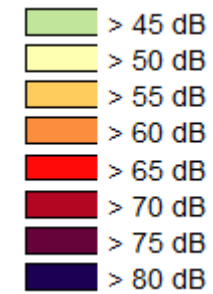
- **Rakennusmassat**
- **Rakennuksen ulkovaipan ääneneristävyys**
- Parvekelasitukset
- **Meluesteet melun torjumiseksi pihojen oleskelualueilla**



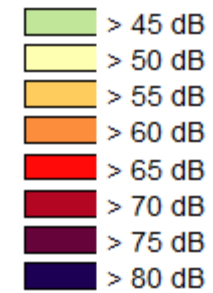
Meluesteen toiminta



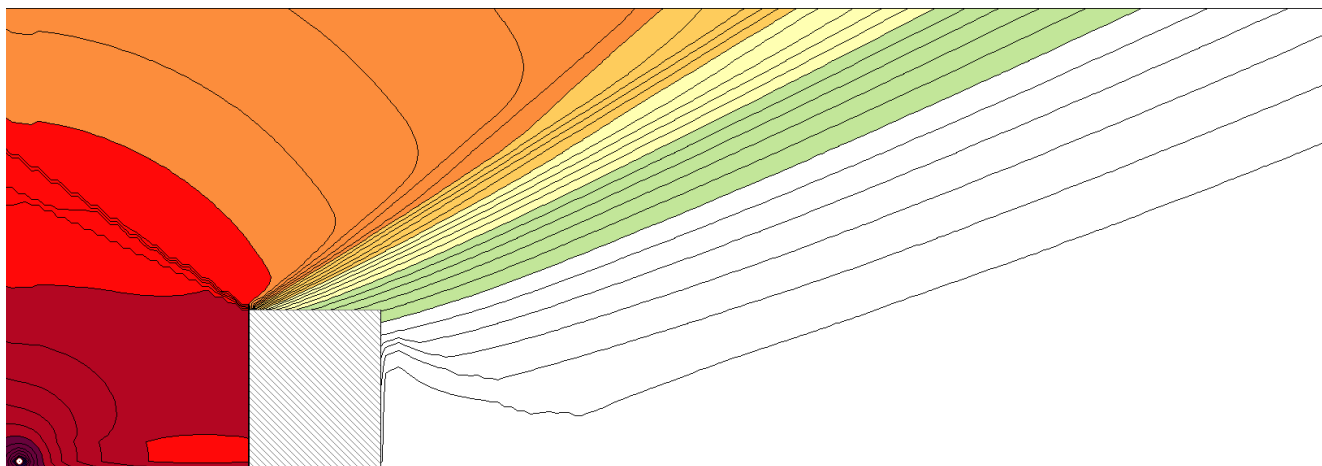
Äänen sironta taajuudella 63 Hz



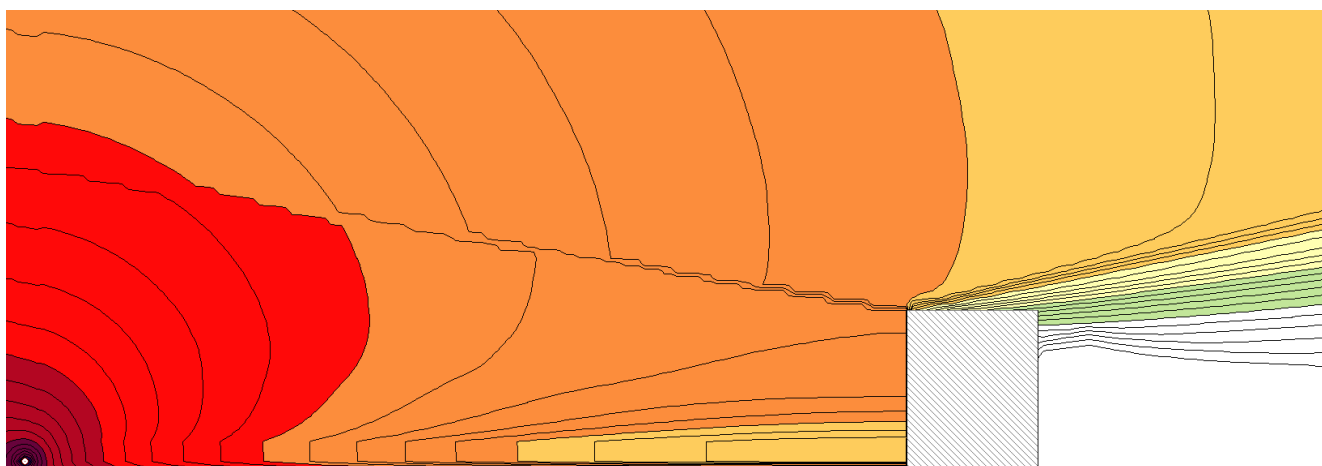
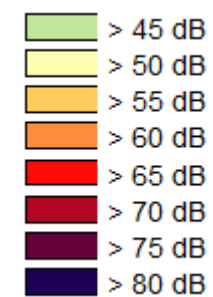
Äänen sironta taajuudella 8000 Hz



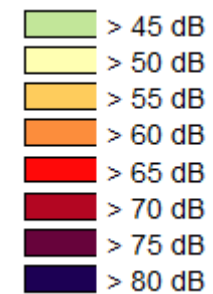
Rakennusmassan sijoitus



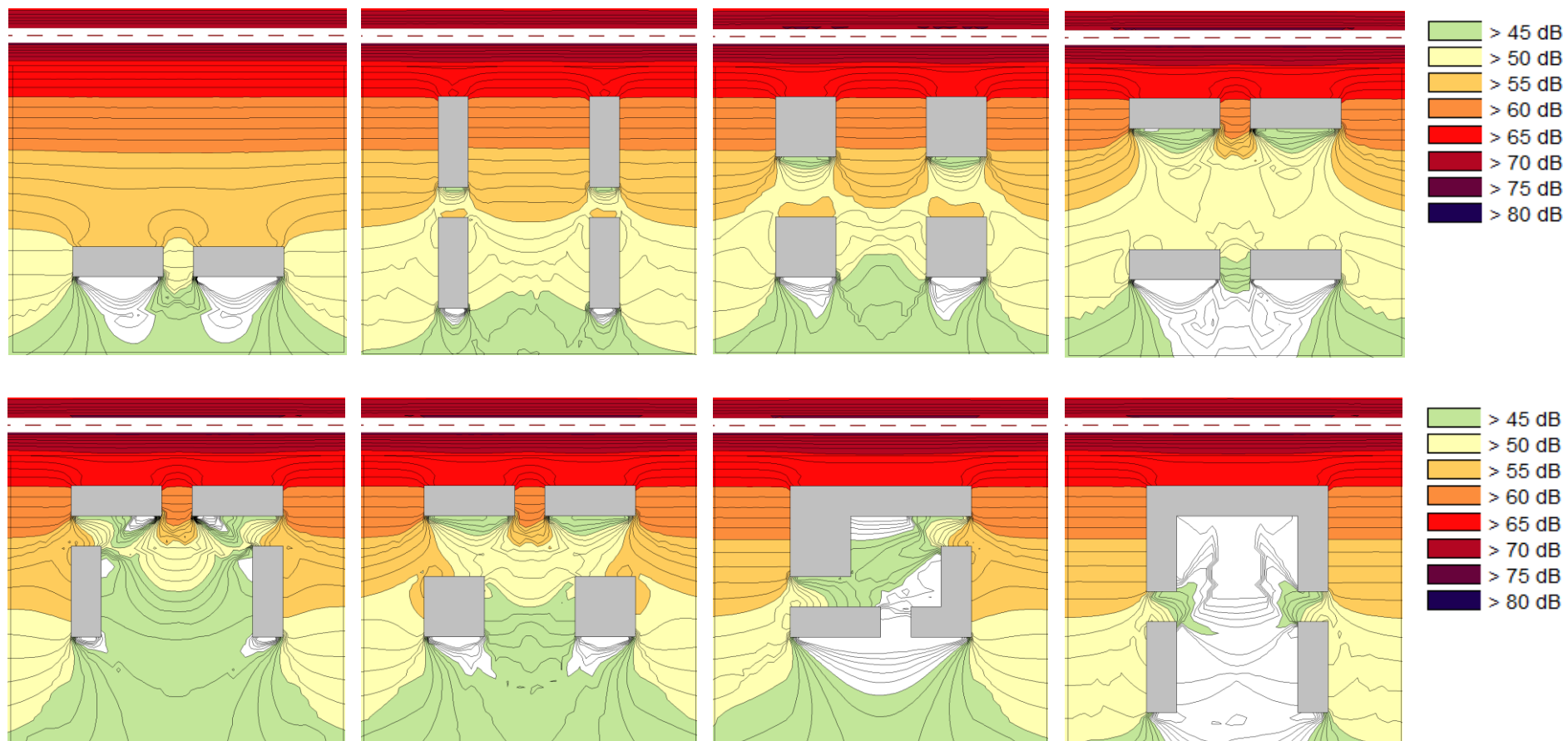
Rakennusmassa lähellä tietä



Rakennusmassa kaukana tiestä



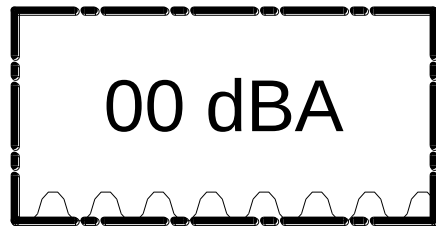
Korttelirakenteen vaikutus melun leviämiseen



Meluntorjunnan nyrkkisääntöjä

- Taajamissa meluntorjuntaa ei voida ratkaista etäisyydellä melulähteeseen
 - Liikennemelu vaimenee 3 dB, kun etäisyys liikenneväylään kaksinkertaistuu
- Melueste on sitä tehottomampi
 - Mitä kauempana se on äänilähteestä
 - Mitä kauempana se on suojattavasta alueesta
- Meluntorjunnan suunnittelu
 - Sijoitetaan ensin rakennusmassat ja tehdään sitten meluselvitys?
 - Tehdään ensin meluselvitys ja otetaan meluntorjunta lähtökohdaksi rakennusmassojen sijoittelussa?

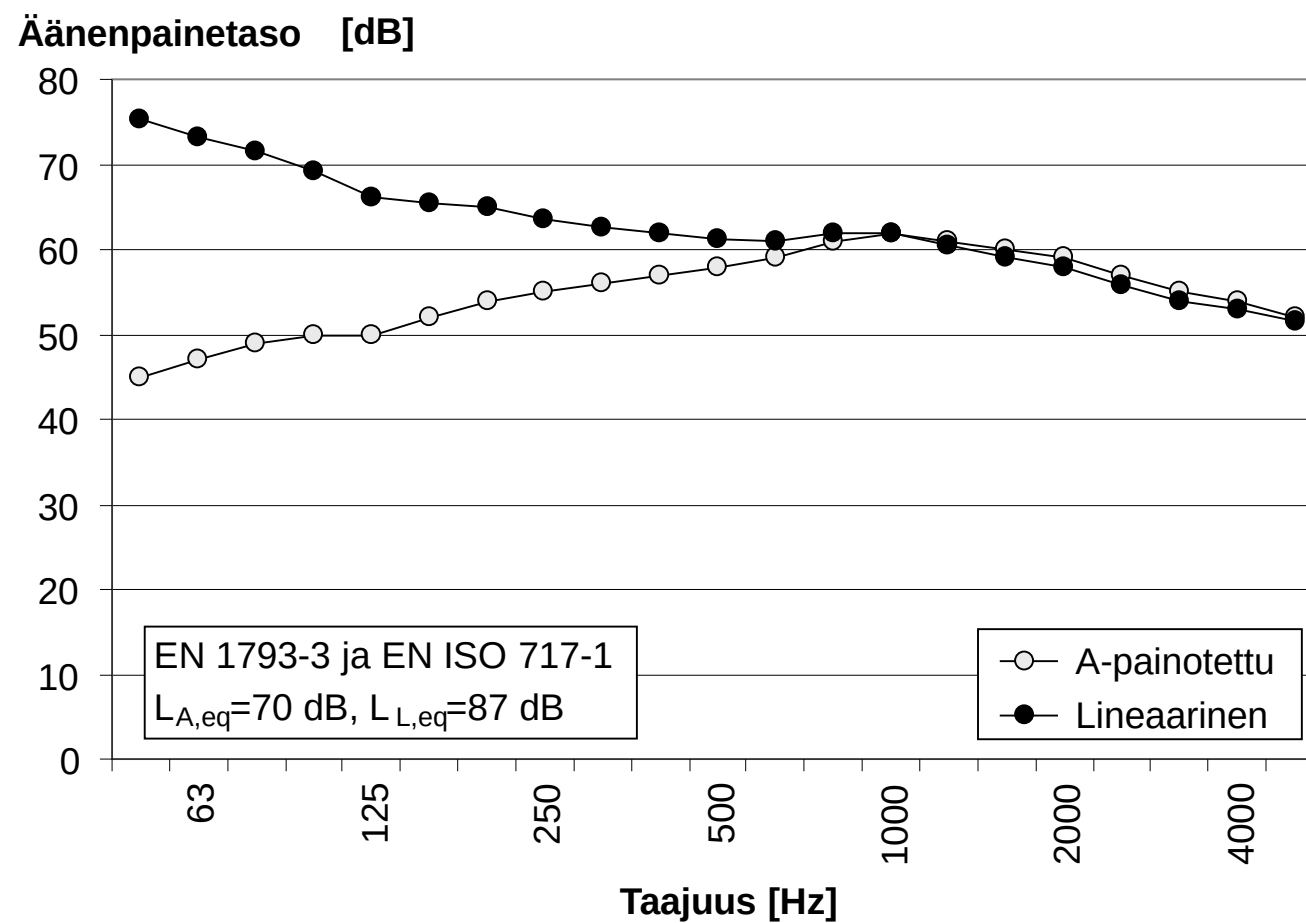
Ulkovaipan ääneneristystä koskeva kaavamääräys



Merkintä osoittaa rakennusalan sivun, jonka puoleisten rakennuksen ulkoseinien sekä ikkunoiden ja muiden rakenteiden ääneneristävyyden liikennemelua vastaan on oltava vähintään 00 dBA.

- Kaavamääräys $\Delta L_{A,vaad}$ annetaan ulkovaipan pinnalla vallitsevan äänitason $L_{A,eq,u}$ ja sisällä sallittavan äänitason $L_{A,eq,s}$ erotuksena
- Äänitasoero $\Delta L_{A,vaad}$ ei ole yhtä kuin ulkovaipan rakennusosien ääneneristävyys, joka ilmoitetaan ilmaääneneristyslukuna, esim.
 - tieliikennemelua vastaan $R_w + C_{tr}$
 - raide- ja lentomelua vastaa $R_w + C$

Liikennemelun taajuusjakauma



Äänen siirtyminen ulkoa sisään

- Mitoittava suure on **äänitaso rakennuksen sisällä** $L_{A,eq,S}$ (VnP 993/1992: 35/30 dB)
- Ääntä siirtyy ulkoa sisään
 - ulkovaipan kaikkien rakennusosien kautta
 - sitä enemmän, mitä suurempi on rakennusosan pinta-ala (pinta-alan kaksinkertaistuminen kasvattaa sisälle välittyvää äänitasoa 3 dB)
 - sitä enemmän, mitä heikompi on rakennusosan ääneneristyskyky
- Suuressa tilassa ääni vaimenee enemmän kuin pienessä

Ulkovaipan äänitasoero

- Sisälle yhden rakennusosan kautta siirtyvä äänitaso
 - $L_{A,s} = L_{A,u} - (R_w + C_{tr}) + 7 + 10 \log_{10} \frac{S_i}{S_H}$
 - $L_{A,s}$ = äänitaso sisällä [dB]
 - $L_{A,u}$ = äänitaso ulkona [dB]
 - $R_w + C_{tr}$ = ilmaääneneristysluku tieliikennemelua vastaan [dB]
 - S_i = rakennusosan pinta-ala [m²]
 - S_H = huoneen pinta-ala [m²]
- Äänitasoero yhden rakennusosan kautta
 - $\Delta L_{A,i} = L_{A,u} - L_{A,s} = (R_w + C_{tr}) - 7 - 10 \log_{10} \frac{S_i}{S_H}$
- Useiden rakennusosien kautta siirtyneiden äänitasojen summa sisällä
 - $\Delta L_{A,tot} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n 10^{-\Delta L_{A,i}/10}} \right)$
- Melutason ohjearvo täyttyy, kun $\Delta L_{A,tot} \geq \Delta L_{A,vaad}$

Puurakenteisten ulkoseinien ilmaääneneristyslukuja

Tunnus	Rakennekerrokset	R_w	$R_w + C$	$R_w + C_{tr}$
US1	- puuverhous 23 mm - tuuletusväli 32 mm, jossa puuranka k600 - tuulensuojavilla 50 mm - pystyrunko 150 mm k600, välissä lämmöneristysvilla 150 mm - kipsilevy N13	42 dB	41 dB	39 dB
US2	- puuverhous 23 mm - tuuletusväli 32 mm, jossa puuranka k600 - tuulensuojakipsilevy TS9 - pystyrunko 200 mm k600, välissä lämmöneristysvilla 200 mm - kipsilevy N13	49 dB	47 dB	42 dB
US3	- puuverhous 23 mm - tuuletusväli 32 mm, jossa puuranka k600 - tuulensuojakipsilevy TS9 - pystyrunko 200 mm k600, välissä lämmöneristysvilla 200 mm - 2 x kipsilevy N13	50 dB	49 dB	45 dB
US4	- puuverhous 23 mm - tuuletusväli 32 mm, jossa puuranka k600 - tuulensuojakipsilevy TS9 - pystyrunko 150 mm k600, välissä lämmöneristysvilla 150 mm - CLT 100 mm - kipsilevy N13 - kipsilevy F15	54 dB	52 dB	48 dB
US5	Kantava betonisandwich-elementti	60 dB	59 dB	54 dB

Saavutettava äänitasoero $\Delta L_{A,tot}$

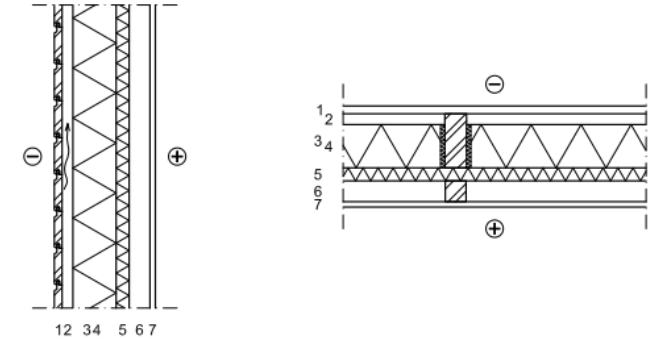
Ikkunan $R_w + C_{tr}$	Ulkoseinän rakennetyyppi	Ulkoseinän $R_w + C_{tr}$	Saavutettava äänitasoero $\Delta L_{A,tot}$	
			Huone 12 m ²	Huone 24 m ²
37 dB	US1	39 dB	32 dB	33 dB
37 dB	US2	42 dB	33 dB	35 dB
37 dB	US3	45 dB	34 dB	36 dB
37 dB	US4	48 dB	34 dB	37 dB
40 dB	US1	39 dB	33 dB	34 dB
40 dB	US2	42 dB	35 dB	36 dB
40 dB	US3	45 dB	36 dB	38 dB
40 dB	US4	48 dB	37 dB	39 dB

- Huoneen pinta-ala 12 m² tai 24 m²
- Ulkoseinärakenteen pinta-ala 5,5 m² tai 13 m²
- Ikkuna
 - Ilmaääneneristysluku $R_w + C_{tr}$ on 37 dB tai 40 dB
 - Pinta-ala 2 m²
- [Laskentatyökalu](#)

Esimerkki ulkoseinärakenteesta

- Jäykkä, kevyt eriste
 - Kovuuden johdosta ei absorptiokykyä
 - Pienen massan johdosta ei ääneneristävyyttä
- Ilmaääneneristysluku tieliikennemelua vastaan $R_w + C_{tr}$ on 26 dB

Rakennuskohde	Sisäilma Puurunko, RakMk D3 vertailutaso Kingspan Therma TM -eristeinen ulkoseinä		Tunnus US 1.2.0
Suunnittelija	Pvm	Mittakaava 1:10	Työ nro



Rakenne	1	Ulkoverho
	2	Tuuletusväli 25 mm
	3	Runkotolpat k600 rakennesuunnitelmien mukaan
	4	Kingspan Therma TM TW55 Runkolevy 100 mm, vaahdotus runkoon
	5	Kingspan Therma TM TW55 30 mm, saumat vaahdotetaan
	6	Asennustila, pystykoolaus 48x48 mm
	7	Sisäverho

U-arvo 0,17 W/m²K (TW55 λ_{U} 0,022 W/mK)

Ilmaääneneristävyys	R_w	≥ 30 dB	(mineraalivilla + lisäkiipsilevy ~41 dB)
	$R_w + C$	≥ 29 dB (lentomelua vastaan)	(mineraalivilla + lisäkiipsilevy ~40 dB)
	$R_w + C_w$	≥ 26 dB (liikennemelua vastaan)	(mineraalivilla + lisäkiipsilevy ~38 dB)

Ilmaääneneristävyyttä voidaan parantaa asennustilan asennettavalla tarkoitukseen sopivalla mineraalivillalla sekä toisella kiipsilevykerroksella (sovellettu tarkoitukseen).

Runko voidaan jäykistää rungon ulkopuolelle tai eristelevyjen väliin asennettavalla tarkoitukseen sopivalla rakennuslevyllä.

Kingspan ThermaTM -eristelevyistä ei tule poistaa laminaattia levyn kummaltakaan puolelta. Kahden Kingspan ThermaTM -eristelevyn väliin jääviä laminaatteja ei tule myöskään poistaa.

Kingspan ThermaTM -eristeiden asennus tehdään Kingspan vaahdotusohjekortin [nro 101] ja Kingspan kiinnitysohjekortin [nro 105] mukaan. Yhtenäinen Kingspan ThermaTM -eristekerros ja asennustilan koolaus kiinnitetään kantavaan runkoon mekaanisilla kiinnikkeillä.

Lämmönläpäisykertoimet (US 1.2)

Detaljin tunnus	Eristepaksuudet	U-arvo
US 1.2.0	Therma TM TW55 Runkolevy 100 rungon välissä + TW55 30 yhtenäisenä kerroksena	0,17 W/m ² K
US 1.2.1	Therma TM TW55 Runkolevy 150 rungon välissä + TW55 30 yhtenäisenä kerroksena	0,13 W/m ² K
US 1.2.2	Therma TM TW55 Runkolevy 150 rungon välissä + TW55 100 yhtenäisenä kerroksena	0,09 W/m ² K

U-arvot on laskettu EN ISO 6946:2007 mukaan. U-arvoissa on otettu huomioon lämmöneristekerrosten lisäksi sujuvat ilmatiet ja sisäverho. Puurunko on otettu huomioon eristekeleksi (k600) ja sujuvissa ilmatieissä (k600). Sisä- ja ulkopuolinen pintavälikko on käytetty 0,13 m² K/W.

Kaavavaatimuksen vaikutus ulkoseiniin

- $\Delta L_{A,vaad} = 30 \text{ dB}$
 - Useimpia tavanomaisia ulkoseinärakenteita mahdollista käyttää
 - Tuulensuojana tiivis rakennuslevy
- $\Delta L_{A,vaad} = 35 \text{ dB}$
 - Kevyiden ulkoseinien käyttö mahdollista
 - Tuulensuojana tiivis rakennuslevy
 - Sisäverhouslevyjen määrän lisäys
- $\Delta L_{A,vaad} = 40 \text{ dB}$
 - Kevyiden ulkoseinien käyttö haasteellista
 - Vakoikkunoiden ääneneristävyyden yläraja $R_w + C_{tr} = 46 \text{ dB}$
 - Ikkunoiden pinta-alan pienentäminen
- Rakennettaessa puukerrostalo liikennemelualueelle ulkovaipan ääneneristys on otettava ajoissa huomioon
- Puurakenteisten ulkoseinien ääneneristävyydessä kehittämisen varaa, mutta myös mahdollisuuksia

Tärinä ja runkomelu

- Tärinä ja runkomelu ovat värähtelyä, joka etenee maaperän kautta rakennukseen ja saa edelleen rakennuksen rungon värähtelemään
- Ihminen havaitsee värähtelyn eri tavalla:
 - Tärinä: tuntoaistimus
 - Runkomelu: kuuloaistimus
- Värähtelyn lähteenä useimmiten raideliikenne



Karavaanikuja 2-4, Helsinki (2016)

Värähtely ilmiönä ja sen ratkaisu

Ongelma

Värähtelylähde



Siirtotie



Aistihavainto

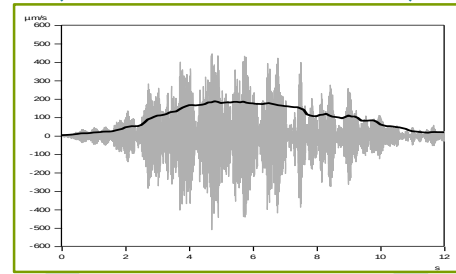


Ratkaisu

Mittaus



Analyyysi



Eristys



Tärinän ja runkomelun haitat

- Terveysvaikutukset
- Rakenteiden vaurioituminen
- Tärinäherkkien laitteiden toiminta ja vaurioituminen
 - Esimerkiksi sairaaloiden kuvantamislaitteet
 - Tärinäherkkyys liittyy usein mittaustarkkuuteen
 - Mikrometrin tarkkuudella ei voi kuvata, jos alustan värähtelyn amplitudi millimetrin osia

HS.fi

Tärinän haitat kasvavat junaradanvarsien asutuksessa

30.7.2007 22:00

A A

Silja Puttonen
HELSINGIN SANOMAT



Hidastetöyssyjen tärinä rassaa omakotiasujia

Karjasillalla pitkään kestänyt kiista hidastetöyssyn aiheuttamasta tärinästä omakotitaloasujille on päättynyt. Kaupunki on poistanut korokkeen Nokelantieltä. Nyt kaupunki poistaa korokkeita muualtakin Oulussa.

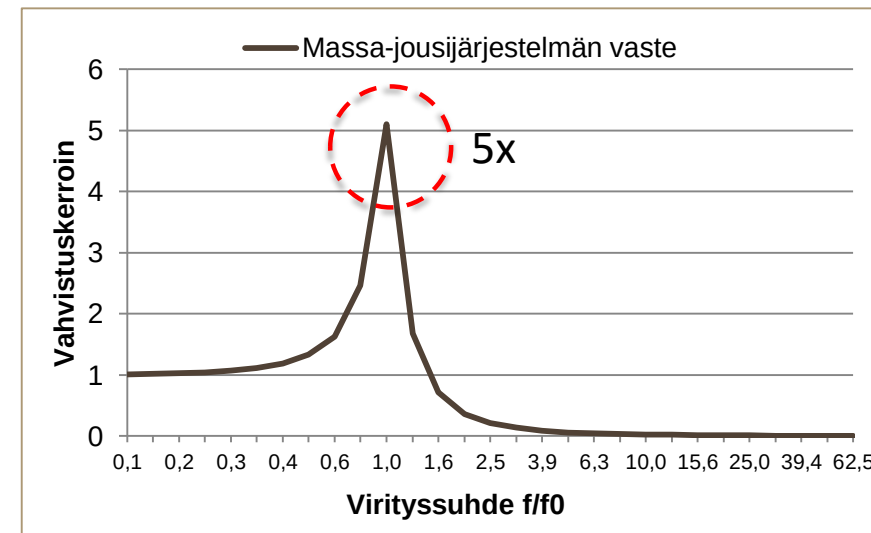
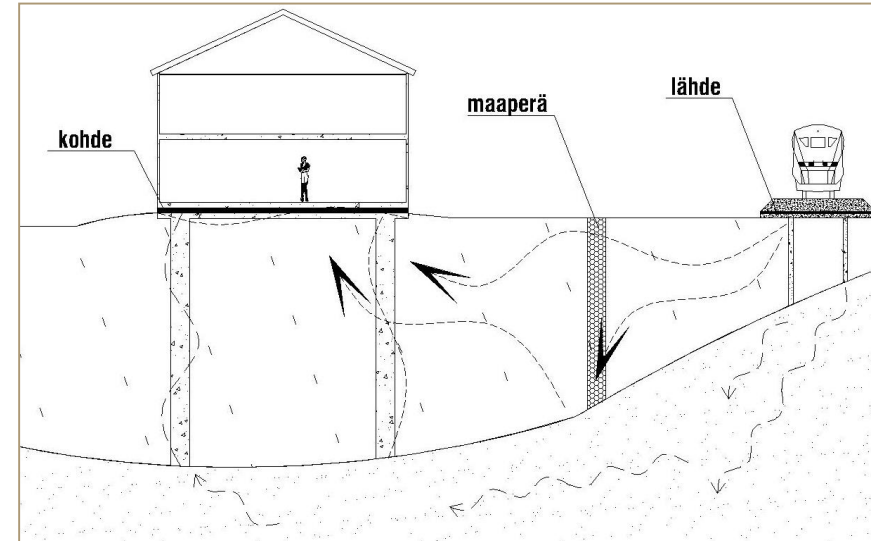


Tärinän ja runkomelun arviointimenetelmät

- **Arviointitaso 1:** riskietäisyydet
 - Kokemukseen perustuvat turvaetäisyydet
 - Karkein arviointitaso
 - Suositeltava arviointitaso tarkemman selvitystarpeen määrittämiseksi
- **Arviointitaso 2:** laskennallinen arviointi tai lyhyempi tarkistusmittaus
 - Suositeltava arviointitaso, kun 1. arviointitasolla ylitetään turvaetäisyydet
 - Arviointiin voidaan käyttää myös referenssikohteista saatuja mittaustuloksia
- **Arviointitaso 3:** seurantamittaus
 - Suositeltava arviointitaso, jos liikennöinti harvaa
 - Monin paikoin arviointitaso 2 on riittävä

Värähtelyn vaimennuskeinot

- Lähde
 - Uudet väylät, perusparannus
 - Kunnossapito, perustamistapa, eristinratkaisut, liikennöinti- rajoitukset
 - Vaikuttavat kaikkialle ympäristössä
- Siirtotie eli maaperä
 - Stabilointi, ponttiseinät
 - Vaikuttavat vain tärinään
 - Rajattu vaikutusalue
- Kohde
 - Eristinratkaisut, perustamistapa, **välipohjien resonanssimitoitus**
 - Vain uudisrakennukset
 - Vaikuttavat vain kohteeseen



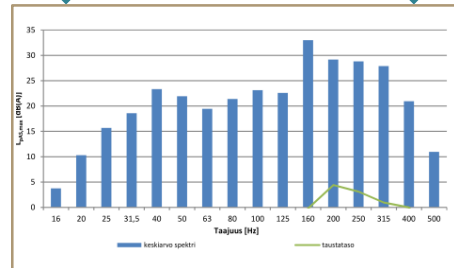
Runkomelueristys: suunnitteluesimerkki

Tavoitetaso

Merkitsevimmät junat

aika	$L_{pA,max}$ [dB(A)]	junatyyppi	suunta	massa [t]	pituus [m]
12:15:41	40	IC2	L		1+4
15:48:19	40	Sm1/2	L		4
15:16:35	40	IC2	L		1+5
14:17:11	39	IC2	L		1+5
13:16:57	39	IC2	L		1+5
10:17:02	39	IC2	L		1+5
14:47:46	38	Sm1/2	L		2
11:47:42	38	Sm1/2	L		2
15:56:58	37	Sm1/2	L		4
15:08:53	37	Sm1/2	L		2
14:58:19	37	Sm5	L		4
12:56:51	37	Sm5	L		4
13:08:25	37	Sm5	L		4
14:38:37	37	Sm5	L		4
11:56:29	37	Sm5	L		4

Taajuusanalyysi



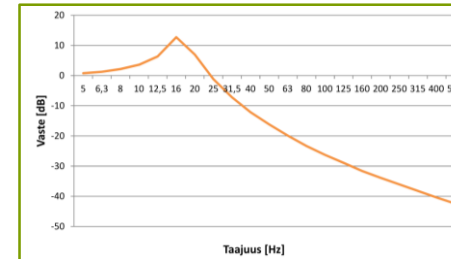
Vaimennustarve

Vaimennus 20dB

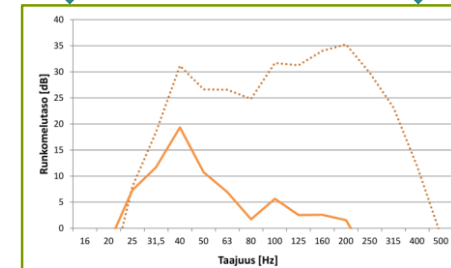
Järjestelmän ominais-
taajuus $f_0=17\text{Hz}$

Eristimen mitoitus

Eristimen vaste



Vasteen vaikutus



Runkomelutasot

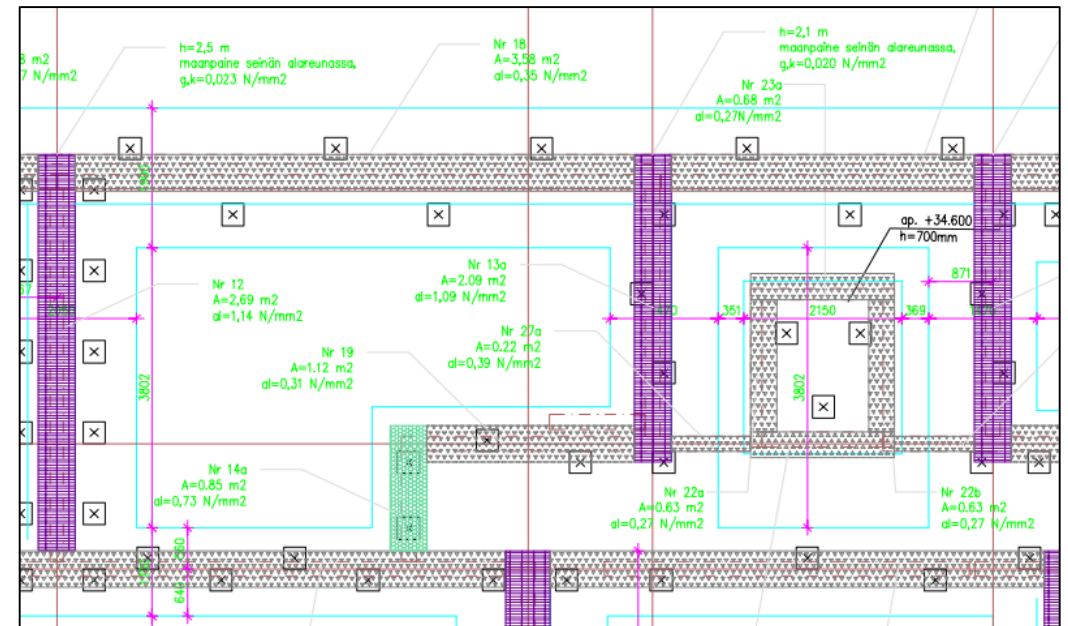
Lähtötilanteen
runkomelutaso 41dB

Runkomelutaso
vaimentimella 21 dB

Eristysten vaikutukset suunnitelmiin

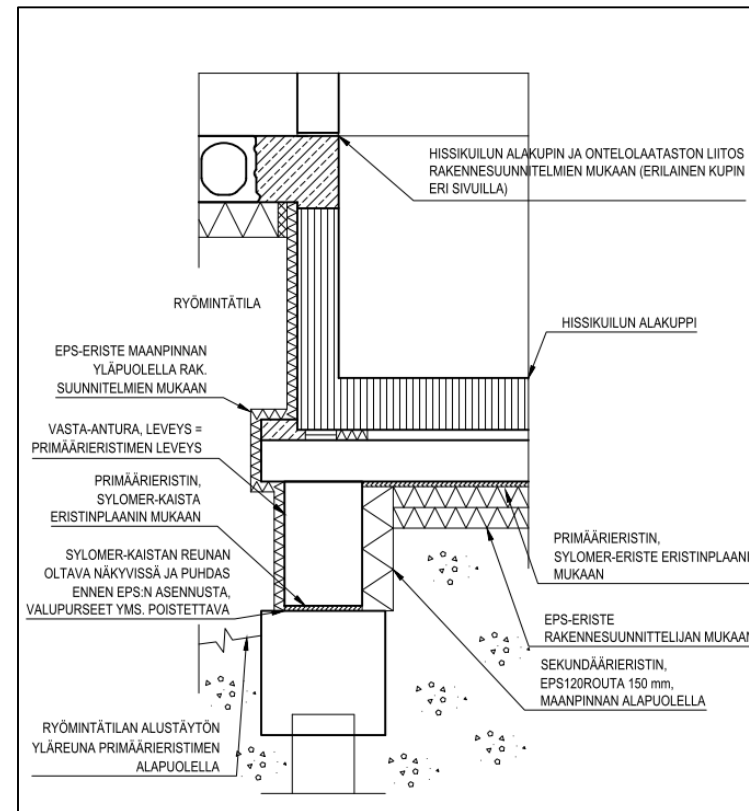
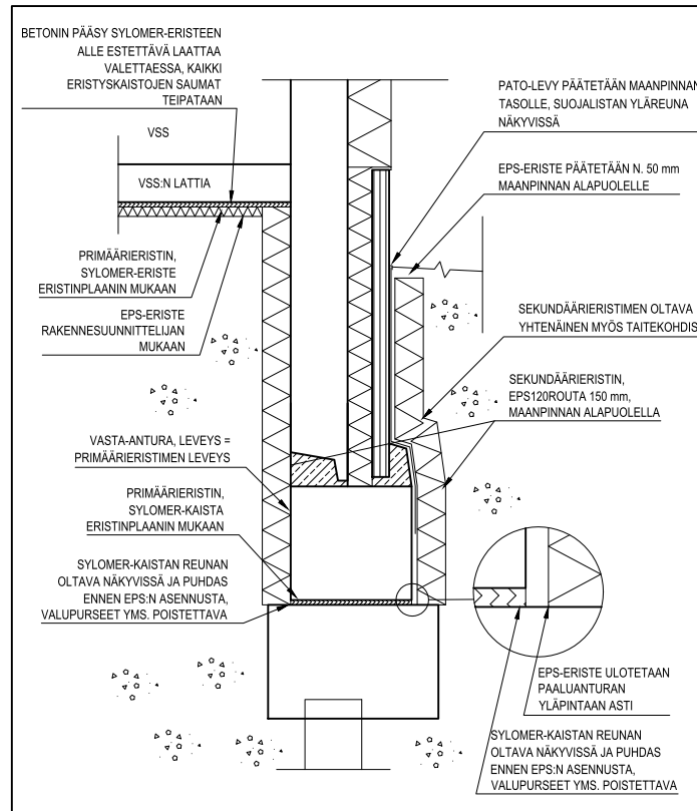
Tarvittavat asiakirjat rakennushankkeen eri vaiheissa

- Tärinän ja runkomelun hallintasuunnitelma
 - Tehdään rakennuslupavaiheessa
 - Suunnitelmassa esitetään
 - Tavoitteet
 - Toteutusperiaatteet
- Värähtelytekninen työselostus
 - Toteutussuunnitteluvaiheessa
 - Mitoitusperusteet
 - Käytettävät materiaalit
 - Tasopiirustus eristinten sijoituksesta
 - Asennus- ja toteutusohjeet
 - Rakenne- ja LVIS-detallit



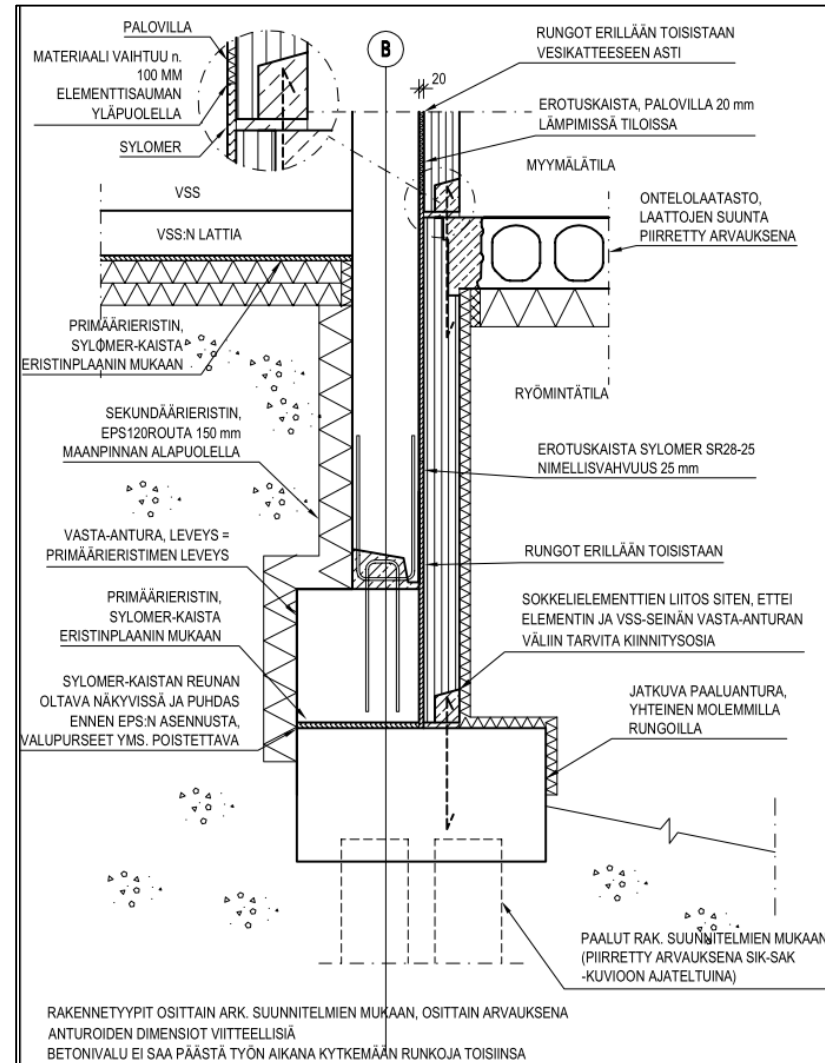
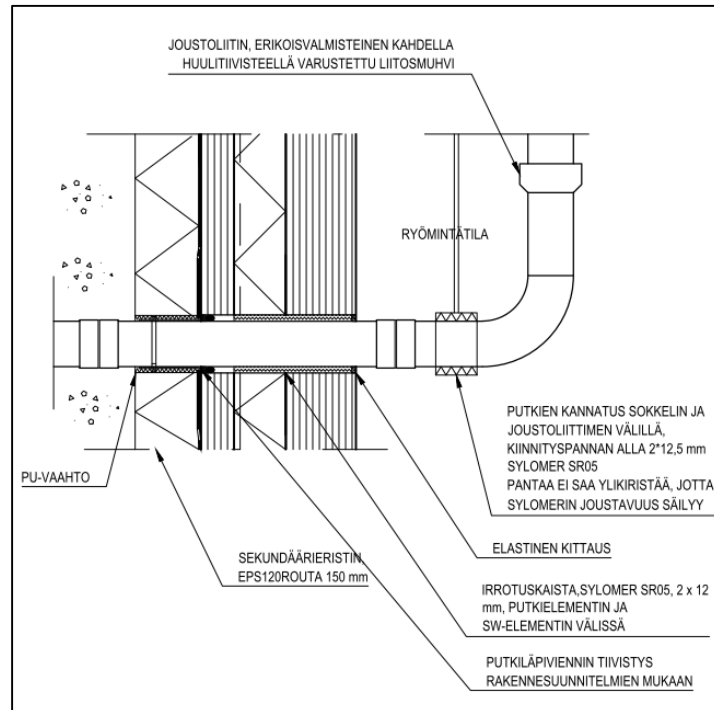
Eristinten asennusdetaljit

- Kuormitusten mukaan mitoitetut primäärieristimet
- Sekundäärieristimet estävät äänisillat mm. maanpaineseinillä



LVIS- ja liitosdetaljit

- LVIS-läpiviennit ja asennukset
- Rakenteiden liitokset



Eristystyöt työmaalla

Valvonta

Aloituspalaveri

Malliasennukset

Tarkistusmittaukset



Puukerrostalo radan läheisyydessä

- Luultavasti runkoäänien leviäminen puukerrostalossa vähäisempää kuin betonitalossa
 - Rakenteiden katkot
 - Liitoksissa olevat tärinäneristinkaistat
- Tärinänhallinta voi olla vaikeampaa kuin betonikerrostalossa
 - Puuvälipohjien ominaistaajuudet samalla alueella kuin betonivälipohjien
 - Pienemmän massan vuoksi värähtelyn amplitudi todennäköisesti kasvaa nopeammin kuin betonivälipohjan
 - Puuvälipohjan resonanssimitoitus ei ehkä ole ratkaisukeino

Ääniympäristöasetus ja -ohje

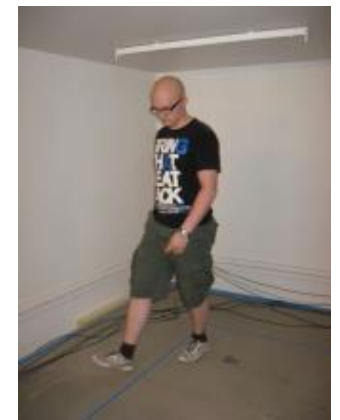
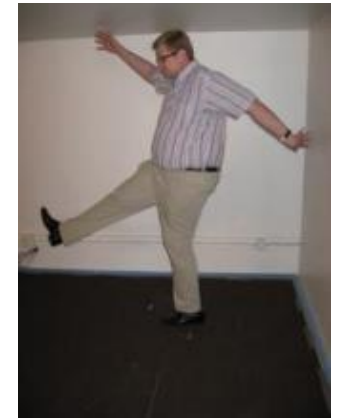
Uudistuksen tutkimustausta: ÄKK-hanke (2012–2014)

Tutkimuslaitokset

- TTY, rakennustekniikan laitos
 - Yliassistentti Mikko Kylliäinen
 - Kaksi diplomityötä
 - Yksi kandidaatintyö
 - Aineistoa yhteen väitöskirjaan
- Työterveyslaitos
 - Dos. Valtteri Hongisto
- Turun yliopisto, psykologia
 - Prof. Jukka Hyönä
- Tutkimus keskittyi ääneneristävyyden mittalukujen ja asumis- ja liikennemelun subjektiivisen kokemuksen yhteyteen

Rahoittajat (n. 1 M€)

- Tekes
- Ympäristöministeriö
- Betoniteollisuus ry
- Kestävä kivitalo –ryhmä
- Karelia-Upofloor Oy
- Wärtsilä Finland Oy
- Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy
- Piikkio Works Oy
- Finnish Wood Research Oy
- Skaala Oy



Ääniympäristöasetuksen 796/2017 vaikutus selvitys

- Rahoittaja
 - Ympäristöministeriö
- Toteutus 2016–2017
 - A-Insinöörit Suunnittelu Oy

Ari Saarinen
Pekka Lukkarinen

Joni Kemppainen
Mikko Kylliäinen
Timo Huhtala



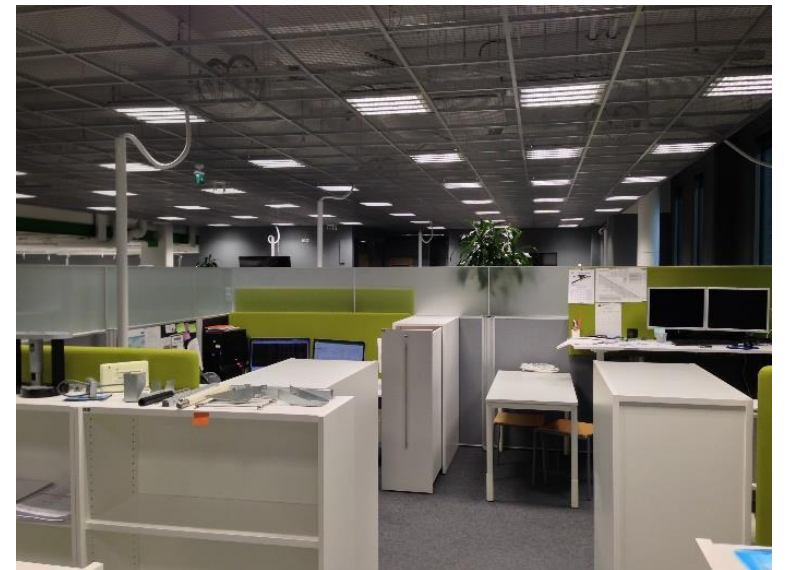
Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment



- Diplomityössä tehtiin asetuksen 796/2017 sisältöön liittyen
 - Teknisiä vaikuttavuus selvityksiä
 - Kustannusvaikutus selvityksiä
 - Tulokset vaikuttaneet asetuksen 796/2017 ja siihen liittyvän ohjeen sisältöön, esimerkiksi:
 - Avotoimistojen huoneakustiikan vaatimukset
 - Ulkovaipan ääneneristysvaatimus
 - Askelääneneristävyys uusi mittaluku
- Julkaisu:
http://www.akustinenseura.fi/wp-content/uploads/2017/08/akustiikkapaivat_2017_s129.pdf

1 §: Soveltamisala

- Asetus koskee
 - Asuntoja
 - **Majoitus- ja potilashuoneita**
 - **Opetustiloja**
 - **Kokoustiloja**
 - **Ruokailutiloja**
 - **Hoitotiloja**
 - **Harrastustiloja**
 - **Liikuntatiloja**
 - **Toimistotiloja**
- Asetus koskee
 - Uudisrakentamista
 - **Korjausrakentamista**
 - Vrt. RakMK C1-1998: soveltamisalana uudisrakentaminen



1 §: Soveltamisala ilmiöiden tasolla

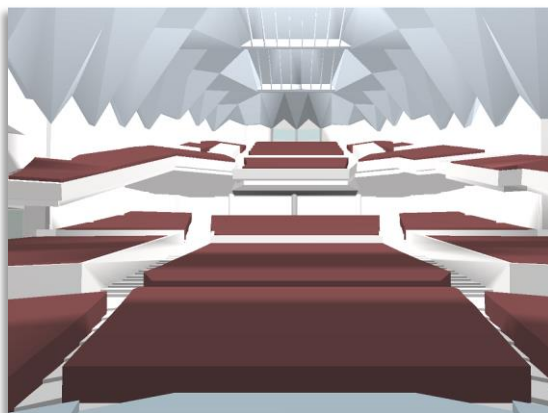
Huoneakustiikka

Tarkoitus

Tutkii äänen heijastumista, vaimenemista, leviämistä ja sirontaa saman tilan sisällä. Liittyy puheen selvyyteen, äänenkäyttöön ja musiikin sointiin.

Kohteet

Kulttuurirakennukset, oppilaitokset, sairaalat, toimistot, päiväkodit



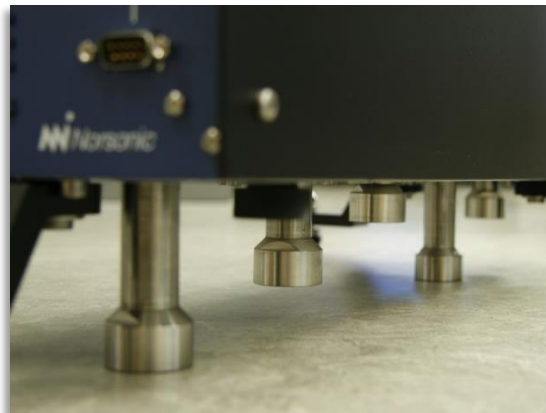
Ääneneristys

Tarkoitus

Vähentää puheen ja musiikin siirtymistä tilasta toiseen ja vaimentaa rakenteeseen kohdistuvien iskujen synnyttämää ääntä. Liittyy yksityisyyteen vastaanottohuoneissa, luottamuksellisiin keskusteluihin neuvottelutiloissa ja naapuriäänten häiritsevyyteen asuinrakennuksissa.

Kohteet

Asuinrakennukset, kulttuuri-rakennukset, toimistot, sairaalat

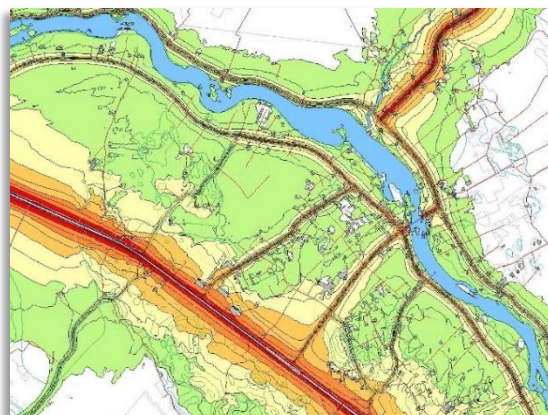


Tarkoitus

Vähentää liikenne- ja muun melun leviämistä ja vaimentaa rakennuksen teknisten järjestelmien aiheuttamaa ääntä

Kohteet

Maankäytön suunnittelu eri vaiheissaan ja erityisesti asuinrakennukset, sairaalat (varavoimakoneet, ilmastointilaitokset), helikopterikentät, teollisuusrakennukset



Meluntorjunta



Tärinän- ja runko-meluneristys

Tarkoitus

Eristää pyörivät ja liikkuvat laitteet rakennuksen rungosta tai rakennuksen värähtelevästä maaperästä ratojen varsilla.

Kohteet

Asuinrakennukset, kulttuurirakennukset, toimistot, sairaalat (tärinäherkät kuvantamislaitteet), tutkimuslaitokset (tärinäherkät tutkimuslaitteet), studiot, helikopterikentät

§ 3: Rakennuksen ääniympäristön suunnittelu ja toteutus

- Rakennuksen suunnittelussa ja toteutuksessa on otettava huomioon **rakennuspaikan melu- ja värinäolosuhteet**
 - Kaavoituksen kautta eli VNp 993/1992 melutason ohjearvoista jää edelleen voimaan
- Rakennuksen ääniympäristöä koskeva olennainen tekninen vaatimus täyttyy, jos rakennuksen **ääneneristys, melun- ja värinäntorjunta sekä ääniolosuhteet** (huoneakustiikka ja äänitasot) suunnitellaan ja toteutetaan tilan käyttötarkoitus huomioon ottaen tämän asetuksen mukaisesti
- Jos 2. momentissa tarkoitettua menettelyä ei ole tarkoituksenmukaista soveltaa
 - rakennuksen tai sen ulkopuolisen ääniympäristön erityisten ominaisuuksien,
 - tilan erityisen käytön tai
 - käyttäjäryhmän taikka
 - muun erityisen syyn vuoksi,

rakennushankkeeseen ryhtyvän **on osoitettava rakennuslupamenettelyn yhteydessä**, että suunnittelu johtaa tilan käyttötarkoitus huomioon ottaen ääneneristyksen, melun- ja värinäntorjunnan sekä ääniolosuhteiden kannalta olennaisen teknisen vaatimuksen täyttymiseen.

Tapausharkintamenettely

Ohje: akustiikkasuunnittelijan ilmoittaminen

- **Jos kohteen vaativuusluokka on vaativa tai poikkeuksellisen vaativa, rakennuslupahakemuksen yhteydessä on ilmoitettava akustiikkasuunnittelija, jolla oltava vaativuusluokkaa vastaava kelpoisuus**
- **Vaativia** rakennushankkeita:
 - Asuinkerrostalo
 - Terveyskeskus
 - Sairaala
 - Rakennus sisältää opetus-, kokous-, ruokailu-, hoito-, harrastus-, liikunta-, toimisto-, majoitus- tai potilastiloja
- **Poikkeuksellisen vaativia** rakennushankkeita:
 - Asuinrakennukset tärinä- ja runkomelualueelle
 - Rakennuksen käyttötarkoituksesta aiheutuu poikkeuksellisia vaatimuksia tilojen meluttomuudelle, tärinättömyydelle, ääneneristävyydelle tai akustiikalle
 - Meluton tai tärinätön teollisuus- tai tutkimustila
 - Rakennus, jonka ääniympäristöltä edellytetään poikkeuksellisen korkeaa laatua musiikin kuuntelun tai puheen ymmärrettävyyden vuoksi (konserttisali, elokuvateatteri)
 - Meluisa tila asuinrakennuksen yhteydessä
 - Akustisesti ainutkertainen ratkaisu, jolle ei ole valmiita suunnitteluohjeita tai josta ei ole kokemuseräistä tietoa, jolloin edellytetään akustiikan teoreettisten perusteiden syvällistä hallintaa,
 - Suunnitteluun liittyy uusien, akustisesti erittäin vaativien rakenneratkaisujen tuotekehitys

4 §: Vaatimukset rakennuksen ääneneristykselle

Huonetila	Pienin sallittu äänitasoeroluku $D_{nT,w}$	Suurin sallittu askeläänitasoluku $L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$
Asuntojen, majoitus- tai potilashuoneiden välillä	55 dB	53 dB
Uloskäytävästä asuin-, majoitus- tai potilashuoneeseen	39 dB	63 dB

Spektripainotustermi $C_{1,50-2500} \geq 0$ dB

- Ohje: **majoitus- ja potilashuone yllä tarkoittaa huonetta, jonka käyttö rinnastuu asumiseen** (esim. huoneistohotellit, palvelutalot, ei esim. terveyskeskuksen tai sairaaloiden vastaanottohuoneet)
- Opetus-, kokous-, ruokailu-, hoito-, harrastus-, liikunta- ja toimistotilojen ääneneristys on suunniteltava ja toteutettava siten, että niissä saavutetaan toimintaa vastaava riittävän hyvä ääniympäristö.
- Sisäänvedettyjen parvekkeiden, viherhuoneiden ja kattoterassien ääneneristys on suunniteltava ja toteutettava siten, että ääniympäristöstä ei aiheudu asukkaille haittaa.

4 §: Perustelut äänitasoeroluvulle $D_{nT,w}$

- Ilmaääneneristysluku R'_w kuvaa äänitehon siirtymistä tilasta toiseen
 - Mittaluku on alkujaan kehitetty yksittäisen rakennusosan mittaamiseen laboratoriossa
 - Laboratoriossa ääni siirtyy vain tutkittavan rakennusosan kautta, jolloin tulos on oikein
 - Kenttämittauksissa ilmaääneneristysluku ei aina toimi oikein, koska ääntä siirtyy kaikkia reittejä pitkin

⇒ Määräykset muuttuvat tarkoituksenmukaisemmiksi, vaatimustaso ei kiristy

- Ilmaääneneristysluku R_w käytössä rakennusosien ääneneristysominaisuuksien ilmoittamisessa
 - Ikkunat
 - Ovet
 - Väliseinät

4 §: Perustelut askeläänitasoluvulle $L'_{nT,w} + C_{l,50-2500}$

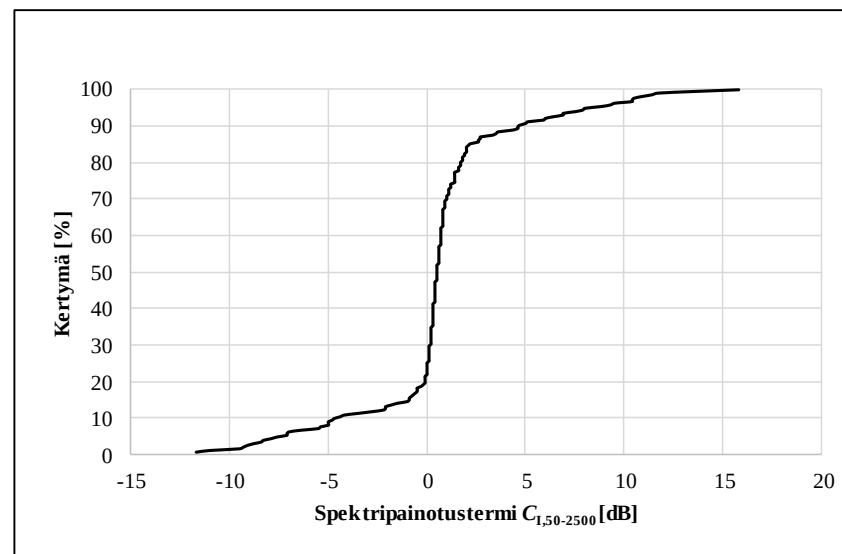
- Normalisoitu askeläänitasoluku $L'_{n,w}$ kuvaa askeläänikojeen tuottaman äänen määrää toisessa huoneistossa
 - Mittaustulos normalisoidaan 10 m^2 absorptioalaan (tilan vaimentavien pintojen määrää kuvaava suure)
 - Suomalaisessa asuinhuoneessa tyypillinen absorptioala ei ole 10 m^2 , mistä seuraa virhettä
 - Mitattava taajuusalue laajenee pienillä taajuuksilla 100 Hz keskitaajuudesta 50 Hz keskitaajuuteen

⇒ Määräykset muuttuvat tarkoituksenmukaisemmiksi

4 §: Mitä välipohjia nykyisistä voi edelleen käyttää?

214 välipohjan mittausaineisto

Materiaali	$L'_{nT,w} + C_{I,50-2500} > 53 \text{ dB}$	
	[kpl]	[%]
Betoni	13	6,7 %
Kevyt	1	7,7 %
Muu	1	11,1 %
Yhteensä	15	7,0 %

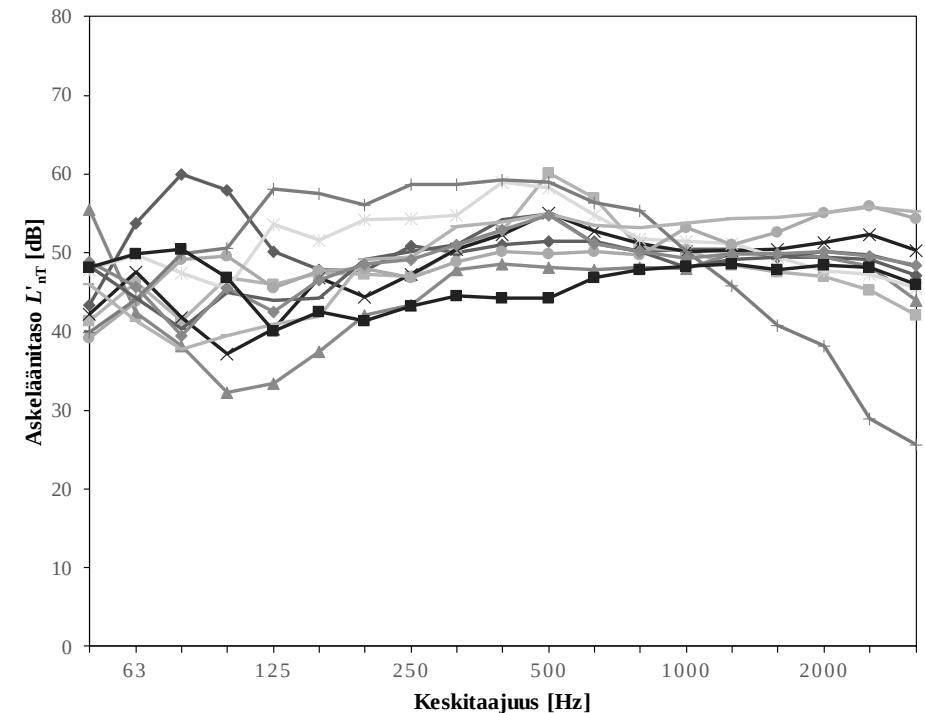


- Vain harva rakenne nykyisistä ei täytä uutta vaatimusta $L'_{nT,w} + C_{I,50-2500} \geq 53 \text{ dB}$
- 20 % tapauksista $C_{I,50-2500} \geq 2 \text{ dB}$
- Spektripainotusterman käyttöönotto tasoittaa välipohjarakenteiden eroja

Kemppainen, J. & Kylliäinen, M. 2017. Spektripainotusterman $C_{I,50-2500}$ vaikutus askelääneneristävyyden arviointiin. Akustiikkapäivät 2017. Espoo, 24.-25.8., Akustinen Seura ry, s. 129-134.

4 §: Spektripainotusterman $C_{I,50-2500}$ arvo ≥ 0 dB

- Erikoistapaus: noin 20 % tapauksista $C_{I,50-2500}$ on pienempi kuin 0 dB
 - Aineistossa 12 välipohjaa, joiden $L'_{nT,w}$ suurempi kuin 53 dB, mutta $L'_{nT,w} + C_{I,50-2500}$ pienempi kuin 53 dB
- Jos tällaiset välipohjat tulisivat hyväksytyiksi, niistä todennäköisesti valitettaisiin
 - Kävely kovapohjaisilla kengillä
 - Huonekalujen siirtely



Kuvan mukainen äänispektri syntyy, kun

- lattianpäällysteenä kova materiaali
- kelluva lattia valettu kiinni runkoon
- maanvarainen lattia valettu kiinni runkoon

5 §: Vaatimukset rakennuksen melun- ja värinäntorjunnalle

Huone- ja ulkotila	Jatkuva laajakaistainen ääni		Impulssimainen tai kapeakaistainen ääni	
	$L_{A,eq,T}$	$L_{AF,max,T}$	$L_{A,eq,T}$	$L_{AF,max,T}$
Asuin-, majoitus- tai potilashuone	28 dB	33 dB	25 dB	30 dB
Asunnon keittiö tai rakennuksen harrastetila	33 dB	38 dB	30 dB	35 dB
Porrashuone tai uloskäytävä	38 dB	43 dB	35 dB	40 dB
Ulkotila	45 dB	50 dB	40 dB	45 dB

5 §: Vaatimukset rakennuksen melun- ja tärinätorjunnalle

- Rakennukset, jossa on asuntoja, majoitus- tai potilashuoneita
- Ulkovaipan ääneneristys on suunniteltava ja toteutettava siten, että ääneneristys on vähintään 30 desibeliä. **Koskee kaikkia em. rakennuksia seuraavasti:**
 - Kun melutaso ulkona on vähintään 55 dB, vaatimusta sovelletaan
 - Kun melutaso ulkona on vähintään 50 dB, vaatimusta sovelletaan
 - Kun melutaso ulkona on vähemmän kuin 50 dB, käytetään tapausharkintamenettelyä
- **Runkoäänen- ja tärinäneristys** on suunniteltava ja toteutettava tilan käyttötarkoitus huomioon ottaen siten, että niissä saavutetaan toimintaa vastaava riittävän hyvä ääniympäristö
 - Ohjeessa annettu ohjearvoja

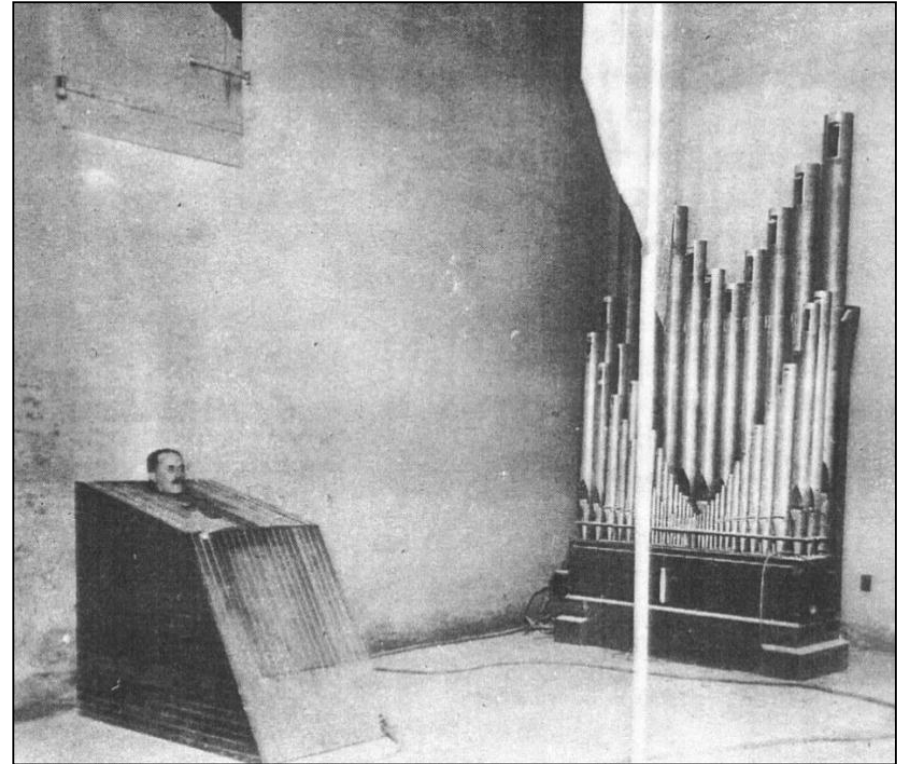
6 §: Vaatimukset rakennuksen ääniolosuhteille

Rakennuksen ääniolosuhteet on suunniteltava ja toteutettava siten, että tilassa saavutetaan sen käyttötarkoitus huomioon ottaen **riittävä puheenerotettavuus**. Ohjeessa on tähän liittyen annettu seuraavia arvoja:

Huonetila	Jälkikaiunta-aika T	Puheensiirtoindeksi STI
Opetus- tai kokoustila	0,5–0,7 s	$\geq 0,7$
Ruokailu- tai liikuntatila	$\leq 1,2$ s	$\geq 0,6$
Potilashuone, hoito- tai harrastustila	$\leq 0,8$ s	$\geq 0,6$
Avotoimisto	$\leq 0,6$ s	$\leq 0,5$
Toimistohuone	$\leq 0,8$ s	–
Päiväkodin tilat	$\leq 0,6$ s	–
Asuinrakennuksen porrashuone tai uloskäytävä	$\leq 1,3$ s	–

Mittaluku puheen häiritsevyydelle tai yksityisyydelle

- Jälkikaiunta-aika T [s]:
 - Kuvaa äänen vaimenemista tilassa, kun äänilähde äkillisesti lopettaa toimintansa
 - Ei ole sopiva mittaluku avotoimistojen akustiikalle
- Puheensiirtoindeksi STI:
 - Ottaa huomioon kaiunнан, puheen äänitason ja taustääänen peitevaikutuksen
 - Arvo 0: yhdestäkään satunnaisesti luetellusta tavusta ei saada selvää
 - Arvo 1: jokaisesta satunnaisesti luetellusta tavusta saadaan selvää
 - Puhetiloissa STI yleensä vähintään 0,6
 - Toimistotiloissa häiritsevyyden raja on $STI = 0,5$



Jälkikaiunta-ajan mittausta 100 vuotta sitten

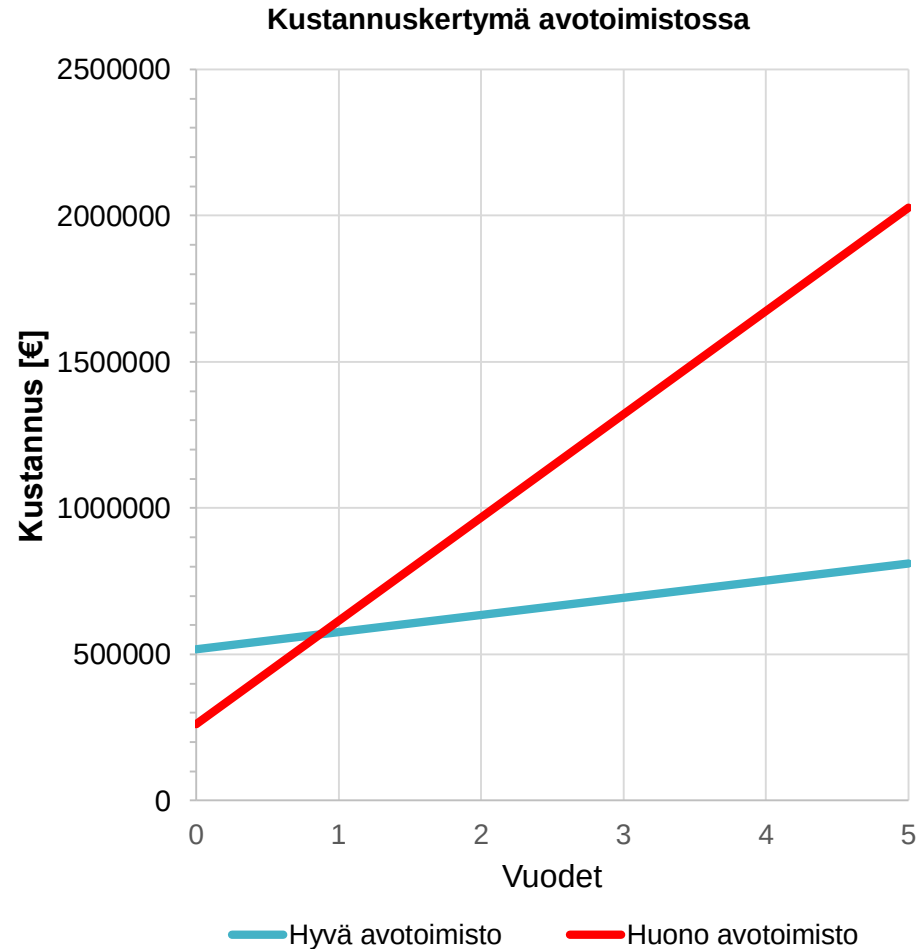
Akustisten ratkaisujen vaikutus puheenerotettavuuteen avotoimistossa

- Alussa äänen voimakkuus ja selvyys suuri
- Vähennetään äänen voimakkuutta lisäämällä ääntä vaimentavia pintoja
- Vähennetään äänen voimakkuutta lisäämällä tilanjakajia
- Lisätään peiteääniä

”Hiljoneen hyvällä alustuksella toteutetaan sellaisia äänisäilytysten ominaisuuksia, että huoneessa esiintyvä puhe ja musiikki kuuluvat koreaan kauniina, luonnollisena ja selvänä monien jokapäiväisessä elämässä.”

Hiljallisuusmäärä, Vero 1938

5 §: Perustelut avotoimiston ohjearvoille



170 hengen avotoimisto

Oletetaan, että työtunnin kustannus on ulos myytynä 60 €/h ja työajasta laskutettavaa on 90 %.

Äänen häiritsevyydestä seuraavan työajan menetyksen johdosta **minimitason avotoimisto on 5 vuodessa 1,2 M€ kalliimpi** kuin hyvin suunniteltu.

Ihmisillä on oikeus työskennellä hyvissä ääniolosuhteissa.

Panostaminen niihin myös kannattaa!

Kemppainen, J. 2017. Akustisten olosuhteiden kustannusvaikutukset. Diplomityö. Espoo, Aalto-yliopisto, Sähkötekniikan korkeakoulu.

6 §: Vaatimukset rakennuksen ääniolosuhteille

- Virkistykseen käytettävät rakennuksen piha- ja oleskelualueet **sekä oleskeluun käytettävät parvekkeet** on sijoitettava, suunniteltava ja toteutettava siten, että melutaso ei ylitä päiväajan kello 7–22 keskiäänitasoa 55 desibeliä ja viherhuoneet vastaavasti siten, että melun keskiäänitaso ei ylitä 45 desibeliä.
- Tätä momenttia sovelletaan esim. silloin, kun melualueella sijaitsevalla rakennuspaikalla on vanha asemakaava, jossa ei ole melua koskevia kaavamääräyksiä.
- Pihojen ja parvekkeiden yöajan ohjearvoa ei asetuksessa anneta, vaan päiväaika katsotaan mitoittavaksi.

7 §: Korjausrakentaminen

- Rakennuksen ääneneristystä, melun- ja tärinäntorjuntaa, ääniolosuhteita sekä virkistykseen käytettävien rakennuksen piha- ja oleskelualueiden sekä oleskeluun käytettävien parvekkeiden meluntorjuntaa ja ääniolosuhteita **ei saa rakennuksen korjaus- ja muutostyössä heikentää.**
- **Rakennuksen käyttötarkoitusta muutettaessa** rakennuksen ääneneristys, melun- ja tärinäntorjunta ja ääniolosuhteet sekä virkistykseen käytettävien rakennuksen piha- ja oleskelualueiden sekä oleskeluun käytettävien parvekkeiden meluntorjunta ja ääniolosuhteet on **suunniteltava ja toteutettava siten, että ääniympäristöstä ei aiheudu asukkaille haittaa.**

7 §: Vanhojen määräysten soveltaminen

- Perustelumuistio:
 - Korjausrakentamisessa rakennuksen ääniympäristöä koskevat vaatimukset määräytyisivät siis lähtökohtaisesti aina rakennuksen valmistusaikana voimassa olleiden säädösten mukaisesti.
- Ongelma: entä jos rakennus on parempi kuin rakennusajankohdan säädökset edellyttivät? Vrt. ympäristöhallinnon ohje 1/2014.
 - Asetus 7 § 1. mom.: ”Rakennuksen ääneneristystä, melun- ja värinän- ja värinän torjuntaa, ääniolosuhteita sekä virkistykseen käytettävien rakennuksen piha- ja oleskelualueiden sekä oleskeluun käytettävien parvekkeiden meluntorjuntaa ja ääniolosuhteita **ei saa rakennuksen korjaus- ja muutostyössä heikentää.**”
 - Ohjeessa 1/2014 tilastotietoa toteutuneesta ääneneristävyyydestä 1950-luvulta nykypäivään sekä eri vuosikymmenien suositukset ja määräykset kootusti
 - Mittaus lähtötilanteen selvittämiseksi?



8 §: Voimaantulo

- Asetus tuli voimaan 1 päivänä tammikuuta 2018.
- Ennen tämän asetuksen voimaantuloa **vireille tulleisiin hankkeisiin** sovelletaan tämän asetuksen voimaan tullessa voimassa olleita säännöksiä ja määräyksiä.
 - Esim. tarkastusmittauksia tehtäessä on selvitettävä, milloin rakennuslupa on haettu.

Asetuksen vaikutukset

- Vaatimustaso pääsääntöisesti ennallaan
 - Joissain tilanteissa helpotuksia
 - Hyvän rakentamistavan mukaiset ratkaisut ovat edelleen toimivia
 - Rakennuskustannukset eivät kasva
- Rakennetyypeissä otettava huomioon uudet ääneneristävyyden mittaluvut
- Rakennuksen ulkovaipan ääneneristysvaatimus otettava huomioon, vaikka rakennuspaikka ei melualueita
 - Asuin-, majoitus- ja potilashuoneet
- Puheenerotettavuudelle uusi kriteeri
- Akustiikkasuunnittelijan ilmoittaminen

Lähdeluettelo

Lähteet, 1/2

Hongisto, V. & Kylliäinen, M. 2015. ÄKK Loppuraportti. Turku, Työterveyslaitos.

Hongisto, V., Kylliäinen, M. & Hyönä, J. 2015. ÄKK-hankkeen suositukset tulevaisuuden ääneneristysmääräyksiä koskien. Rakennusfysiikka 2015. Tampere, 20.-22.10., Tampereen teknillinen yliopisto ja Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, s. 561-566.

Huhtala, T. 2011. Menetelmät tärinä- ja runkomeluhaitan arvioinnissa. Akustiikkapäivät 2011. Tampere, 11.-12.5., Akustinen Seura ry.

Huhtala, T., Kylliäinen, M. & Takala, J. 2015. Meluntorjunta maankäytön suunnittelun lähtökohtana. Rakennusfysiikka 2015. Tampere, 20.-22.10., Tampereen teknillinen yliopisto ja Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, s. 611-616.

Keronen, A. & Kylliäinen, M. 1997. Sound insulating structures of beam-to-column framed wooden apartment buildings. Tampere, Tampere University of Technology, Laboratory of Structural Engineering, Publication 77.

Kylliäinen, M. 2006. Talonrakentamisen akustiikka. Tampere, Tampereen teknillinen yliopisto, rakennetekniikan laitos, tutkimusraportti 137.

Kylliäinen, M. 2007. Miksi askelääneneristyksen arviointi on niin vaikeaa? Akustiikkapäivät 2007. Espoo, 27.-28.9., Akustinen Seura ry, s. 130-135.

Kylliäinen, M. 2008. Rakennuksen ulkovaipan ääneneristyksen suunnittelu. Rakentajain Kalenteri 2009, 382–393.

Kylliäinen, M., Björman, J. & Hakkarainen, J. 2015. Akustisesti toimivan kustannustehokkaan puuvälipohjan kehittäminen. Tampere, 20.-22.10., Tampereen teknillinen yliopisto ja Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, s. 573-578.

Lähteet, 2/2

Kylliäinen, M. & Hongisto, V. 2007. RIL 243-1 Rakennusten akustinen suunnittelu: akustiikan perusteet. Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Kylliäinen, M., Oliva, D., Rekola, L. & Hongisto, V. 2015. Asuinhuoneistojen betonivälipohjien askelääneneristysten subjektiivinen ja objektiivinen arviointi. Kuopio, 1.-2.9., Akustinen Seura ry, s. 204-207.

Kylliäinen, M., Takala, J. & Hongisto, V. 2015. Ilmaääneneristysluku sekä standardisoitu ja normalisoitu äänitasoeroluku huoneistojen välisen ilmaääneneristävyyden kuvaajina. Akustiikkapäivät 2015. Kuopio, 1.-2.9., Akustinen Seura ry, s. 158-161.

Latvanne, P. & Kylliäinen, M. 2015. Puuvälipohjien akustiset ominaisuudet. Rakennusfysiikka 2015. Tampere, 20.-22.10., Tampereen teknillinen yliopisto ja Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, s. 567-572.

Lietzén, J. & Kylliäinen, M. 2014. Asuinkerrostalojen ääneneristävyyden vertailu vanhojen mittaustulosten perusteella. Helsinki, ympäristöhallinnon ohjeita 1/2014.

Pääkkönen, R., Kylliäinen, M. & Mikkilä, A. 2016. Melun häiritsevyydestä. Ympäristö ja Terveys. Nro 5, s. 83–87.

Saarinen, A. 2015. Rakennuksen meluntorjunta ja ääniolosuhteet. Keskustelutilaisuus rakennusten äänieristyksestä, meluntorjunnasta ja ääniolosuhteista. Helsinki, ympäristöministeriö, 27.10.2015.

Valtioneuvoston päätös 993/1992 melutason ohjearvoista.

Ympäristöministeriön asetus 796/2017 rakennuksen ääniympäristöstä.

Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä (28.6.2018).



A-INSINÖÖRIT

Mikko Kylliäinen, p. 040 641 8959, mikko.kylliainen@ains.fi