

ÄÄNERISTYS PUUTALOSSA

Ääneneristys puutalossa

Ääneneristys puutalossa

Puurakenteisen asuinrakennuksen
ääneneristävyiden suunnitteluohje

Ääneneristys puutalossa

Puurakenteisen asuinrakennuksen ääneneristävyyden suunnitteluohje

[Teksti] Tero Lahtela

[Taitto] Mikko Lahikainen

[Copyright] Wood Focus Oy, tekijä

[Kustantaja] Wood Focus Oy

ALKUSANAT

Asumisen laatuun panostetaan aikaisempaa enemmän, joten kustannustehokkuuden ohella myös rakenteilta vaaditaan yhä enemmän ominaisuuksia. Tämä näkyy myös asuinrakennuksille asetetuissa määräyksissä.

Tiiviisti rakennetussa asuinmiljöössä ja erityisesti rivi- ja kerrostaloissa keskeinen osa asumisviihtyvyyttä on hyvä ääneneristävyys. Asunnossa tulee voida nukkua, levätä ja työskennellä naapureiden tai muun ulkoisen melun häiritsemättä.

Ääneneristävyyteen liittyviä määräyksiä kiristettiin 1998 vastaamaan paremmin uusia vaatimuksia. Uudet määräykset tulivat voimaan kahden vuoden siirtymäajan jälkeen vuonna 2000.

Viime vuosikymmenellä alkaneen kehityksen seurauksena puun käyttöalue on laajentunut myös kolmi- ja nelikerroksiseen asuin- ja työpaikkarakentamiseen. Asukaspalautteen perusteella uusien toteutettujen puurakenteisten asuinkerrostalojen ääneneristävyyden suunnittelussa ja toteutuksessa on onnistuttu hyvin. Puukerrostalojen asukkaista 80 % oli kokonaisuutena tyytyväisiä asuntonsa ääneneristykseen, kun vastaava vertailuluku muissa kohteissa oli 50 % (Karjalainen 2001). Puurakenteiden ääneneristävyyden suunnittelussa onkin asetettu määräytason lisäksi otettu huomioon asukkaiden kokemaa ääneneristävyys.

Tähän ohjeeseen on koottu puurakenteiden ääneneristävyyden suunnitteluun liittyvä uusin tieto. Esitetyt ratkaisut perustuvat avoimeen puurakennejärjestelmään ja ne ovat käytännössä hyviksi koettuja ja testattuja ratkaisuja. Mittaustulosten lisäksi ratkaisut täyttävät myös hyväksi koetun ääneneristävyyden tason.

Kirjan käsikirjoituksen ja kuvituksen on laatinut RI Tero Lahtela ääneneristävyyteen liittyvän kirjallisuuden sekä viime vuosina VTT:llä toteutetun kehitys- ja tutkimustyön perusteella. Kirjan toteutukseen ovat osallistuneet myös Pekka Sipari (VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka) ja Seppo Leimala (Gyproc Oy). Wood Focusissa työtä on ohjannut projektipäällikkö Pekka Nurro. Kirjan julkaisuasusta vastaa Mikko Lahikainen Tampereen teknillisestä yliopistosta. Parhaat kiitokset kaikille työhön osallistuneille ja hanketta aktiivisesti edistäneille.

Toukokuussa 2004

Mikko Viljakainen, arkkitehti SAFA, TkL
Johtaja, rakentamisen järjestelmät
Wood Focus Oy

Sisällys

Määritelmiä	8
1. Yleistä	10
1.1 Ääni.....	10
1.2 Asuinrakennuksen äänimaailma	10
1.3 Äänentaajuus.....	11
1.4 Asuinrakennuksessa esiintyvät äänentaajuudet	11
1.5 Äänenvoimakkuus.....	12
1.6 Rakenteen ääneneristävyys	12
2. Ääneneristuksen toteuttaminen puurunkoisessa asuinrakennuksessa.....	14
3. Rakenteiden ääneneristävyysvaatimukset asuinrakennuksessa	16
4. Rakenteiden äänitekniiikan teoriaa	18
4.1 Yksinkertainen rakenne	18
4.2 Massalaki	18
4.3 Resonanssi-ilmiö	20
4.4 Koincidenssi-ilmiö	21
5. Kaksinkertaisen seinän äänitekninen toiminta	23
5.1 Rakennekerrosten massan vaikutus kaksinkertaisen seinän ääneneristävyyteen...	23
5.2 Rakennekerrosten välissä olevan ilmatilan vaikutus kaksinkertaisen seinän ääneneristävyyteen	24
5.3 Kaksinkertaisen seinän resonanssi-ilmiö	24
5.4 Kaksinkertaisen seinän koincidenssi-ilmiö.....	26
5.5 Kaksoisrunkoseinän runkopuoliskojen kytkennän vaikutus seinän ääneneristävyyteen.....	26
6. Kaksinkertaisen välipohjan äänitekninen toiminta	28
6.1 Akustisten jousirankojen vaikutus kaksinkertaisen välipohjan ääneneristävyyteen	29
6.2 Pintalaatan vaikutus kaksinkertaisen välipohjan ääneneristävyyteen	30
6.3 Askelääneneristeen vaikutus kaksinkertaisen välipohjan ääneneristävyyteen	30
6.4 Rakennekerrosten välissä olevan ilmatilan vaikutus kaksinkertaisen välipohjan ääneneristävyyteen	32
6.5 Lattiapäällysteen vaikutus kaksinkertaisen välipohjan ääneneristävyyteen.....	32
6.6 Kaksinkertaisen välipohjan resonanssi-ilmiö	33
6.7 Kaksinkertaisen välipohjan koincidenssi-ilmiö.....	34
7. Hiekan käyttö välipohjan askelääneneristeenä	35
8. Välipohjan kantavien rakenteiden värähtely.....	36
8.1 Märkätilojen kantavat rakenteet.....	36
8.2 Värähtelyn aiheuttama resonanssi-ilmiö kelluvassa pintalaatassa	37

9. Rakenteiden aiheuttama sivutiesiirtymä.....	38
10. LVIS-laitteiden ääniteknikka	39
10.1 Yleisiä LVIS-laitteiden ääniteknikan suunnitteluperiaatteita.....	39
10.2 LVI-putkien kannattimet	41
10.3 Viemäriputket	41
10.4 Käyttövesiputket	42
10.5 Lämpöputket	43
10.6 Ilmanvaihtoputket	45
11. Uloskäytävien ääniteknikka.....	46
11.1 Huoneiston ulko-oven ääneneristävyys.....	46
11.2 Jälkikaiunta-aika ja äänenvaimentaminen.....	46
11.3 Uloskäytävien kantavat rungot.....	48
12. Korjausrakentaminen	49
12.1 Vanhan seinärakenteen ääneneristävyyden parantaminen.....	49
12.2 Puurakenteisen lisäkerroksen ääniteknikka.....	49
13. Rakenteiden saumojen tiivistys	51
14. Puurakenteisen ulkovaipan ääneneristävyys.....	53
14.1 Ikkunoiden ääneneristävyys	53
14.2 Ulko-ovien ääneneristävyys.....	53
14.3 Yläpohjan ääneneristävyys	53
14.4 Ulkovaipan ääneneristävyyden määrittäminen	53
 RAKENNETYYPIIT JA LIITYMÄT.....	 55
15. Ulkovaipan rakenteet	56
16. Huoneistojen väliset rakenteet	62
17. Rakenteiden liittymät	72
LIITE 1 Välipohjan värähtelymitoitus	100
1.0 Välipohjan värähtelyluokat.....	100
2.0 Välipohjan värähtelyn mitoituskriteerit.....	100
2.1 Kiihtyvyysskriteeri.....	101
2.2 Taipumakriteeri.....	102
3.0 Mitoituskriteerien raja-arvot.....	102
4.0 Puuvälipohjan värähtelyn mitoituskriteerit	103
5.0 Välipohjan alimman resonanssitaajuuden määrittäminen	103
6.0 Välipohjan kiihtyvyysskriteerin tutkiminen	104
7.0 Välipohjan taipumakriteerin tutkiminen.....	106
LIITE 2	108
Lähteet	110

Määritelmiä

Seuraavassa esitetään muutamia tärkeitä rakennustekniikkaan liittyviä äänitekniikan peruskäsitteitä.

Askelääni

Muihin tiloihin kuuluva runkoääni, jonka aiheuttaa esimerkiksi kulkeminen lattialla tai portaissa tai esineiden siirtely.

Askeläänitasoluku $L_{n,w}$ tai $L'_{n,w}$ (dB)

Rakenteiden ja tilojen välistä askelääneneristävyyttä kuvaava luku, joka saadaan vertaamalla taajuuskaistoittain mitattua ja normalisoitua askeläänepainetasoa standardoituun vertailukäyrään. Askeläänitasolukua merkitään symbolilla $L_{n,w}$ (dB), kun kyseessä on rakenteen laboratoriomittaus ja $L'_{n,w}$ (dB), kun kyseessä on mittaus rakennuksessa.

Desibeli (dB)

Tason ja tasoeron yksikkö, jossa tehon tai tehoon verrannollisten suureiden suhteesta on otettu kymmenlogaritmi ja tämä on kerrottu luvulla 10. Desibeliä käytetään esimerkiksi äänenpainetason, äänitehotason ja ääneneristävyyden suhteellisen suuruuden ilmaisemiseen.

Ilmaääni

Äänilähteestä ilman välityksellä ympäristöön leviävä ääni.

Ilmaääneneristysluku R_w tai R'_w (dB)

Rakenteiden ja tilojen välistä ilmaääneneristävyyttä kuvaava luku, joka saadaan vertaamalla taajuuskaistoittain mitattua ilmaääneneristävyyttä standardoituun vertailukäyrään. Ilmaääneneristyslukua merkitään symbolilla R_w (dB), kun kyseessä on rakenteen laboratoriomittaus ja R'_w (dB), kun kyseessä on mittaus rakennuksessa.

Jälkikaiunta-aika T (s)

Aika, jona äänenpainetaso äänilähteen vaiettua alenee 60 dB.

Koinsidenssi (myötävärähtely)

Koinsidenssiksi kutsutaan tilannetta, jossa teoreettisesti ääretön levymäinen rakenne alkaa myötävärähdellä (taivutusvärähtelyä) siihen kohdistuvasta äänestä johtuen siten, että ääni läpäisee levyrakenteen vaimentuen lähinnä vain materiaalin sisäisten häviöiden vuoksi.

Koinsidenssitaajuus

Koinsidenssitaajuudeksi (koinsidenssin rajataajuus) kutsutaan pienintä ilmaäänentaajuutta, jolla levymäisen rakenteen koinssidenssi on teoreettisesti mahdollinen. Se riippuu levyn jäykkyydestä (paksuudesta ja elastisista ominaisuuksista) sekä massasta. Koinssidenssitaajuudella ilmaäänänen nopeus on sama kuin levyrakenteessa etenevän taivutusaallon nopeus. Käytännön rakenteissa ääntä kohdistuu rakenteen pintaan yleensä kaikista suunnista ja koinssidenssista eli myötävärähtelystä johtuvaa ääneneristävyiden heikkenemistä havaitaan koinssidenssitaajuuden molemmiin puolin. Tämän takia usein puhutaan koinssidenssialueesta.

Melu

Meluksi kutsutaan kaikkea häiritseväksi, haitalliseksi tai vahingolliseksi koettua ääntä.

Ominaisaajuus (resonanssitaajuus)

Ominaisaajuudet ovat rakenteille tai värähtelyjärjestelmille ominaisia taajuuksia, joilla rakenne (värähtelyjärjestelmä) tai sen osat pyrkivät värähtelemään poikkeutettaessa niitä tasapainotilastaan tai annettaessa rakenteelle hetkellinen alkuheräte.

Pinnan absorptiosuhde α

Absorptiosuhde α on pinnasta palaamatta jääneen ja pintaan kohdistuneen äänitehon suhde. Absorptiosuhde ilmoitetaan lukuarvolla, joka on välillä 0,00 – 1,00.

Resonanssi

Resonanssissa jaksollisen herätteen taajuus osuu rakenteen tai värähtelyjärjestelmän ominaisaajuusalueelle, jolloin rakenne alkaa värähdellä voimakkaasti ko. taajuudella. Resonanssissa rakenteen ääneneristävyys heikkenee usein merkittävästi.

Runkoääni

Rakenteessa tai muussa kiinteässä kappaleessa etenevä mekaaninen värähtely, joka aiheuttaa ilmaääntä.

Taajuus f (Hz)

Taajuus ilmoittaa värähdysten lukumäärän aikayksikössä. Taajuuden yksikkö on hertsi ($\text{Hz} = 1/\text{s}$). Ihminen kuulee äänentaajuuden välillä 16 – 16000 Hz.

Värähtely

Värähtelyllä tarkoitetaan partikkelin periodista liikettä tasapainoasemansa ympärillä. Värähtelyn aiheuttama häiriö leviää rakenteessa aaltorintamana.

Äänen nopeus c (m/s)

Äänen etenemisnopeus ilmassa on noin 340 m/s ($+ 20^\circ\text{C}$).

Äänenpainetaso L_p (dB)

Äänenpaineen p ja vertailuäänepaineen p_0 ($= 20 \mu\text{Pa}$) suhteen kaksikymmenkertainen kymmenlogaritmi $20 \lg [p/p_0]$.

Sivutiesiirtymä

Äänen kulkeutumista muita reittejä kuin tarkasteltavan rakenteen läpi sanotaan sivutiesiirtymäksi.

1. Yleistä

1.1 Ääni

Ääni on mekaanista värähtelyä elastisessa väliaineessa. Väliaine voi olla kaasu, neste tai kiinteä aine. Äänelle annetaan nimityksiä sen perusteella, missä väliaineessa ääniaalto etenee. Ilmassa etenevää ääntä kutsutaan ilmaääneksi ja ihminen aistii sen kuulonsa avulla. Rakennuksen rungossa etenevää ääntä kutsutaan runkoääneksi ja sen ollessa riittävän voimakasta ihminen aistii sen tärinänä. Ilma- ja runkoäänen eroavaisuuksista huolimatta niillä on kuitenkin keskinäinen yhteys, koska ilmaääni voi synnyttää runkoääntä ja runkoääni synnyttää miltei aina ilmaääntä.

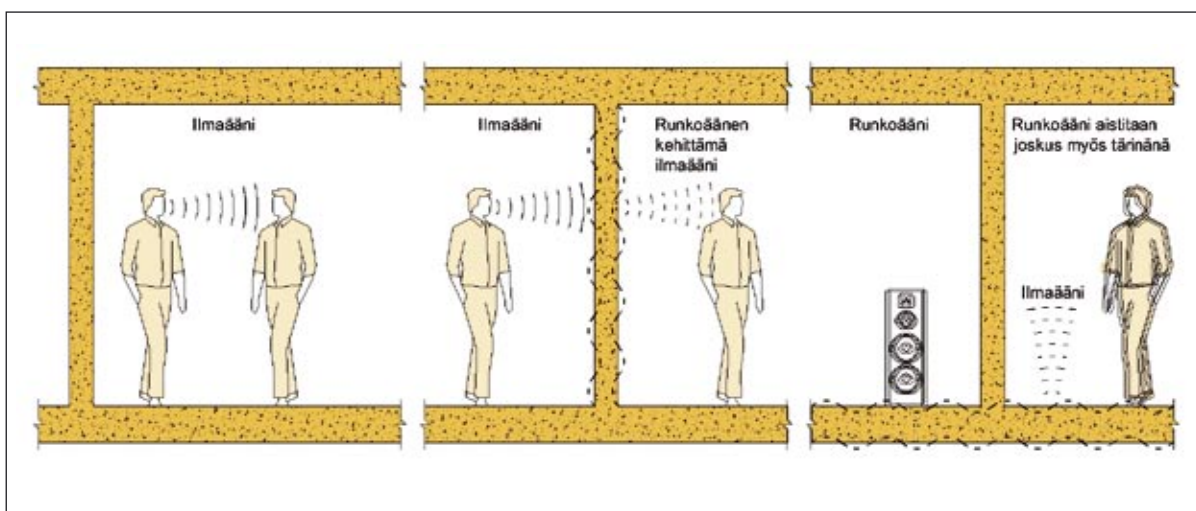
1.2 Asuinrakennuksen äänimaailma

Ilmaääniä syntyy lähes kaikista huoneistossa tehtävistä toiminnoista. Ihmisen toiminnan lisäksi ilmaääniä syntyy rakennuksessa olevista LVIS-laitteista yms.

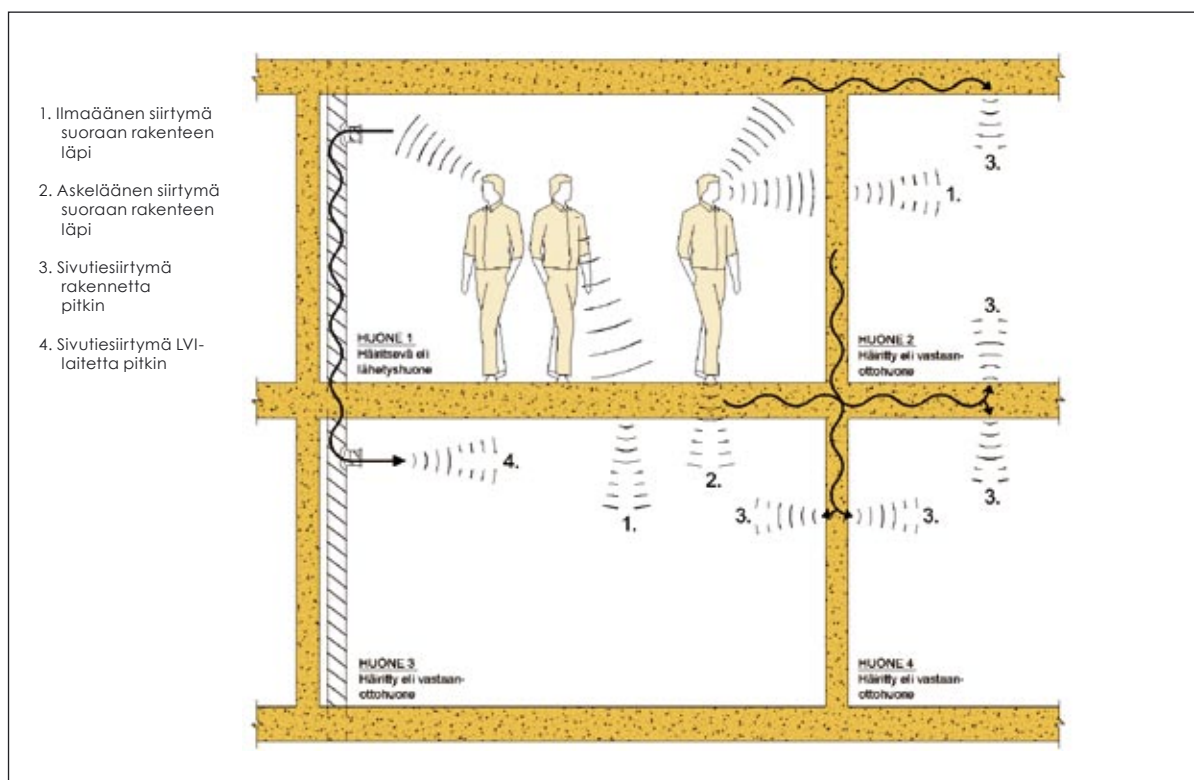
Askelääniä syntyy normaalissa asumisessa välipohjalla kävelystä ja kaikista lattiaan kohdistuvista iskuista, kuten huonekalujen siirtelystä ja siivouksesta. Lattiaan kohdistuvat iskut saavat välipohjan värähtelemään, joka synnyttää ilmaääntä toiseen huoneistoon.

Huoneistoon kulkeutuu ääniä myös rakennuksen ulkopuolella tapahtuvasta toiminnasta, kuten liikenteestä. Erityisesti lento- ja rautatieliikenteen äänet saattavat kulkeutua rakennukseen häiritsevinä ilma- ja runkoääninä.

Rakennuksessa ääni etenee huoneistosta toiseen erilaisia reittejä pitkin (kuva 2). Tyypillisistä näistä on äänen kulkeutuminen suoraan huoneiston välisten rakenteiden läpi. Tämän lisäksi huoneistojen välillä on usein äänen sivutiesiirtymäreittejä, kuten huoneistosta toiseen jatkuvat rakenteet. Sivutiesiirtymäreittejä voivat olla myös LVIS-laitteet, kuten ilmanvaihtoputket, lämpöpatterien putket yms.



Kuva 1. Ilma- ja runkoääni.



Kuva 2. Äänen etenemisreitit rakennuksessa.

1.3 Äänentaajuus

Äänentaajuudella tarkoitetaan ääniaallon värähtelyiden määrää sekunnissa ja sen yksikö on hertsi [Hz]. Mitä suurempi äänentaajuus on sitä korkeampana ääni kuullaan. Äänentaajuuden ollessa riittävän matala tai korkea, ei ihminen kuule ääntä ollenkaan. Normaali kuuloon ihminen kuulee äänet taajuusalueelta 16 Hz – 16000 Hz, kun taas esimerkiksi koiran kuuloalue on 70 Hz – 100000 Hz.

Ääntä eristävien rakenteiden suunnittelussa äänentaajuudella on oleellinen merkitys, koska rakenteen käyttäytyminen ja ääneneristyskyky muuttuvat taajuuden muuttuessa. Ääntä eristävän rakenteen suunnittelu on vaativaa, koska rakenne pitää saada toimimaan hyvänä ääneneristeenä sekä matalilla että korkeilla äänentaajuuksilla.

1.4 Asuinrakennuksessa esiintyvät äänentaajuudet

Asuinrakennuksessa esiintyvien äänen taajuudet vaihtelevat suuresti. Esimerkiksi ihmisen puhe tuottaa ääntä taajuusalueella 50 Hz – 10000 Hz ja välipohjalla kävely taajuusalueella 25 Hz – 200 Hz. Ihmisen kuulo on herkimmillään taajuusalueella 100 Hz – 3150 Hz. Tämän takia asuinrakennuksen rakenteiden ääneneristävyyttä on perinteisesti tutkittu juuri tällä taajuusalueella ja pyritty saavuttamaan rakenteelle mahdollisimman hyvä ääneneristävyys ihmisen kuulon kannalta. Nykyisin rakenteiden ääneneristävyyden suunnittelussa pyritään huomioimaan myös matalat alle 100 Hz:n taajuudet. Tämä korostuu erityisesti kevyiden seinä- ja välipohjarakenteiden suunnittelussa, koska ne läpäisevät helpommin matalia äänentaajuuksia.

1.5 Äänenvoimakkuus

Äänenvoimakkuutta kuvataan käsitteellä äänenpainetaso, joka voidaan mitata äänenpainetasomittarilla. Äänenpainetaso ilmoitetaan lukuarvona, jonka yksikkö on desibeli [dB]. Desibeli on logaritminen suure, joten yksittäisten äänilähteiden aiheuttamia äänenpainetasoja ei voida laskea suoraan yhteen tavallisen summalaskennan tapaan. Yksittäisten äänilähteiden yhdessä aiheuttama kokonaisäänepainetaso voidaan määrittää kaavalla 1.

Kaava 1.

$$L_{\text{kok}} = 10 \lg (10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} + \dots + 10^{L_n/10})$$

Kaavassa 1

L_{kok} = kokonaisäänepainetaso [dB]

L_n = yksittäisen äänilähteen äänenpainetaso [dB]

Esimerkki 1

Huoneessa on neljä äänilähdettä, joista kukin erikseen aiheuttaa huoneeseen 80 dB:n äänenpainetaso. Tällöin äänilähteiden yhteenlaskettu kokonaisäänepainetaso on kaavan 1 perusteella:

$$L_{\text{kok}} = 10 \lg (10^{80/10} + 10^{80/10} + 10^{80/10} + 10^{80/10}) = 86 \text{ dB}$$

Logaritmisyydestä johtuen äänenpainetaso dB-arvosta on vaikea saada käsitystä millainen äänenvoimakkuus on kysymyksessä. Taulukossa 1 on esitetty erilaisten äänilähteiden aiheuttamia tyypillisiä äänenpainetasoja.

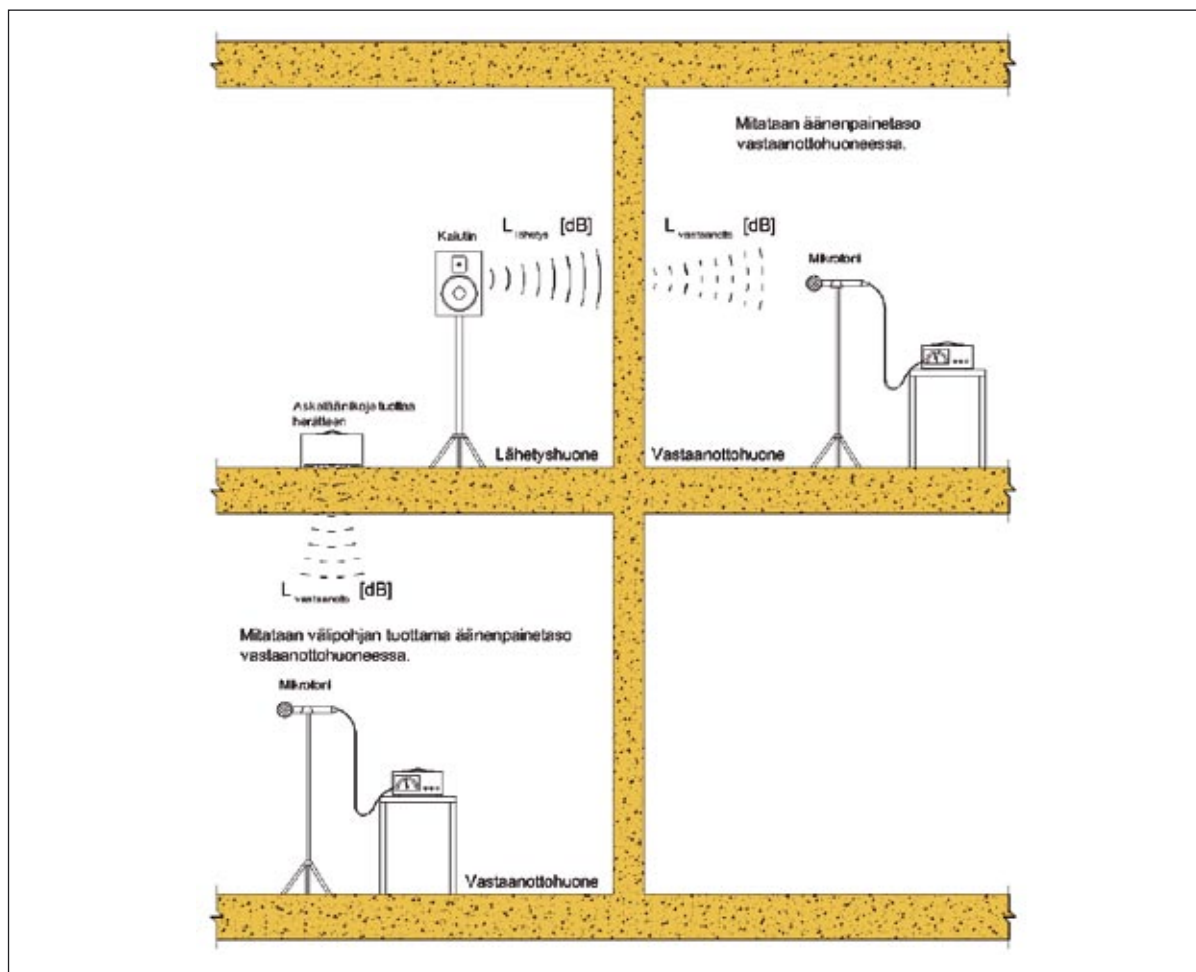
Äänilähde	Äänenpainetaso
Kuulokynnys	0
Pensaiden lehtien havina	5 – 25
Tietokone	25 – 50
Äänekäs puhuminen	50 – 70
Liikenne	70 – 85
Moottoripyörä	85 – 90
Disco	90 – 110
Kipukynnys	110 – 130
Suihkumoottori	150

Taulukko 1. Äänenpainetasoja.

Taulukon 1 mukaan esimerkiksi tietokone saattaa synnyttää 50 dB:n äänenpainetaso. Luukuarvona 50 dB vaikuttaa suurelta, mutta äänenvoimakkuudeltaan se on huomattavasti pienempi kuin esimerkiksi liikenteen aiheuttama 85 dB:n äänenpainetaso. Tietokoneen ja liikenteen aiheuttamien äänenpainetasojen välillä on vain 35 dB:n ero, mutta äänenvoimakkuudessa ero on hyvin suuri. Jotta kyseisillä tietokoneilla saataisiin syntymään 85 dB:n äänenpainetaso, tulisi niitä olla yhteensä 3162 kpl.

1.6 Rakenteen ääneneristävyys

Rakenteen ilmaääneneristävyydellä kuvataan rakenteen kykyä eristää ilmaääntä tilojen välillä ja sitä kuvataan ilmaääneneristysluvulla. **Mikäli ilmaääneneristävyyysluku on määritetty laboratoriossa rakenteelle, käytetään siitä merkintää R_w [dB]. Mikäli ilmaääneneristysluku on määritetty valmiissa rakennuksessa tilojen välille, käytetään siitä merkintää R'_w [dB] (kuva 3). Mitä suurempi ilmaääneneristysluku on, sitä parempi on rakenteen ilmaääneneristävyys.**



Kuva 3. Tilojen välisen rakenteen äänieristävyyden mittaaminen.

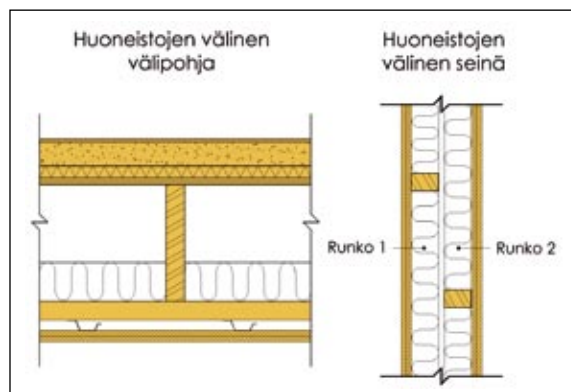
Rakenteen askelääneneristävyydellä kuvataan välipohjan kykyä tuottaa ilmaääntä toiseen huoneistoon tietyllä vakioherätteellä (askeläänikoje) ja sitä kuvataan askeläänitasoluvulla. **Mikäli askeläänitasoluku on määritetty laboratoriossa rakenteelle, käytetään siitä merkintää $L_{n,w}$ [dB]. Mikäli askeläänitasoluku on määritetty valmiissa rakennuksessa tilojen välille, käytetään siitä merkintää $L'_{n,w}$ [dB] (kuva 3).** Toisin kuin rakenteen ilmaääneneristävyyden kohdalla, rakenteen askelääneneristävyys on sitä parempi mitä pienempi askeläänitasoluku on.

Sivutiesiirtymät, rakenteen pinta-ala ja vastaanottohuoneen ominaisuudet vaikuttavat tilojen väliseen ilma- ja askelääneneristävyyteen. Näin ollen tilojen välinen ääneneristävyys voidaan määrittää tarkasti vain mittauksella valmiissa rakennuksessa.

2. Ääneneristysten toteuttaminen puurunkoisessa asuinrakennuksessa

Puu materiaalina on kevyttä, joten asuinrakennuksen ääneneristävyysvaatimusten täyttäminen pelkästään puurakenteen massan avulla on käytännössä mahdotonta. Vaikka huoneistojen välinen seinä olisi 200 mm paksua höylähirttä, saavutetaan sillä vain ilmaääneneristysluku, joka on suuruusluokkaa 40 dB. Näin ollen puurunkoisessa asuinrakennuksessa ääneneristävyysvaatimukset saadaan käytännössä täytettyä vain levypintaisten kaksinkertaisilla rakenteilla. Tyypillisiä kaksinkertaisia rakenteita ovat kaksosirunkoinen huoneistojen välinen seinä sekä akustisilla jousirangoilla varustettu huoneistojen välinen välipohja (kuva 4).

Kaksinkertaiset (kerrokselliset) levyrakenteet poikkeavat ääneneristävyysominaisuuksiensa ja akustisen toimintansa puolesta huomattavasti massiivirakenteista ("kivirakenne"). Esimerkiksi kerroksellisten levypintaisten sivuavien rakenteiden aiheuttamat sivutiesiirtymät jäävät usein vähäisiksi, koska levypintaisten rakenteilla on pieni äänen säteilykerroin. Tämän takia esimerkiksi seinärakenteisiin kohdistuvien iskujen tuottamat äänet (siivoaminen yms.) eivät tavallisesti kulkeudu naapurihuoneistoa pidemmälle. Samoin levypintaisten rakenteiden liittymät poikkeavat ääniteknisesti massiivirakenteiden jäykistä liittymistä. Mekaanisilla liittimillä tehty puurakenteiden liitokset ovat luonnostaan joustavia ja liittymissä on lähes aina sauma, joka katkaisee rakenteen jatkuvuuden.



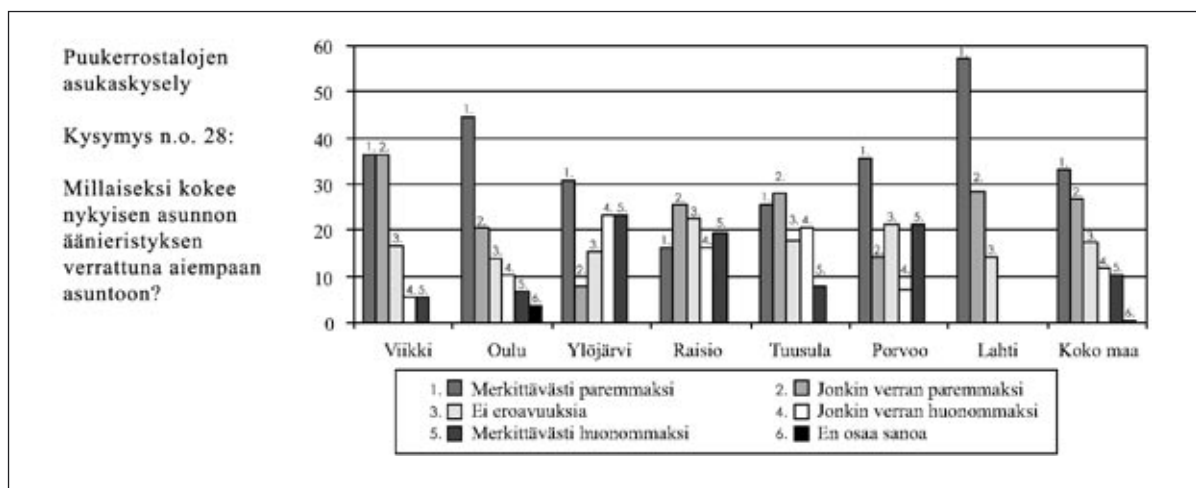
Kuva 4. Puurakenteisen asuinrakennuksen huoneistojen välisiä rakenteita.

Näin ollen joustavat ja katkoja sisältävät liittymät vähentävät osaltaan sivutiesiirtymän vaikutusta, koska ne eivät välitä värähtelyä samoin kuin jäykät liitokset. Taulukossa 2 on esitetty pääasiallisia massiivisen "kivirakenteen" ja kerroksellisen levyrakenteen akustisen toiminnan eroavaisuuksia.

Puurakenteisessa asuinrakennuksessa tulee kiinnittää erityistä huomiota matalien taajuuksien eristämiseen. Erityisesti tämä korostuu välipohjassa, koska sen tulee eristää ilmaäänien lisäksi myös normaalista asumisesta aiheutuvia askelääniä, joiden taajuusalue on noin 25 Hz – 200 Hz. Välipohjarakenteen askelääneneristävyyttä määritettäessä Suomen viranomaismääräysten mukaisessa mittauksessa ei huomioida alle 100 Hz:n taajuuksia. Nämä taajuudet tulee kuitenkin huomioida kevyillä välipohjarakenteilla, koska matalataajuiset äänet saattavat kuulua rakenteen alapuolisessa huoneistossa häiritsevänä kuminana. Puurakenteisen välipohjan heikohko ääneneristävyys matalilla taajuuksilla johtuu välipohjan keveydestä. Näin ollen puurakenteisessa huoneistojen välisessä välipohjassa tulee yleensä käyttää esimerkiksi betonirakenteista pintalaattaa, jolla välipohjaan saadaan lisää massaa.

Massiivinen ”kivirakenne”	Kerroksellinen kevyt levyrakenne
Ääniteknisesti jäykkä rakenne	Ääniteknisesti joustava rakenne
Ääneneristävyys perustuu pääasiassa massa	Ääneneristävyys perustuu jousi-massa -yhdistelmään
Säteilykerroin suuri eli säteilee ääntä tehokkaasti	Säteilykerroin pieni eli säteilee ääntä niukasti
Rakenteiden liitokset jäykkiä	Rakenteiden liitokset joustavia
Koinsidenssi-ilmiö ei yleensä tule ongelmaksi	Koinsidenssi-ilmiö tulee huomioida suunnittelussa
Ääneneristävyys hyvä matalilla äänentaajuuksilla	Ääneneristävyys heikohko matalilla äänentaajuuksilla
Ääneneristävyys hyvä korkeilla äänentaajuuksilla	Ääneneristävyys erittäin hyvä korkeilla äänentaajuuksilla
Lattiapäällysteellä suuri merkitys askelääneneristävyyteen korkeilla äänentaajuuksilla	Askelääneneristävyys korkeilla äänentaajuuksilla luonnostaan hyvä

Taulukko 2. Massiivirakenteen ja levyrakenteen ääniteknisien toimintojen eroja.



Kuva 5. Ote Markku Karjalaisen tekemästä puurakenteisten asuinrakennusten asukaskyselystä.

Puurakenteisten asuinrakennuksen ääniolosuhteet poikkeavat ”kivirakenteisten” asuinrakennuksen äänioloista. Puurakenteisessa asuinrakennuksessa matalataajuiset äänet (alle 100 Hz) saatavat kuulua voimakkaampina ”kivirakenteiseen” asuinrakennukseen verrattuna, mutta vastaavasti korkeataajuiset äänet saadaan tehokkaasti eristettyä. Suurin osa asuinrakennuksessa olevista äänistä on korkeataajuisia (puhe 50 Hz – 10000 Hz), jolloin korkeiden taajuuksien tehokkaan eristämisen ansiosta puurakenteisten asuinrakennuksen ääniolosuhteet saadaan kokonaisuudessaan miellyttäväksi.

Suomeen rakennettujen puurakenteisten asuinrakennusten (3–4 krs.) asumisolosuhteista on tehty tutkimus, jossa on tutkittu mm. rakennuksen äänioloja. Kuvassa 5 on ote Markku Karjalaisen tekemästä asukaskyselytutkimuksesta, jossa yhtenä kysymyksenä oli vertailla puurakenteisten asuinrakennusten ääneneristävyyttä kokonaisuutena asukkaan aiempaan asuntoon.

3. Rakenteiden ääneneristävyysvaatimukset asuinrakennuksessa

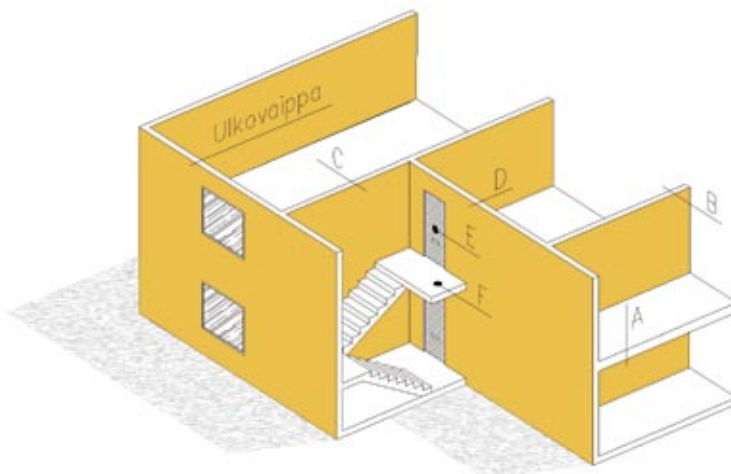
RakMK:n osa C1 1998 *Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa* määrittelee asuinrakennuksen rakenteille kuvan 6 mukaiset ääneneristävyysvaatimukset, jotka eivät koske satunnaisesti käytettävistä tiloista tai kylpy- ja löylyhuoneista aiheutuvia ääniä. Kyseiset tilat on kuitenkin otettava huomioon rakennuksen äänioloja suunniteltaessa. Jotta rakenteen ääneneristävyystä saisi paremman käsityksen, on taulukossa 3 kuvattu rakenteen ääneneristävyiden ja puheen yhteyttä.

RakMK määrittelee askeläänitasoluvuksi uloskäytävästä huoneistoon enintään 63 dB. Rakennuksen ääneneristävyiden suunnittelussa tämä on kuitenkin syytä suunnitella siten, että saavutetaan vaatimusta parempi askelääneneristävyys. Tätä suositellaan siksi, koska portaista kantautuvat askeläänit erityisesti yöaikaan koetaan epämiellyttäviksi.

Asuinrakennuksen ulkovaipalle ei ole asetettu RakMK:ssa ääneneristävyysvaatimusta, vaan tarvittaessa se annetaan kaavamääräyksessä. Rakennuksen ulkovaipalle annetaan ääneneristävyysvaatimus tavallisesti silloin, kun rakennus sijaitsee alueella, jolla on normaalia voimakkaampi liikennemelu.

RakMK:n määrittelemillä ääneneristävyysvaatimuksilla pyritään luomaan asuinrakennukseen riittävän hyvät ääniolosuhteet. Hyvin ääntä eristävien rakenteiden käytön lisäksi asuinrakennuksen äänioloihin voidaan vaikuttaa rakennuksen arkkitehtisuunnittelulla. Seuraavassa luettelossa on esitetty joitakin periaatteita, joilla voidaan oleellisesti vähentää rakennuksen meluhaittoja.

1. Olohuone ja varsinkin makuuhuoneet sijoitetaan pois meluisten tiealueiden ja muiden ulkomelulähteiden puolelta.
2. Käytävä-, keittiö-, vaatehuone- yms. tiloja, joita ei pääsääntöisesti käytetä oleskeluun ja nukkumiseen voidaan sijoittaa ”äänipuskuriksi” oleskelu- ja makuutilojen eteen.
3. Ääntä aiheuttavat tilat, kuten märkätilat ja keittiö pyritään sijoittamaan kootusti yhteen ja asettamaan ne huoneistojen välillä vastakkain ja päällekkäin.
4. Mikäli rakennuksen runko on kevyttä materiaalia (puu), suunnitellaan porrashuoneet, hissikuilut, luhtikäytävät ja parvekkeet oman kantavan runkonsa varaan, jotta kyseiset rakennusosat eivät johda runkoääntä ja värähtelyä itse rakennuksen runkoon.
5. Autopaikoitustilojen tuomista rakennuksen makuutilojen alapuolelle tulee välttää.



Tunnus	Selite	Ilmaääneneristysluku	Askeläänitasoluku
A	Huoneistojen välinen välipohja	$R'_w \geq 55 \text{ dB}$	$L'_{n,w} \leq 53 \text{ dB}$
B	Huoneistojen välinen seinä	$R'_w \geq 55 \text{ dB}$	-
C	Porrashuoneen ja huoneistojen välinen seinä yleensä	$R'_w \geq 55 \text{ dB}$	-
D	Porrashuoneen ja huoneistojen välinen seinä, kun seinässä on ovi	$R'_w \geq 39 \text{ dB}$	-
E	Huoneiston ovi ¹⁾	$R_w \geq 37 \text{ dB}$	-
F	Uloskäytävästä huoneistoon	-	$L'_{n,w} \leq 63 \text{ dB}$

¹⁾ Huoneiston ulko-ovena käytetään vähintään ääniluokan 30 dB ovea tai oviyhdistelmää. Tämä vaatimus saadaan täytettyä, kun käytetään huoneiston ulko-ovea tai oviyhdistelmää, jonka laboratoriossa mitattu ilmaääneneristysluku on $\geq 37 \text{ dB}$.

Kuva 6. Rakenteiden ääneneristävyysvaatimukset asuinrakennuksessa.

R'_w [dB]	Kuvaus
< 30	Seinä ei estä seuraamasta tapahtumia naapurihuoneistossa
>35	Normaali keskusteluääni kuuluu seinän läpi
>40	Normaali keskusteluääni kuuluu seinän läpi, mutta sanoista ei saa selvää
>45	Normaali keskusteluääni ei kuulu seinän läpi
>50	Voimakas puhe kuuluu seinän läpi, mutta sanoista ei saa selvää
>55	Voimakas puhe ei kuulu seinän läpi
>60	Voimakas huuto kuuluu seinän läpi, mutta sanoista ei saa selvää

Taulukko 3. Rakenteen ääneneristävyys ja puheen yhteys.

4. Rakenteiden äänitekniikan teoriaa

4.1 Yksinkertainen rakenne

Ääniteknisesti rakenne on yksinkertainen, kun se on kauttaaltaan samaa materiaalia tai kun eri materiaalikerrokset ovat niin kiinteässä yhteydessä toisiinsa, että ne värähtelevät yhtenä kokonaisuutena. Yksinkertaisessa rakenteessa ääneneristävyyys perustuu lähinnä rakenteen ilmatiiveyteen ja massaan. Kuvassa 7 on esimerkkejä rakenteita, jotka luokitellaan yksinkertaisiksi rakenteiksi.

4.2 Massalaki

Ääniaallon kohdatessa rakenteen, se synnyttää rakenteeseen värähtelyä (kuva 8). Mitä enemmän rakenne värähtelee, sitä enemmän se synnyttää ääniaaltoja rakenteen toiselle puolelle. Kevyt rakenne värähtelee samasta äänenpaineesta enemmän kuin raskas rakenne, joten raskas rakenne eristää paremmin ääntä. Tätä kutsutaan ääneneristävyyden massalaiksi.

Yksinkertaisen massateorian mukaan rakenteen ilmaääneneristävyyys eri taajuuksilla voidaan likimäärin määrittää kaavalla 2. Määrittämällä rakenteelle ilmaääneneristävyyys taajuudella 500 Hz, voidaan tietyissä tapauksissa suuntaa-antavasti arvioida rakenteen ilmaääneneristysluvun R_w suuruus. Rakenteen tarkka ilmaääneneristysluku määritetään vertailukäyrämenettelyllä koko taajuusalueen mittaustulosten perusteella.

Kaava 2.

$$R = 20 \lg (mf) - 49$$

Kaavassa 2

R = rakenteen ilmaääneneristävyyys [dB]

m = rakenteen massa [kg/m^2]

f = äänentaajuus [Hz]

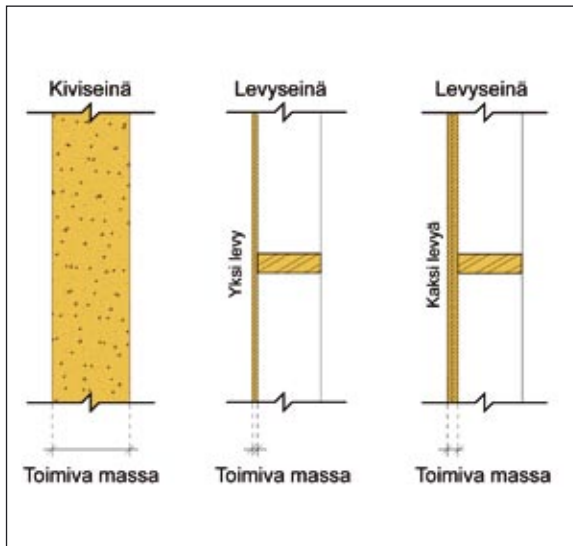
Esimerkki 2

Arvioidaan 180 mm paksun betoniseinän ($m=450 \text{ kg/m}^2$) ilmaääneneristävyyys taajuudella 500 Hz kaavalla 2.

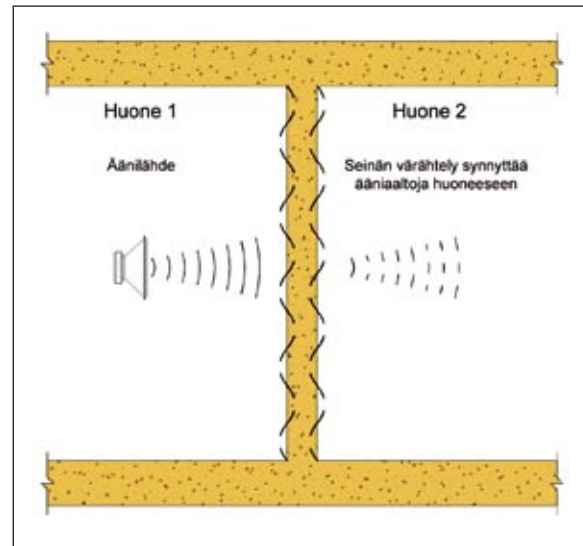
$$R_{500} = 20 \lg (450 \times 500) - 49 = 58 \text{ dB}$$

(vastaa likimain kyseisen seinän ilmaääneneristyslukua R_w)

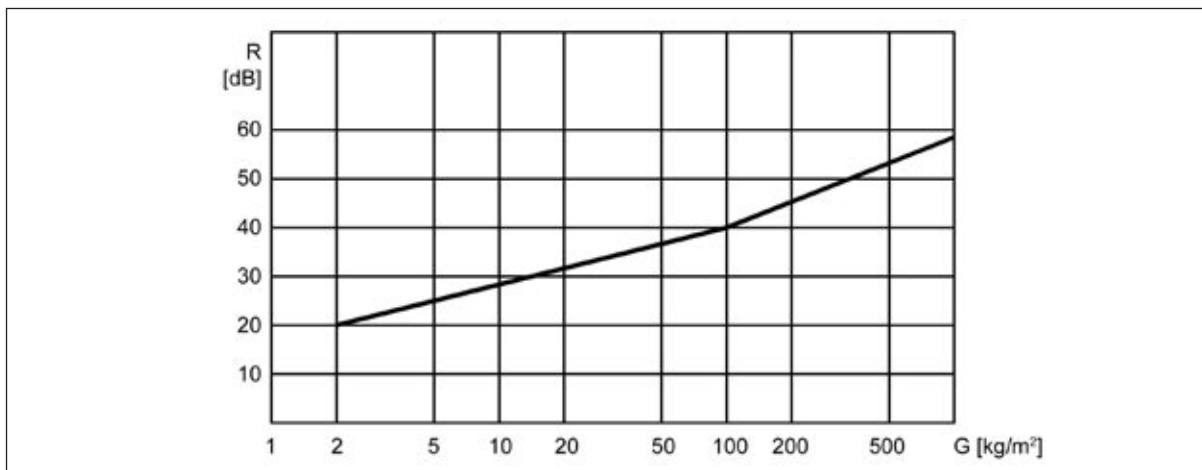
Massalaki pitää paikkansa kuitenkin vain pääpiirteittäin, koska rakenteilla, joiden paino on alle 100 kg/m^2 ääneneristävyyys kasvaa massaa lisäämällä hitaammin kuin yli 100 kg/m^2 painavien rakenteiden (kuva 9). Rakenteen ollessa hyvin raskas, ei sen ääneneristävyyttä kuitenkaan saada pienellä massan lisäyksellä oleellisesti parannettua. Näin ollen rakenteen ääneneristävyyden kannalta massan lisääminen onkin taloudellisesti järkevää vain silloin, kun rakenne on alunperin kevyt. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että rakenteen massan kaksinkertaistaminen parantaa rakenteen ilmaääneneristävyyttä 4 – 6 dB. Massansa perusteella ääntä eristäviä rakenteita ovat betoni ym. ”kivirakenteet” (kuva 10). Tiilirakenteissa tiilien tiheydellä ja tasoitekerroksilla on oleellinen vaikutus rakenteen ilmaääneneristävyyteen.



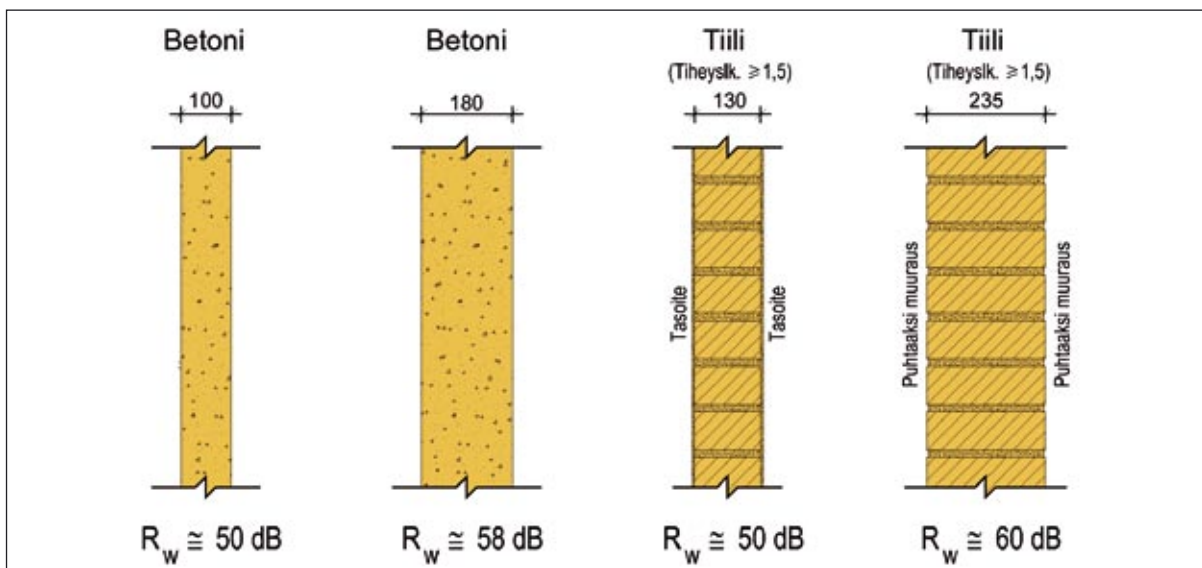
Kuva 7. Ääniteknisesti yksinkertaisia rakenteita.



Kuva 8. Yksinkertaisen seinän äänitekninen toiminta.



Kuva 9. Massan vaikutus yksinkertaisen rakenteen ilmaääneneristävyyteen.



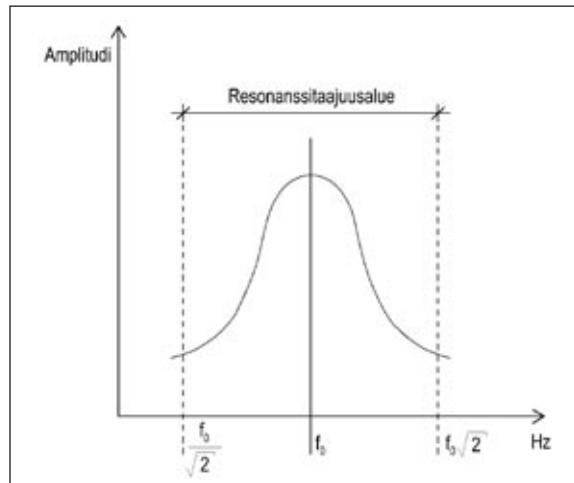
Kuva 10. "Kivirakenteiden" ilmaääneneristävyyksiä.

4.3 Resonanssi-ilmiö

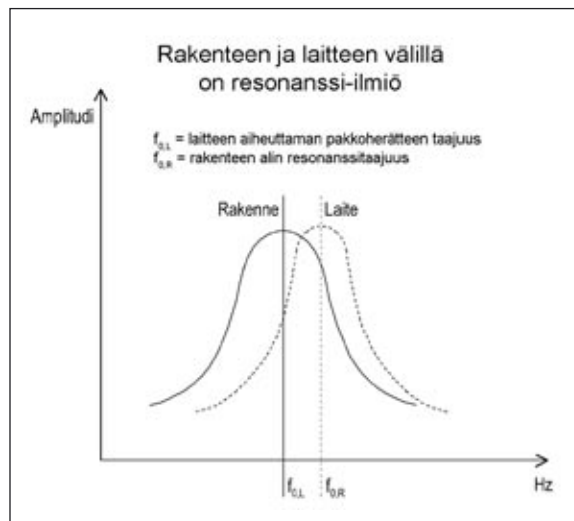
Resonanssi-ilmiö syntyy rakenteessa, kun siihen osuu ääniaaltoja, joiden taajuus on rakenteen resonanssitaajuusalueella eli ominaistajuusalueella. Resonanssi-ilmiössä rakenne värähtelee ja säteilee ääntä voimakkaasti, jolloin sen äänen-eristävyys heikkenee. Rakenteen voimakas värähtely johtuu siitä, että rakenteessa oleva värähtelysystemi saa koko ajan lisää energiaa siihen kohdistuvista ääniaalloista. Resonanssi-ilmiötä voidaan havainnollistaa seuraavalla esimerkillä: *Keinun vauhti kiihtyy, kun keinutat sitä oikeassa tahdissa. Keinun vauhtia tulee lisää, kun keinu menee eteenpäin.*

Rakenteen resonanssitaajuusalue voidaan määrittää rakenteen alimman resonanssitaajuuden f_0 [Hz] perusteella, jolloin rakenteen värähtely saavuttaa maksimiarvonsa (kuva 11). Resonanssi-ilmiötä havaitaan myös, kun värähtelyä aiheuttavan herätteen taajuus on lähellä rakenteen alinta resonanssitaajuutta eli heräte on rakenteen resonanssitaajuusalueella. Rakenteen resonanssitaajuusalueen tulisi olla ihmisen kuulon kannalta tärkeän ääneneristettävän taajuusalueen 100 Hz – 3150 Hz alapuolella.

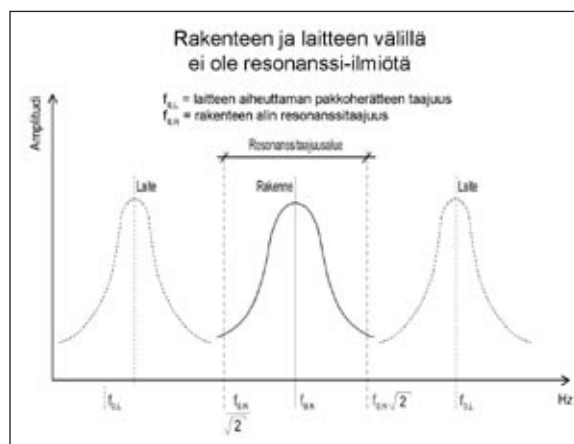
Resonanssi-ilmiö voi syntyä myös värähtelyä tuottavan laitteen ja rakenteen välille. Tällöin laite saa rakenteen värähtelemään, mikäli laitteen herätetaajuus osuu rakenteen resonanssitaajuusalueelle (kuva 12). Tällainen resonanssi-ilmiö saattaa syntyä esimerkiksi pyykinpesukoneen ja välipohjan kelluvan pintalaatan välille. Tämän takia värähtelyä tuottavan laitteen herätetaajuuden tulee olla riittävästi rakenteen resonanssitaajuusalueen ylä- tai alapuolella (kuva 13).



Kuva 11. Rakenteen resonanssitaajuusalue.



Kuva 12. Rakenteen resonanssitaajuusalue ja laitteen herätetaajuus kohtaavat, jolloin syntyy resonanssi-ilmiö.



Kuva 13. Rakenteen resonanssitaajuusalue ja laitteen herätetaajuus eivät kohtaa, jolloin resonanssi-ilmiötä ei synny.

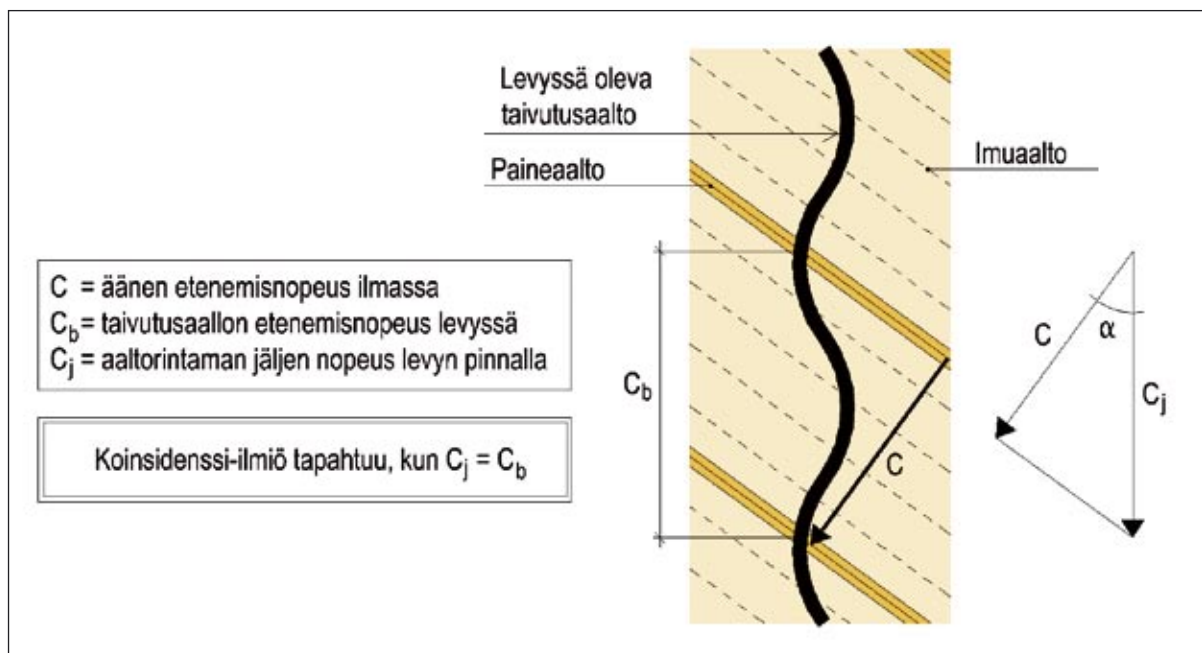
4.4 Koinsidenssi-ilmiö

Koinsidenssi-ilmiö syntyy esimerkiksi rakennuslevyssä. Koinsidenssi-ilmiössä levyn pintaan tietyssä kulmassa osuvan ääniaaltorintaman jälki ja levyssä oleva äänen aiheuttama taivutusaalto etenevät samalla nopeudella. Tällöin jatkuva ääni aiheuttaa yli- ja alipainerintaman, joka osuu levyssä olevan taivutusaallon laaksoon ja huippuun (kuva 14). Äänen edetessä tilanne pysyy koko ajan samana, jolloin levy ei eristä ääntä läheskään yhtä tehokkaasti kuin sen massan perusteella olisi odotettavissa. Koinsidenssi-ilmiössä ääniaallot läpäisevät levyn, jolloin sen ääneneristävyys riippuu lähinnä levyn ja rakenteen häviömekanismeista.

Jokaisella yksinkertaisella rakenteella on koinsidenssitaajuus f_c , jonka yläpuolella olevilla äänentaajuuksilla koinsidenssi-ilmiötä esiintyy ja rakenteen ääneneristävyys heikkenee. Tämän takia rakenteen koinsidenssitaajuuden tulisi olla ihmisen kuulon kannalta tärkeän taajuusalueen 100 Hz – 3150 Hz yläpuolella.

Raskailla yksinkertaisilla ”kivirakenteilla” koinsidenssi-ilmiö ei yleensä ole ongelma. Sen sijaan ohuilla yksinkertaisilla ”kivirakenteilla” sen vaikutus rakenteen ääneneristävyyteen tulee tutkia.

Ohuilla rakennuslevyillä koinsidenssitaajuus on tavallisesti 2000 Hz – 3000 Hz. Mitä ylempänä rakennuslevyn koinsidenssitaajuus on sitä vähemmän koinsidenssi-ilmiö heikentää rakenteen ääneneristävyyttä.



Kuva 14. Koinsidenssi-ilmiö levyssä

Yksinkertaisen rakenteen koinsidenssitaajuus voidaan määrittää kaavalla 3.

Kaava 3.

$$f_c = \frac{c^2}{2\pi h} \times \sqrt{\frac{12g(1-\mu^2)}{E}}$$

Kaavassa 3

f_c = koinsidenssitaajuus [Hz]

c = äänen etenemisnopeus ilmassa (noin 340 m/s)

h = rakenteen paksuus [m]

g = rakenteen tiheys [kg/m³]

μ = Poisson'in luku (0,3)

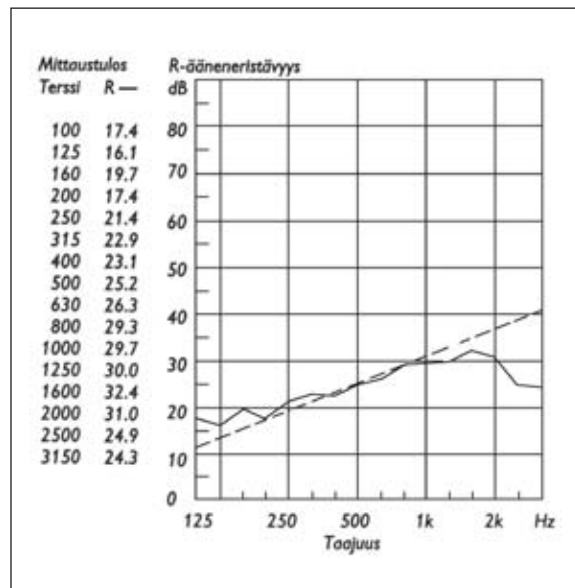
E = rakenteen kimmomoduli [N/m²]

Esimerkki 3

Lasketaan 13 mm paksun kipsilevyn koinsidenssitaajuus kaavalla 3.

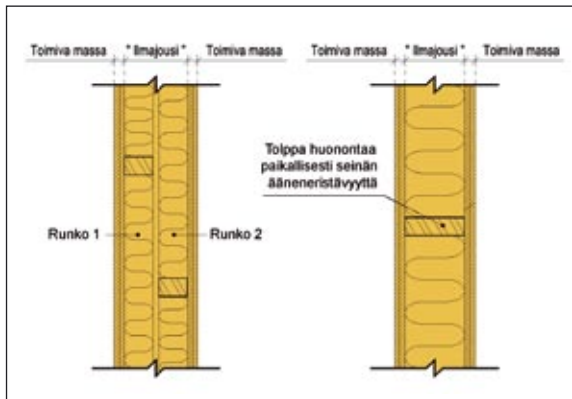
$$f_c = \frac{340^2}{2 \times \pi \times 0,013} \times \sqrt{\frac{12 \times 700 \times (1 - 0,3^2)}{1700 \times 10^6}} \approx 3000 \text{ Hz}$$

Mikäli rakenteessa on useampia levykerroksia päällekkäin eikä niitä ole liimattu toisiinsa, käsitellään tällöin jokaista levykerrosta erillisinä koinsidenssitaajuutta määritettäessä. Kuvassa 15 on esitetty yksinkertaisen 13 mm paksun kipsilevyn ääneneristävyyden mittaustulokset, josta havaitaan, että levyn ilmaääneneristävyys heikenee huomattavasti levyn koinsidenssitaajuutta (3000 Hz) lähestyttäessä.

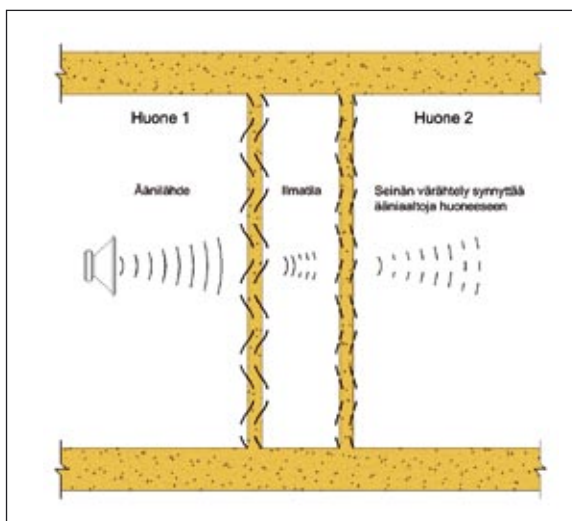


Kuva 15. Kipsilevyn ilmaääneneristävyys (Gyproc äänikirja).

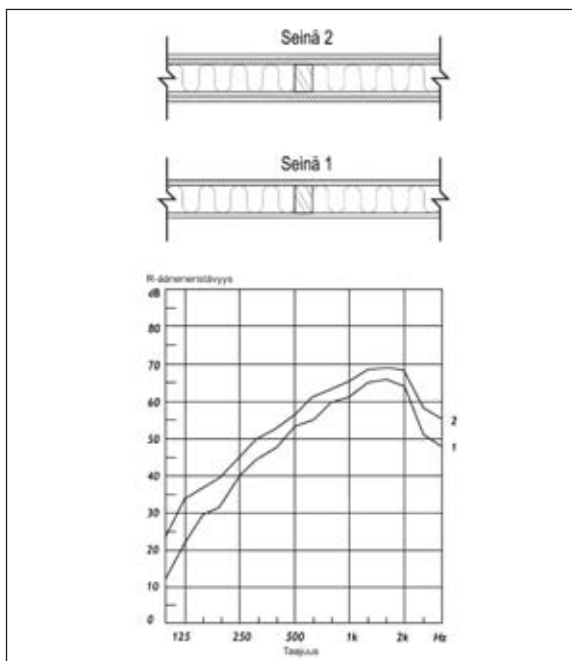
Mikäli esimerkin 3 tapauksessa olisi kaksi toisiinsa liimattua kipsilevyä, tulisi tällöin kahdesta ohuesta levystä yksi paksu levy ja sen koinsidenssitaajuus olisi noin 1500 Hz. Tällöin levyn ”koincidenssikuoppa” siirtyisi kuvassa 15 lähes kokonaan taajuusalueelle 100 Hz – 3150 Hz. Ääneneristävyyden kannalta on siis parempi, että päällekkäisiä levyjä ei liimata toisiinsa.



Kuva 16. Kaksinkertaisia levyseiniä.



Kuva 17. Kaksinkertaisen seinän äänitekninen toiminta.



Kuva 18. Levyjen massan vaikutus seinän ääneneristävyyteen (Gyproc äänikirja).

5. Kaksinkertaisen seinän äänitekninen toiminta

Kaksinkertainen seinä on jousi-massa -yhdistelmä, jonka ääneneristävyys perustuu toisistaan erillään olevien levymäisten massojen (toimiva massa) ja niiden välissä olevan ilmatilan eli "ilmajousen" yhteistoimintaan (kuva 16).

Kaksinkertaisessa seinässä ääniaallot saavat seinän toisen puoliskon värähtelemään. Levyjen välissä oleva ilmatila toimii "jousena", jonka välityksellä värähtelyliike siirtyy toiselle seinäpuoliskolle (kuva 17).

Seuraavissa kappaleissa pääasiassa käsitellään sellaisia kaksinkertaisia seiniä, joissa on kaksi toisistaan erillään olevaa runkoa (kaksoisrunkoseinä), koska ääneneristävyyssvaatimukset asuinrakennuksessa saadaan täytettyä vain tällaisella seinärakenteella.

5.1 Rakennekerrosten massan vaikutus kaksinkertaisen seinän ääneneristävyyteen

Massalakiin nojautuen kaksinkertaisen seinän levyjen massan lisääminen parantaa seinän ääneneristävyyttä (kuva 18).

5.2 Rakennekerrosten välissä olevan ilmatilan vaikutus kaksinkertaisen seinän ääneneristävyyteen

Mitä paksumpi levyjen välissä oleva ilmatila on, sitä joustavampi se on ja välittää näin ollen vähemmän värähtelyä toiselle seinäpuoliskolle, jolloin seinän ääneneristävyys paranee (kuva 19). Raskailla ”kivirakenteisilla” seinillä riittää ohut ilmatila, mutta kevyillä kaksoisrunkoisilla levyseinillä ilmatilan paksuuden tulee olla vähintään 145 mm, jotta voitaisiin täyttää huoneistojen välisen seinän ääneneristävyysvaatimus.

Kaksinkertaisen seinän ilmatilaan syntyy korkeilla taajuuksilla seisovia aaltoja, jotka heikentävät seinän ääneneristävyyttä. Seisovien aaltojen vaikutusta vähennetään asentamalla ilmatilaan ääntä absorboivaa materiaalia, kuten mineraalivillaa tai puukuitueristettä. Ilmatila voidaan täyttää kokonaan kevyellä absorboivalla materiaalilla, joten esimerkiksi puukuitueriste voidaan asentaa myös puhaltamalla. Täyttämällä ilmatila ääntä absorboivalla materiaalilla, voidaan seinän ääneneristävyyttä parantaa keskimäärin 6 dB. Mitä pehmeämpää absorboiva materiaali on, sitä suurempi parannusvaikutus saavutetaan. Esimerkiksi pehmeää mineraalivillaa käytettäessä parannusvaikutus on luokkaa 5–15 dB.

Kaksinkertaisen seinän ilmatilaan ei tule asentaa yhtenäistä levytystä, koska tällöin kaksinkertaisesta seinästä syntyy kolminkertainen seinä, jolla saavutetaan heikompi ääneneristävyys kuin vastaavan painoisella ja paksuisella kaksinkertaisella seinällä (kuva 20). Ääneneristävyyden heikentyminen johtuu siitä, että kolminkertaiseen seinään syntyy useita värähtelyosastymeja ja seinän alin resonanssitaajuus siirtyy ylemmäksi.

5.3 Kaksinkertaisen seinän resonanssi-ilmiö

Kaksinkertaisen seinän ääneneristävyys kasvaa nopeasti resonanssitaajuusalueen yläpuolella (kuva 22), mutta resonanssitaajuusalueella kaksinkertaisen seinän ääneneristävyys on usein heikompi kuin vastaavan painoisen yksinkertaisen seinän (kuva 21). Näin ollen kaksinkertaisen seinän alimman resonanssitaajuuden tulisi olla mahdollisimman alhainen.

Kaksoisrunkoseinän, jonka runkopuoliskojen levytykset ovat samanpainoiset, alin resonanssitaajuus voidaan likimäärin arvioida kaavalla 4. Mikäli runkopuoliskot ovat eripainoiset, käytetään kaavaa 5. Sekä kaavassa 4 että 5 runkopuoliskojen jäykkyys oletetaan merkityksettömäksi.

Kaava 4

$$f_0 = \frac{85}{\sqrt{md}}$$

Kaava 5

$$f_0 = 60 \sqrt{\frac{m_1 + m_2}{m_1 m_2 d}}$$

Kaavoissa 4 ja 5

f_0 = seinän alin resonanssitaajuus [Hz]

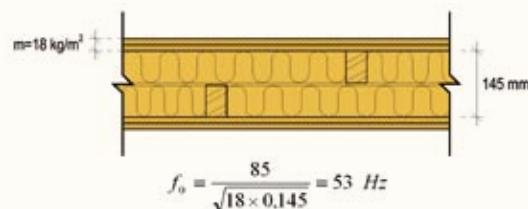
m = toisen puolen levyn/levyjen paino [kg/m^2]

m_1 = puolen 1 levyn/levyjen paino [kg/m^2]

m_2 = puolen 2 levyn/levyjen paino [kg/m^2]

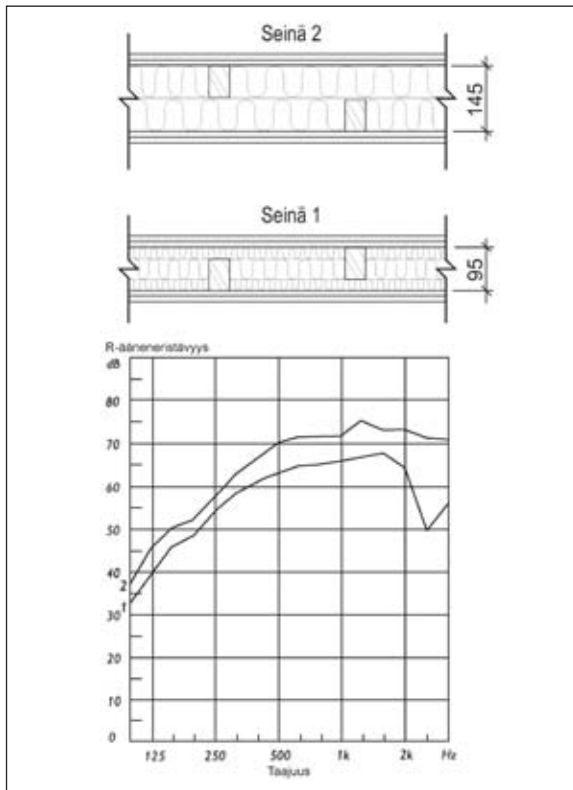
d = ilmatilan paksuus [m]

Esimerkki 4. Lasketaan kaksoisrunkoseinän alin resonanssitaajuus kaavalla 4.

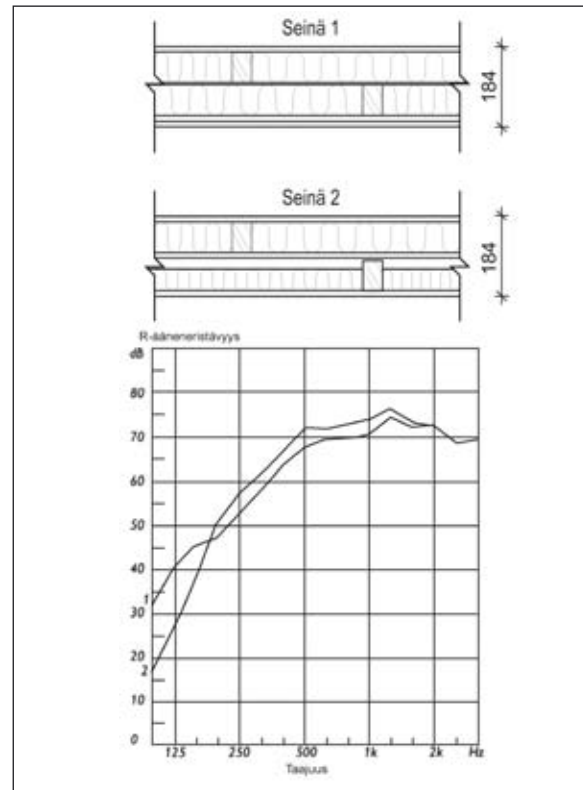


$$f_0 = \frac{85}{\sqrt{18 \times 0,145}} = 53 \text{ Hz}$$

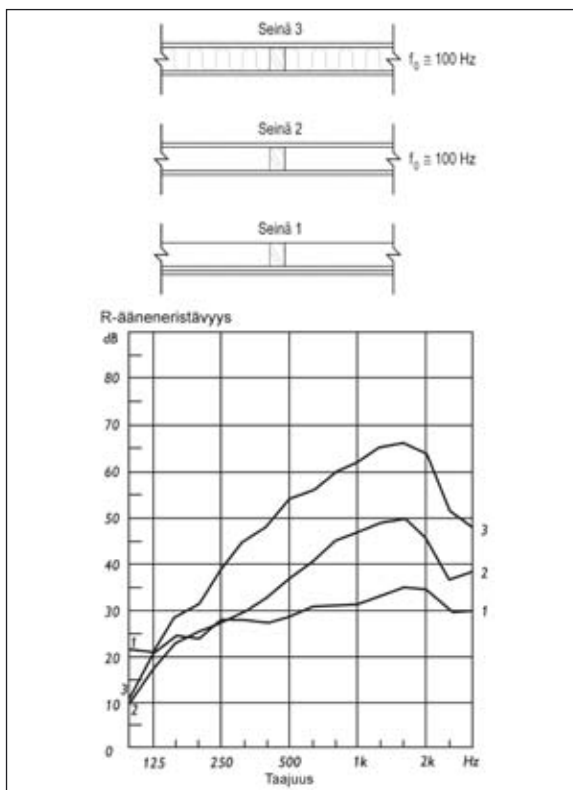
Esimerkissä 4 olevan kaksoisrunkoseinän alin resonanssitaajuus on laskennallisesti 53 Hz eli käytännössä kyseinen seinä eristää ääntä tehokkaasti ihmisen kuulon kannalta tärkeällä taajuusalueella 100 Hz – 3150 Hz.



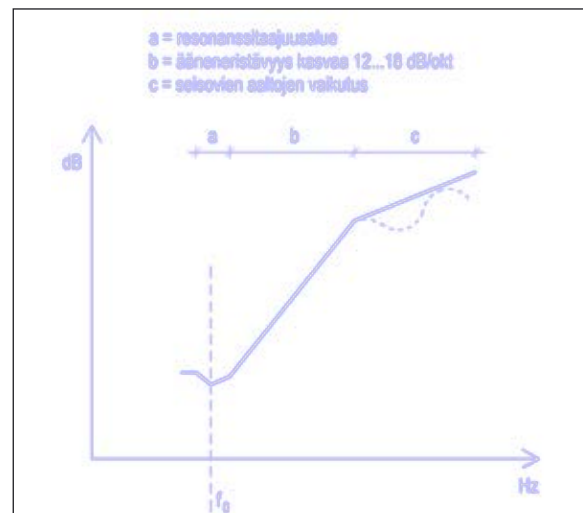
Kuva 19. Levyjen välissä olevan ilmatilan paksuuden vaikutus ääneneristävyyteen (Gyproc äänikirja).



Kuva 20. Ilmatilassa oleva levy heikentää seinän ääneneristävyyttä (Gyproc äänikirja).



Kuva 21. Resonanssi-ilmiö heikentää seinän ääneneristävyyttä (Gyproc äänikirja).



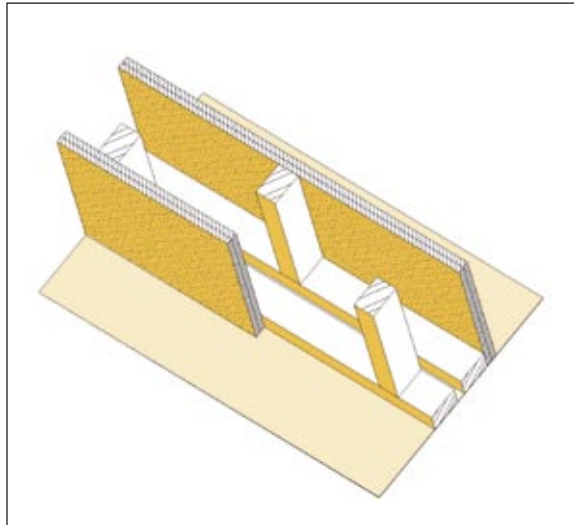
Kuva 22. Kaksinkertaisen seinän ääneneristävyyden kehittyminen.

5.4 Kaksinkertaisen seinän koinsidenssi-ilmiö

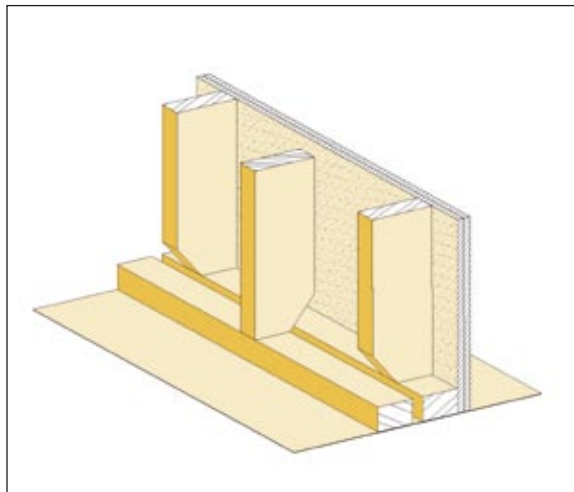
Kaksinkertaisessa seinässä koinsidenssitaa-juus määritetään seinän levyille kaavalla 3 ja sen tulisi olla mahdollisimman korkea, jotta koinsidenssi-ilmiö heikentäisi seinän äänen-eristävyyttä mahdollisimman vähän. Näin ollen seinässä tulee käyttää ohuita rakennuslevyjä, eikä niitä tule liimata toisiinsa.

5.5 Kaksoisrunkoseinän runkopuoliskojen kytkennän vaikutus seinän ääneneristävyteen

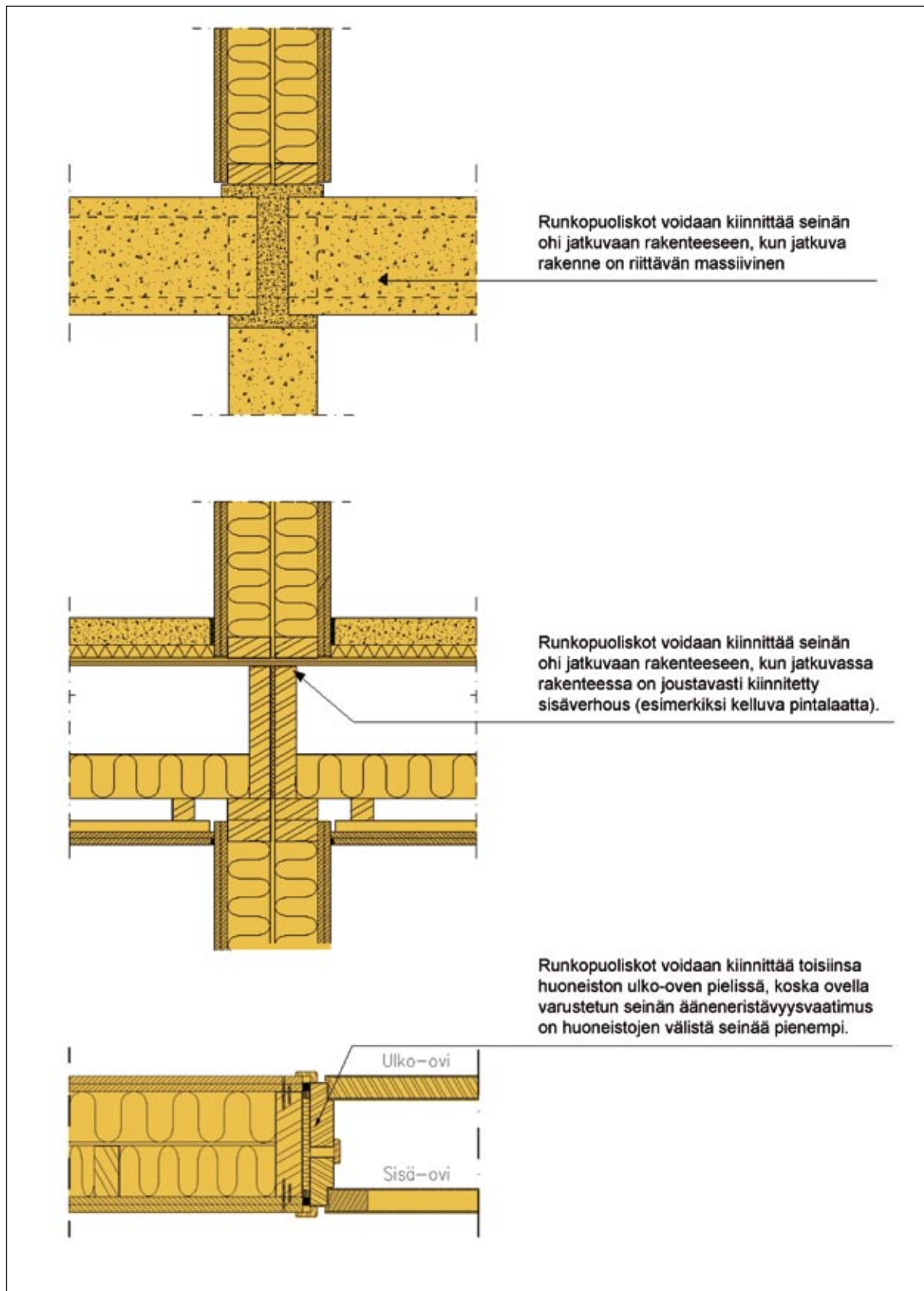
Jotta kaksoisrunkoseinällä voitaisiin täyttää huoneistojen välisen seinän ääneneristävyysvaatimus, ei toisistaan erillään olevien runkojen välillä tule olla minkäänlaista mekaanista kytkentää (kuva 23). Näin ollen runkopuoliskojen välillä tulee olla rako ja tämän lisäksi tolpat suositellaan asennettavaksi runkopuoliskoilla eri kohtiin. Mikäli käytetään ala- ja yläohjauspuita leveämpää runkotolppaa, tulee tolppien ala- ja yläpää viistää kuvan 24 periaatteilla. Kaksoisrunkoseinä voidaan kuitenkin kiinnittää runkopuoliskot yhdistävään rakenteeseen kuvan 25 mukaisissa tapauksissa.



Kuva 23. Runkopuoliskojen välillä ei saa olla mekaanista kytkentää.



Kuva 24. Kaksoisrunkoseinässä käytetty ohjauspuita leveämpää tolppaa.

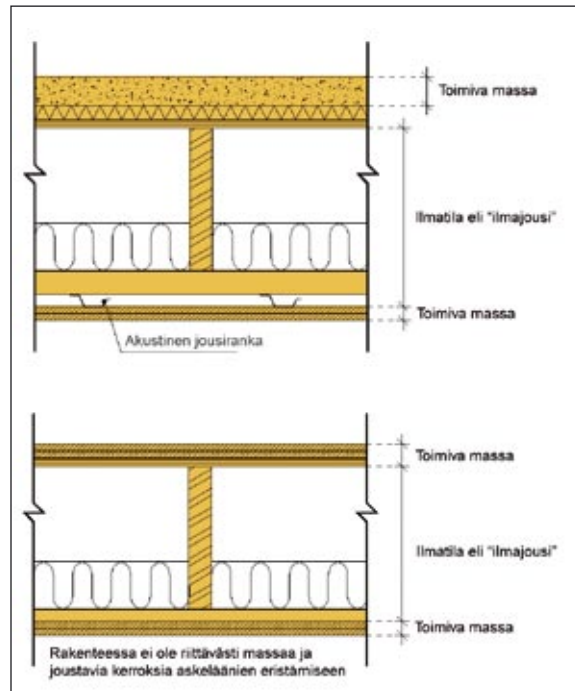


Kuva 25. Kaksirunkoseinä voidaan kiinnittää runkopuoliskot yhdistävään rakenteeseen seuraavanlaisissa tapauksissa.

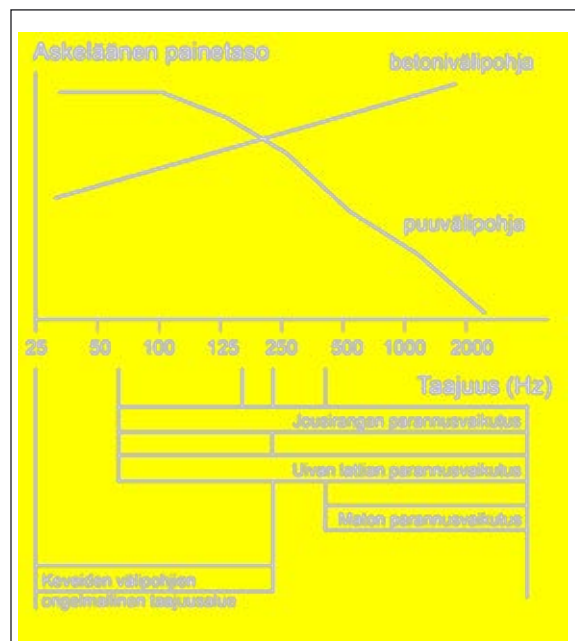
6. Kaksinkertaisen välipohjan äänitekninen toiminta

Kaksinkertainen välipohjarakenne toimii kaksinkertaisen seinän tapaan jousi-massa-yhdistelmänä, jossa toimivana massoina käytetään alakattolevytystä ja välipohjapalkkien päällä olevaa kansirakennetta. Toimivien massojen välissä oleva ilmatila toimii ”ilmajousena” (kuva 26). Jotta puurakenteisella välipohjalla voitaisiin täyttää ääneneristävyysvaatimukset asuinrakennuksissa, tulee välipohjassa käyttää akustisten jousirankojen varaan asennettua alakattolevytystä sekä kelluvaa pintalaattaa tai riittävän joustavaa lattiapäällystettä massiivisen kansirakenteen kanssa.

Askelääneneristävyyden kannalta kevyen kaksinkertaisen välipohjan äänitekninen toiminta poikkeaa huomattavasti massiivisen välipohjan ääniteknisestä toiminnasta (betonivälipohja). Korkeilla taajuuksilla askeläänenpainetasot ovat kevyissä välipohjissa luonnostaan hyvin alhaisia ja matalilla taajuuksilla korkeita. Massiivisessa välipohjassa tilanne on päinvastainen. Tämä aiheuttaa sen, että esimerkiksi kevyellä kelluvalla lattialla tai joustavalla lattiapäällysteellä ei kevyessä välipohjassa saavuteta läheskään sellaista parannusvaikutusta korkeiden taajuuksien eristämisessä kuin massiivisessa välipohjassa (kuva 27).



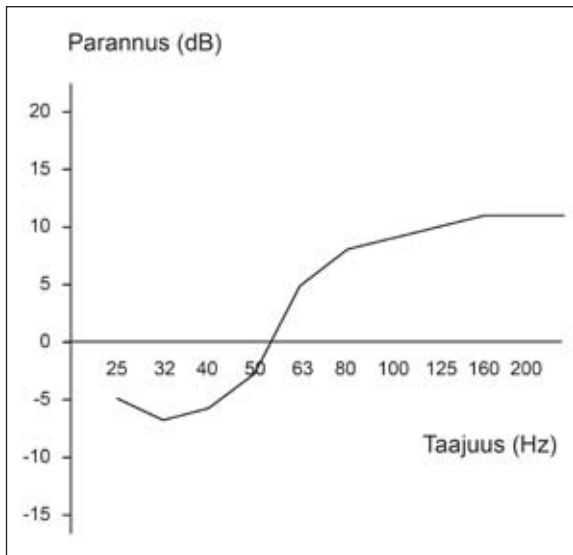
Kuva 26. Kaksinkertaisia puuvälipohjia.



Kuva 27. Puu- ja betonivälipohjien askeläänepainetasoja.



Kuva 28. Akustinen jousiranka.



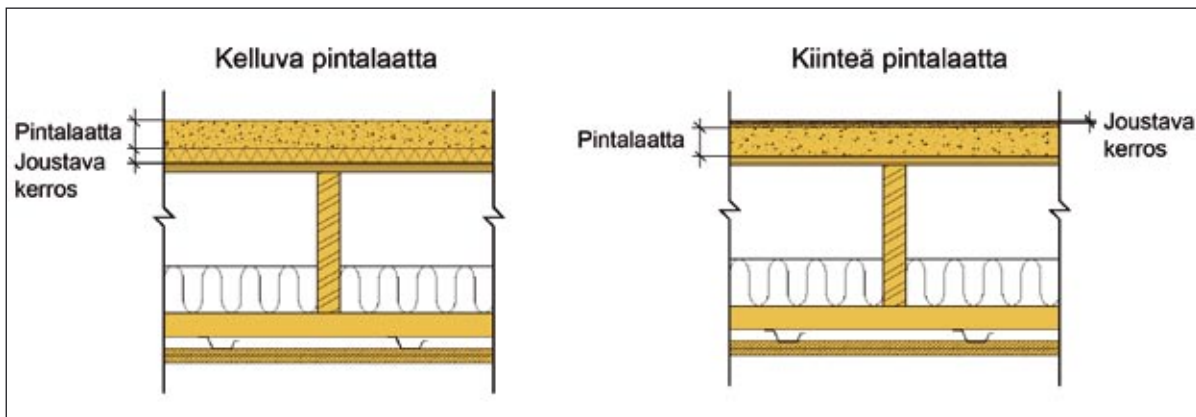
Kuva 29. Akustisten jousirankojen varaan asennetun alakattolevytyksen parannusvaikutus kaksinkertaisen puuvälipohjan askelääneneristävyyteen (kipsilevyt).

6.1 Akustisten jousirankojen vaikutus kaksinkertaisen välipohjan ääneneristävyyteen

Akustinen jousiranka on peltiprofiili, jonka avulla rankaan kiinnitetystä alakattolevytyksestä saadaan erittäin joustava (kuva 28). Tällöin välipohjan ilma- ja askelääneneristävyys paranevat, koska jousirangat tekevät rakenteesta lähes ideaalisen kaksinkertaisen rakenteen.

Jousirankojen k/k-jako saa levyjen kiinnityksen takia yleensä olla enintään 400 mm – 450 mm. Mitä harvemmassa jousirangat ovat sitä parempi ääneneristävyys rakenteella saavutetaan. Jousirankojen päiden tulee olla täysin irti ympäröivistä rakenteista, jotta rangat pääsevät vapaasti joustamaan.

Jousirankojen varaan asennetun alakattolevytyksen parannusvaikutus kaksinkertaisen välipohjan askelääneneristävyyteen alkaa jo noin 50 Hz:stä (kuva 29). Näin ollen 100 Hz:n taajuudella välipohjan askelääneneristävyys paranee lähes 10 dB verrattuna välipohjaan, jossa ei ole jousirankoja.



Kuva 30. Kelluva ja kiinteä pintalaatta puuvälipohjassa.

6.2 Pintalaatan vaikutus kaksinkertaisen välipohjan ääneneristävyyteen

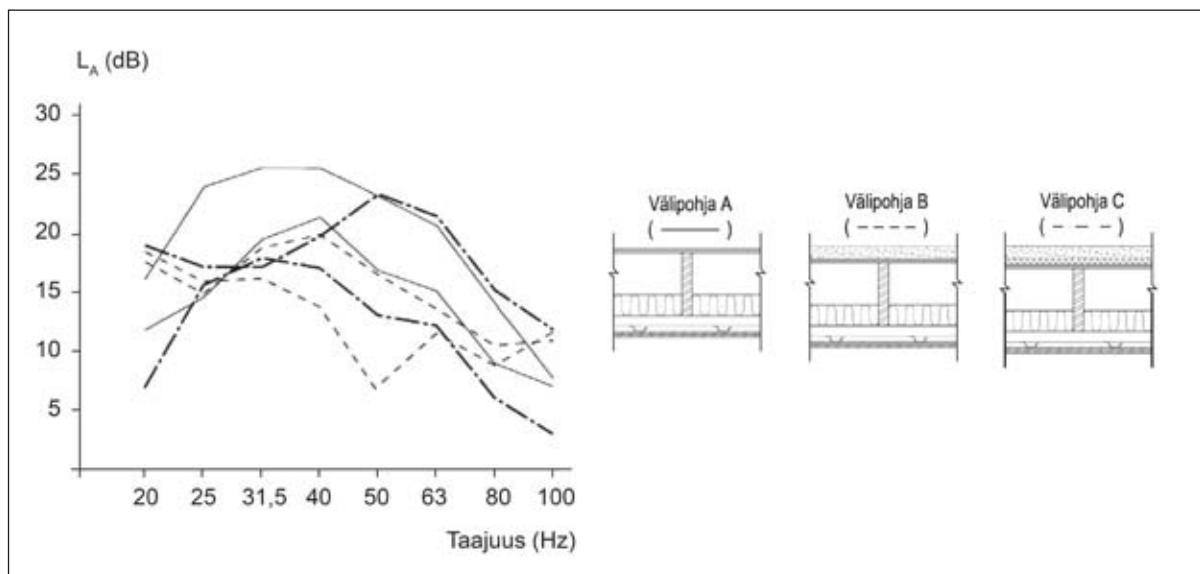
Puuvälipohjan päällä oleva pintalaatta voi olla joustavan kerroksen päällä (askelääneneriste) oleva kelluva pintalaatta tai se voi olla suoraan kiinni välipohjan kannessa, jolloin askeläänien vaimentamisen takia pintalaatan päällä tulee olla riittävän joustava lattiapäällyste (kuva 30).

Kelluva pintalaatta voi olla levyrakenteinen tai betonirakenteinen. Suositeltava tapa on toteuttaa kelluva pintalaatta betonirakenteisena, jolloin välipohjaan saadaan lisää massaa matalien taajuuksien eristämistä varten (kuva 31). Kiinteä pintalaatta tehdään aina betonirakenteisena, jotta siitä saadaan mahdollisimman raskas.

Pintalaattojen suunnittelussa ja toteutuksessa tulee olla huolellinen, jotta niistä saataisiin ääniteknisesti paras mahdollinen hyöty. Taulukossa 4 on esitetty erilaisten pintalaattojen ominaisuuksia ja niiden käytössä huomioitavia seikkoja.

6.3 Askelääneneristeen vaikutus kaksinkertaisen välipohjan ääneneristävyyteen

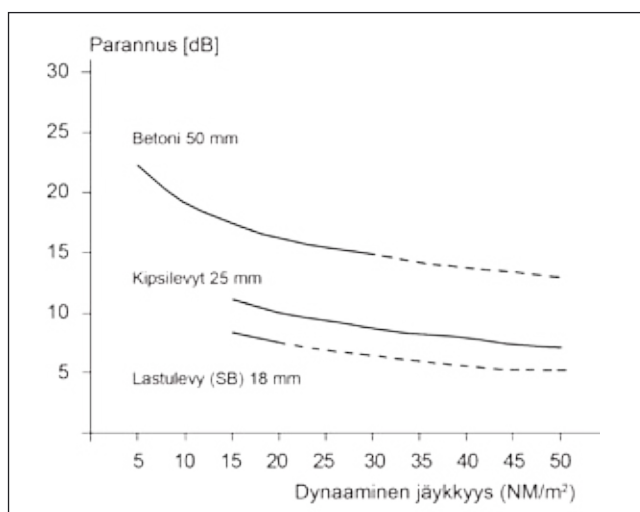
Kelluvan pintalaatan alla joustavana kerroksena käytetään tähän tarkoitukseen valmistettua askeläänieristettä, joka voi olla esimerkiksi mineraalivillaa. Materiaalia valittaessa tulee kiinnittää huomiota lattialla olevaan kuormitukseen ja pintalaatan materiaaliin. Mitä joustavampi askeläänieriste on, sitä parempi askelääneneristävyys saavutetaan (kuva 32). Käyttämällä raskasta betonirakenteista pintalaattaa ja joustavaa askeläänieristettä, voidaan saavuttaa jopa yli 10 dB:n parannusvaikutus välipohjan askelääneneristävyydessä.



Kuva 31. Kävelyn aiheuttamia askeläänepainetasoja erilaisilla puuvälipohjilla.

Kelluva betonilaatta	Kelluva levylattia	Betonilaatta + joustava päällyste
Lattiapäällyste vapaasti valittavissa	Lattiapäällyste vapaasti valittavissa	Lattiapäällysteen tulee olla joustava
Paksuus vähintään 60 mm	Paksuus 22 – 30 mm	Paksuus vähintään 60 mm
Parannusvaikutus alkaa alle 100 Hz:stä	Parannusvaikutus alkaa yli 100 Hz:stä	Jotta kyseistä rakennetta voidaan käyttää huoneistojen välisenä välipohjana asuinrakennuksessa, tulee sen ääneneristävyydestä olla tyyppihyväksyntäpäätös
Parannusvaikutus noin 10 – 15 dB	Parannusvaikutus noin 5 – 10 dB	
Laatan tulee olla irti pystyrakenteista	Laatan tulee olla irti pystyrakenteista	
Vähentää sivutiesiirtymiä rakenteiden liittymissä	Vähentää sivutiesiirtymiä rakenteiden liittymissä	Ei vähennä sivutiesiirtymiä rakenteiden liittymissä

Taulukko 4. Pintalaattojen ominaisuuksia.



Kuva 32. Askelääneneristeen dynaamisen jäykkyyden vaikutus puuvälipohjan askelääneneristävyyteen erilaisilla pintalaatoilla.

6.4 Rakennekerrosten välissä olevan ilmatilan vaikutus kaksinkertaisen välipohjan ääneneristävyyteen

Ilmatilan korkeus (välipohjan sisällä olevan ontelon korkeus ks. kuva 26) vaikuttaa sekä välipohjan ilma- että askelääneneristävyyteen. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että ilmatilan korkeuden tulee olla vähintään 200 mm, jotta voitaisiin täyttää huoneistojen välisen välipohjan ääneneristävyyksivaatimukset. Kasvatettaessa ilmaväliä 200 mm:stä 450 mm:iin, paranee välipohjan askelääneneristävyys noin 2 – 3 dB.

Välipohjan ilmatilaan syntyy korkeilla taajuuksilla seisovia aaltoja, jotka heikentävät välipohjan ääneneristävyyttä aivan kuten kaksinkertaisessa seinässä. Seisovien aaltojen vaikutusta vähennetään asentamalla ilmatilaan ääntä absorboivaa materiaalia. Käytännössä on havaittu, että ilmatilaan asennettu 100 mm paksu ääntä absorboiva materiaalikerroks vaimentaa seisovia aaltoja riittävästi. Ilmatila voidaan täyttää myös kokonaan ääntä absorboivalla materiaalilla, jolloin välipohjan askelääneneristävyys saattaa parantua 1 – 2 dB. Ääntä absorboivana materiaalina voidaan käyttää levymäistä villaa tai puhallusvillaa.

6.5 Lattiapäällysteen vaikutus kaksinkertaisen välipohjan ääneneristävyyteen

Lattiapäällyste ei vaikuta merkittävästi välipohjan ilmaääneneristävyyteen. Sen sijaan sillä on huomattava vaikutus välipohjan askelääneneristävyyteen, kun välipohjassa on kiinteä pintalaatta.

Joustavan lattiapäällysteen parannusvaikutus ilmoitetaan lattiapäällysteen askelääneparannusluvulla ΔL_w . Askelääneparannusluvun soveltamisessa puurakenteiselle välipohjalle tulee olla tarkkana, koska lattiapäällysteiden ΔL_w on määritetty betonivälipohjalle. Näin ollen esimerkiksi joustava lattiapäällyste, jonka parannusvaikutusluku $\Delta L_w = 18$ dB, parantaa kelluvala pintalaatalla varustetun puurakenteisen välipohjan askelääneneristävyyttä vain noin 0 – 2 dB. Vastaavasti kiinteää pintalaattaa käytettäessä joustava lattiapäällyste, jonka parannusvaikutusluku $\Delta L_w = 18$ dB, parantaa puuvälipohjan askelääneneristävyyttä 8–10 dB. Joustavia lattiapäällysteitä ovat esimerkiksi erilaiset muovimatot sekä joustavan kerroksen päällä oleva parketti.

6.6 Kaksinkertaisen välipohjan resonanssi-ilmiö

Kaksinkertaisen seinän tapaan kaksinkertaisen välipohjan ääneneristävyys kasvaa resonanssitaajuusalueen yläpuolella (kuva 33). Ääneneristävyys ei kuitenkaan kasva yhtä nopeasti kuin kaksinkertaisessa seinässä, koska välipohjassa toimivien massojen välillä on mekaanisia kytkentöjä (välipohjapalkit). Jotta välipohjalla saavutettaisiin mahdollisimman hyvä ääneneristävyys, tulisi välipohjan alimman resonanssitaajuuden olla mahdollisimman alhainen.

Kaksinkertaisen välipohjan alin resonanssitaajuus määritetään sekä pintalaatalle, että jousirankojen varassa olevalle alakattolevytykselle. Jousirangoilla varustetun alakattolevytyksen alin resonanssitaajuus voidaan likimäärin arvioida kaavalla 6, jossa jousirankojen jäykkyys oletetaan merkityksettömäksi.

Kaava 6

$$f_0 = 60 \sqrt{\frac{m_1 + m_2}{m_1 m_2 d}}$$

Kaava 7

$$f_0 = 160 \sqrt{s' \frac{m_1 + m_2}{m_1 m_2}}$$

Kaavoissa 6

f_0 = alakattolevytyksen alin resonanssitaajuus [Hz]

m_1 = alakattolevytyksen paino [kg/m²]

m_2 = muun välipohjan paino [kg/m²]

d = ilmatilan paksuus [m]

Kaavassa 7

f_0 = pintalaatan alin resonanssitaajuus [Hz]

s' = askelääneneristeen dynaaminen jäykkyys [MN/m²]

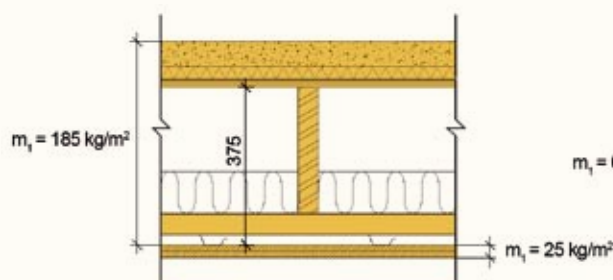
m_1 = pintalaatan paino [kg/m²]

m_2 = välipohjan paino (ei sisällä pintalaattaa) [kg/m²]

Esimerkissä 5 olevan välipohjan alimmat resonanssitaajuudet ovat 21 Hz ja 85 Hz. Näin ollen kyseinen välipohja eristää ääntä tehokkaasti ihmisen kuulon kannalta tärkeällä taajuusalueella 100 Hz – 3150 Hz.

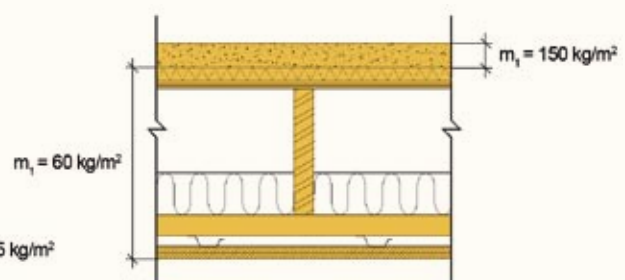
Esimerkki 5.

Lasketaan jousirankojen varaan asennetun alakattolevytyksen alin resonanssitaajuus kaavalla 6.

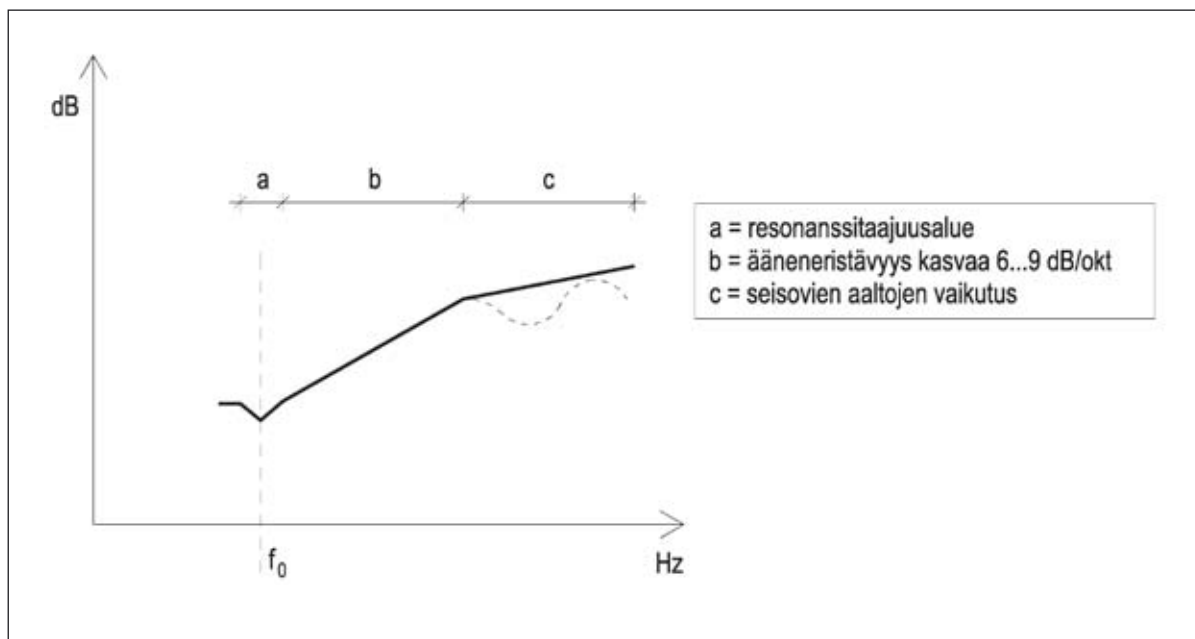


$$f_0 = 60 \times \sqrt{\frac{25 + 185}{25 \times 185 \times 0,375}} = 21 \text{ Hz}$$

Lasketaan kelluvan pintalaatan alin resonanssitaajuus kaavalla 7.



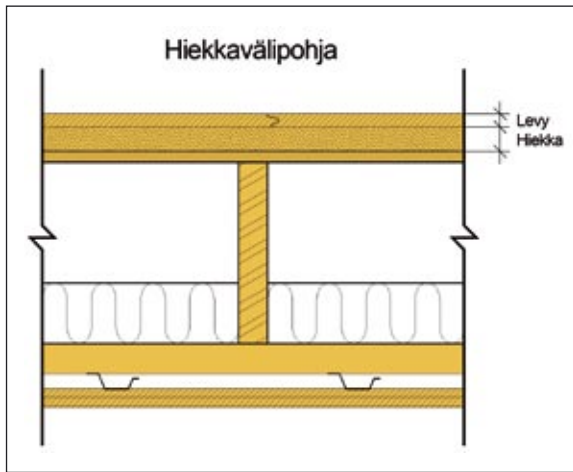
$$f_0 = 160 \times \sqrt{12 \times \frac{150 + 60}{150 \times 60}} = 85 \text{ Hz}$$



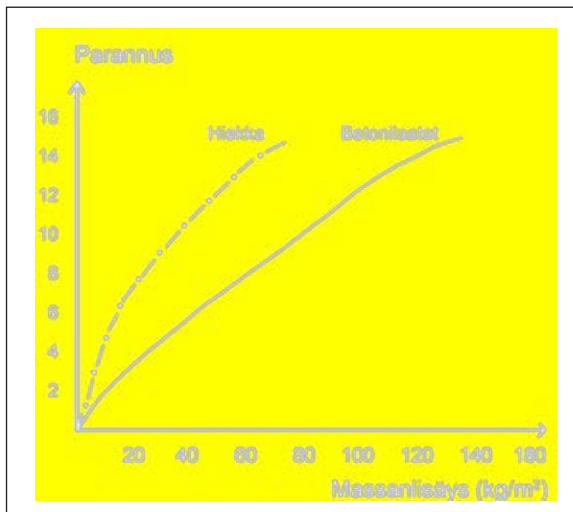
Kuva 33. Kaksinkertaisen välipohjan ääneneristävyyden kehittyminen.

6.7 Kaksinkertaisen välipohjan koinvidenssi-ilmiö

Kaksinkertaisessa välipohjassa koinvidenssi-taajuus määritetään välipohjan alakattolevyille kaavalla 3 ja sen tulisi olla mahdollisimman korkea, jotta koinvidenssi-ilmiö heikentäisi välipohjan ääneneristävyyttä mahdollisimman vähän. Näin ollen välipohjan alakatossa tulee käyttää ohuita rakennuslevyjä, eikä niitä tule liimata toisiinsa.



Kuva 34. Hiekka puuvälipohjan askelääneneristeenä.



Kuva 35. Hiekan parannusvaikutus puuvälipohjan askelääneneristävyyteen.

7. Hiekan käyttö välipohjan askelääneneristeenä

Kevyiden välipohjien ääneneristävyyttä voidaan parantaa kuivatulla hiekalla. Hiekkaa voidaan käyttää välipohjassa askelääneneristeenä pintalaatan alla (kuva 34). Hiekan parannusvaikutus välipohjan askelääneneristävyyteen perustuu hiekan massaan ja sen suureen sisäiseen kitkaan. Kuvassa 35 hiekan vaikutus askelääneneristävyyteen näkyy selvästi verrattaessa sitä tapaukseen, jossa välipohjan askelääneneristävyyttä on parannettu betonilaatoilla.

8. Välipohjan kantavien rakenteiden värähtely

Välipohjan kantavien rakenteiden värähtely ei vaikuta välipohjan ääneneristävyyteen, mutta värähtelystä on yleensä tapana puhua ääneneristysten yhteydessä. Asuinrakennuksessa välipohjan värähtelyä aiheuttavat tavallisesti välipohjalla kävelevät ihmiset ja pyykinpesukone. Välipohjalla kävelevä ihminen ei itse yleensä havaitse aiheuttamaansa värähtelyä vaan parhaiten sen havaitsee samassa huoneistossa oleva istuva henkilö.

RakMK:ssa ei ole esitetty menetelmää välipohjan värähtelyiden tutkimiseen. EC 5:ssä on esitetty menetelmä, joka perustuu värähtelyjen osalta välipohjan kiihtyvyysskriteerin ja taipumakriteerin tutkimiseen. Välipohjan taipumarajaksi on EC 5:ssä asetettu 1,5 mm palkin jännevälin keskelle asetetusta 1 kN:n pistekuormasta. Nykyisin on kuitenkin ehdotettu vieläkin tiukempia taipumarajoja. Liitteessä 1 on esitetty eräs välipohjan värähtelymitoitusmenetelmä sekä ehdotukset mitoituskriteerien raja-arvoiksi.

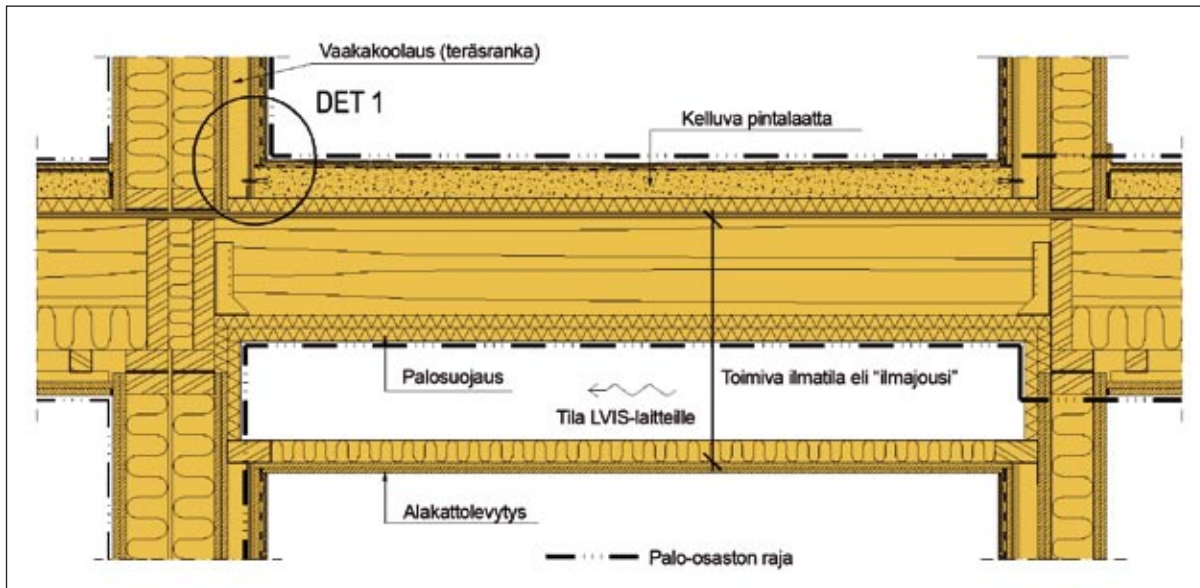


Kuva 36. Märkätilan välipohjalla oma palkisto ja kantavat seinät.

8.1 Märkätilojen kantavat rakenteet

Pyykinpesukoneen linkousnopeus on nykyisin noin 1200 r/min, jolloin pesukoneen aiheuttaman herätteen taajuusalue on noin 18 Hz – 20 Hz. Pesuvaiheessa taajuusalue on vieläkin matalampi. Näin ollen pyykinpesukone tuottaa matalataajuuksista värähtelyä välipohjaan. Värähtelyn vaikutus korostuu erityisesti kevyillä välipohjarakenteilla, koska ne eivät ole yhtä jäykkiä ja raskaita kuin esimerkiksi betonivälipohjat.

Puurakenteisessa asuinrakennuksessa märkätilan välipohjan kantavien rakenteiden värähtelyn vaikutusta voidaan vähentää kuvien 36 ja 37 mukaisilla periaatteilla tekemällä märkätilassa raskasta kelluvaa pintalaattaa. Tällöin märkätilan välipohja on oma rakenne ja värähtelyjen leviäminen välipohjaa pitkin sivusuunnassa estyy.

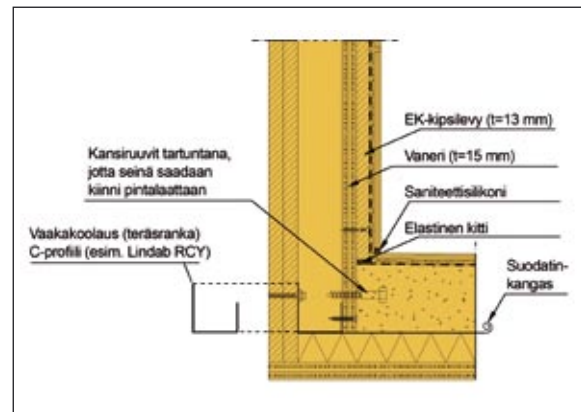


Kuva 37. Leikkaus märkätilan välipohjasta.

Märkätilassa seinän ja lattian rajakohta tulee suunnitella ja toteuttaa huolellisesti, jotta veden-eriste saadaan pysymään ehjänä. Yksi tapa toteuttaa rajakohta on käyttää seinässä teräsran-goista (c-profiili) tehtyä vaakakoolausta. Tällöin seinä saadaan kiinni kelluvaan betonilaattaan, jolloin seinä ja laatta liikkuvat samanaikaisesti (c-profiili mahdollistaa seinälevytyksen pysty-suuntaisen liikkeen, kuva 38).

8.2 Värähtelyn aiheuttama resonanssi-ilmiö kelluvassa pintalaatassa

Kelluvaa pintalaattaa käytettäessä tulee erityisesti kiinnittää huomiota pintalaatan alimpaan resonanssitaajuuteen. Kelluva pintalaatta on joustavan kerroksen päällä, joten esimerkiksi pyykinpesukoneen ja pintalaatan välille saattaa syntyä resonanssi-ilmiö. Pintalaatan resonanssi-ilmiön saattaa aiheuttaa myös kävelyn aiheuttama heräte.



Kuva 38. Märkätilan lattian ja seinän liitos (DET 1).

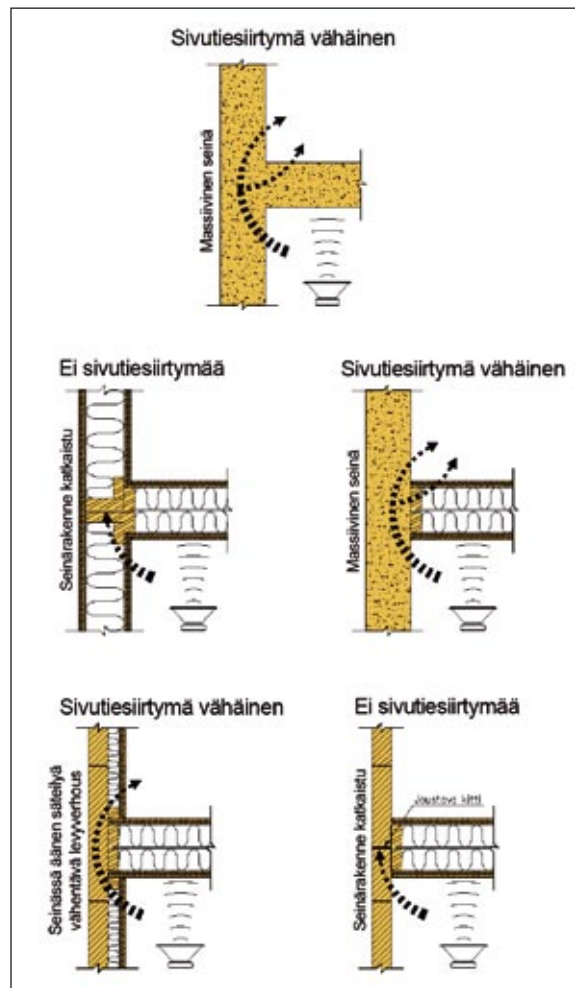
Esimerkissä 5 olevan välipohjan pintalaatan alin resonanssitaajuus on 85 Hz. Kävelyheräte koetaan värähtelynä taajuusalueella 0 – 20 Hz. Näin ollen esimerkin 5 pintalaatan alin resonanssitaajuus ja kävelyn aiheuttama herätetaajuusalue eivät kohtaa, jolloin kävely ei aiheuta pintalaatassa resonanssi-ilmiötä. Esimerkin 5 välipohjan pintalaatta soveltuisi myös pyykinpesukoneen alle, koska pintalaatan resonanssitaajuusalue on reilusti pesukoneen aiheuttaman herätetaajuusalueen yläpuolella.

9. Rakenteiden aiheuttama sivutiesiirtymä

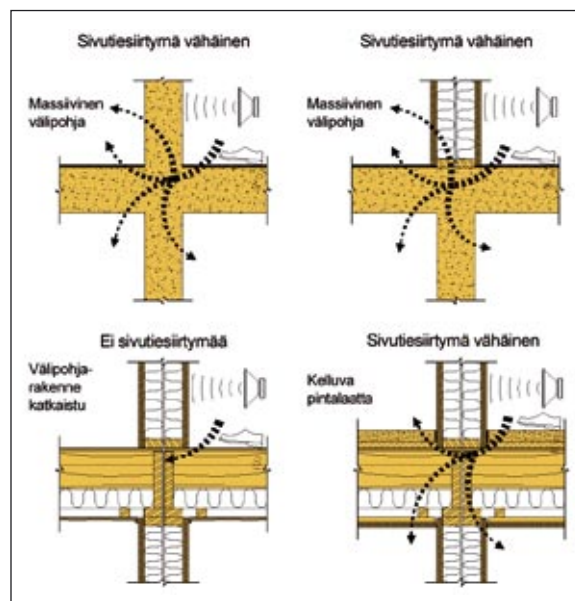
Ääni voi kulkea huoneistosta toiseen myös sivuavien rakenteiden ja liitosten kautta. Rakenteiden aiheuttama sivutiesiirtymä voidaan poistaa tai sen vaikutusta vähentään seuraavilla periaatteilla:

1. Katkaisemalla sivutiesiirtymäreitti tai käyttämällä sivutiesiirtymäreitissä äänikatkona joustavia kerroksia
2. Käyttämällä sivuavina rakenteina massiivisia värähtelemättömiä rakenteita.
3. Kiinnittämällä rakenteet toisiinsa joustavasti.

Kuvissa 39 ja 40 on esitetty äänen sivutiesiirtymäreitit huoneistosta toiseen sivuvien rakenteiden kautta sekä sivutiesiirtymän vaikutuksen vähentämis-/poistamismahdollisuudet, kts. myös luku kaksi.



Kuva 39. Sivutiesiirtymäreitit seinien liittymässä.



Kuva 40. Sivutiesiirtymäreitit välipohjan ja seinän liittymässä.

10. LVIS-laitteiden äänitekniikka

Tässä luvussa käsitellään LVIS-laitteiden äänitekniikkaa periaatteellisella tasolla ja keskitytään lähinnä huoneistossa olevien putkien aiheuttamiin ääniin. Yksityiskohtaisempia ohjeita LVIS-laitteiden äänitekniikan suunnitteluun löytyy laitteiden valmistajilta ja LVI-kortistosta.

RakMK:n osa C1 1998 *Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa* määrittelee asuinrakennuksessa oleville LVIS-laitteille taulukon 5 mukaiset suurimmat sallitut äänitasot. $L_{A,eq,T}$ tarkoittaa laitteen käytöstä aiheutuvaa keskiäänitasoa sinä aikana, kun laite on toiminnassa. $L_{A,max}$ tarkoittaa laitteen käytön aikana esiintyvää suurinta äänitasoa. Käytännössä keskiäänitasovaatimus kohdistuu ensisijaisesti jatkuvasti toiminnassa oleviin laitteisiin (esim. ilmanvaihtokone) ja enimmäistasovaatimus hetkellisesti toiminnassa oleviin laitteisiin (esim. viemärlaitteet). LVIS-laitteesta tai -laitteista syntyvä kokonaisäänitaso ei saa ylittää kumpaakaan äänitasovaatimusta. Äänitasovaatimukset eivät koske ääntä, joka aiheutuu samassa asuinhuoneistossa tapahtuvasta vesihanojen käytöstä.

”Rakennuksen LVIS-laitteita ovat esimerkiksi hissit, vesi- ja viemärlaitteet, kompressorit ilmanvaihtolaitteet, jäähdytyslaitteet ja lämmityslaitteet. Näihin rinnastetaan myös keskuspolynimuri, mattoimuri ja talopesulan laitteet, kuten pesukoneet, lingot, kuivauspuhaltimet ja mankelit” (RakMK C1 1998 Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa).

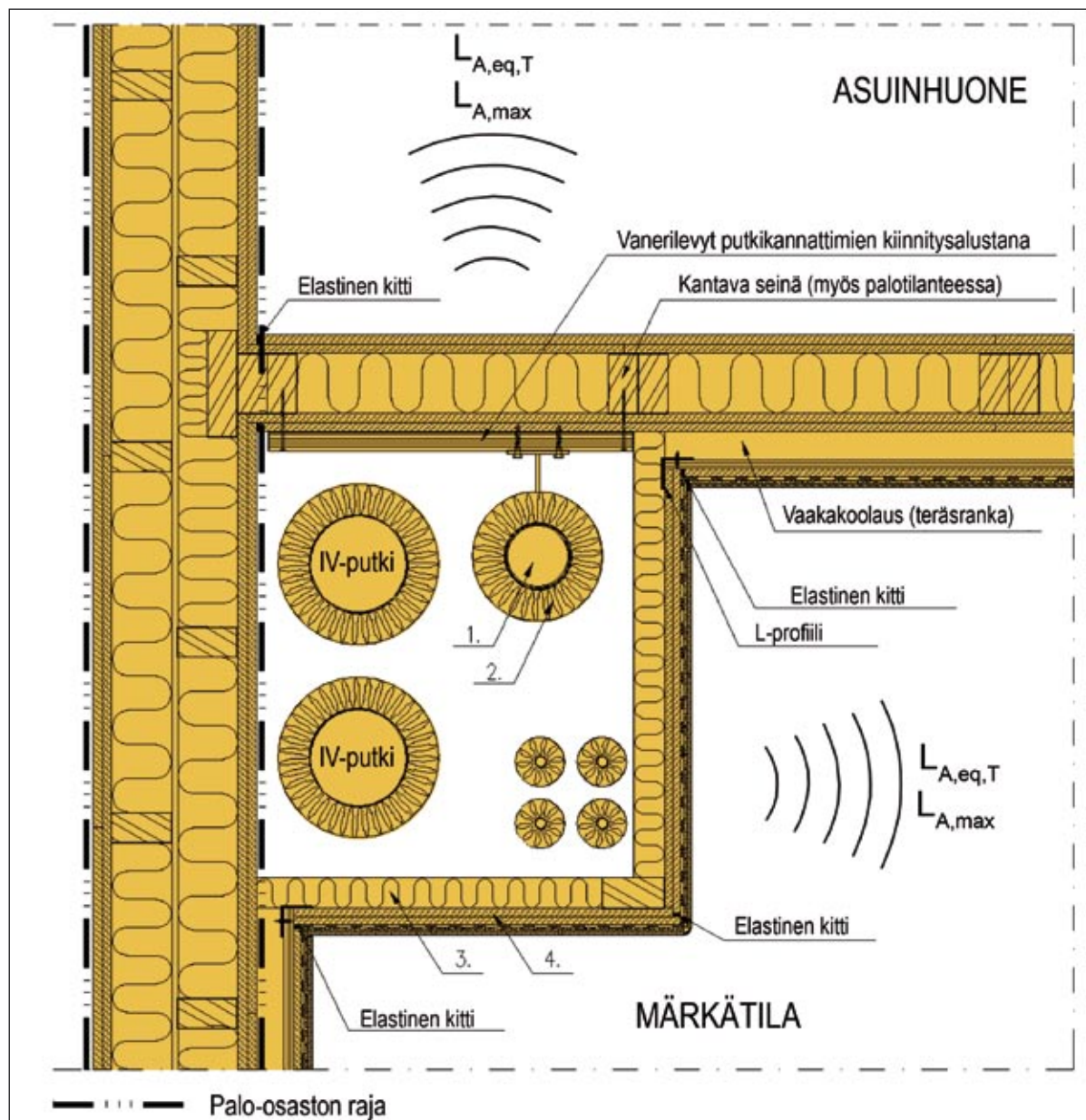
Tila	$L_{A,eq,T}$ [dB]	$L_{A,max}$ [dB]
Keittiö	33	38
Muut asuinhuoneet	28	33

Taulukko 5. LVIS-laitteiden aiheuttamat suurimmat sallitut äänitasot.

10.1 Yleisiä LVIS-laitteiden äänitekniikan suunnitteluperiaatteita

Seuraavassa on esitetty joitakin yleisiä seikkoja, jotka tulee huomioida asuinrakennuksen LVIS-laitteiden äänitekniikan suunnittelussa ja toteutuksessa.

1. Melua aiheuttavien putkien yms. kiinnittämistä huoneistojen välisiin seiniin sekä olo- ja makuuhuoneiden rakenteisiin tulee välttää.
2. Pystyhormi, jossa kuljetetaan melua aiheuttavia putkia, tulisi sijoittaa toisarvoisiin tiloihin (wc, vaatehuone tms.), jotta se olisi mahdollisimman kaukana olo- ja makuuhuoneista. Paras ratkaisu on sijoittaa pystyhormi siten, että sen huolto voidaan tehdä porrashuoneen kautta.
3. Huonetilat tulisi suunnitella siten, että pystyhormiin liittyvät vaakaviemärit ym putket saadaan mahdollisimman lyhyiksi. Näin ollen putkista aiheutuva melu saadaan pysymään huoneistossa keskitetysti tietyllä alueella.
4. Huoneistosta toiseen menevien putkien ääneneristys suunnitellaan siten, että läpivienti ja sivutiesiirtymä putkea pitkin eivät heikennä huoneistojen välistä ääneneristävyttä.



Tunnus	Rakenne	Rakenne	Rakenne
1.	Normaali viemäriputki	"Desibel"-viemäriputki	Normaali viemäriputki
2.	Kivivilla 50 mm, tiheys $\geq 100 \text{ kg/m}^3$	Kivivilla 50 mm, tiheys $\geq 100 \text{ kg/m}^3$	Kivivilla 50 mm, tiheys $\geq 100 \text{ kg/m}^3$
3.			Mineraalivilla 50 mm, tiheys $\geq 40 \text{ kg/m}^3$
4.	Rakennuslevy, paino $\geq 9 \text{ kg/m}^2$	2 kpl rakennuslevyjä, yhteispaino $\geq 18 \text{ kg/m}^2$	2 kpl rakennuslevyjä, yhteispaino $\geq 18 \text{ kg/m}^2$
$L_{A,max}$	38 dB	33 dB	33 dB
$L_{A,eq,T}$	33 dB	28 dB	28 dB

Kuva 41. Pystyhormin toteutusperiaatteet



Kuva 42. Ääniteknisesti hyvä putkikannatin.

10.2 LVI-putkien kannattimet

Metalliputkien kiinnitys rakenteisiin tehdään tavallisesti galvaanisen korroosion estämiseksi kannattimilla, joissa on kumieristin (kuva 42). Tällaiset putkien kannattimet ovat ääniteknisesti hyviä, koska ne vähentävät äänen siirtymistä putkistosta rakenteisiin. Näin ollen kumieristimillä varustettuja kannattimia suositellaan käytettäväksi kaikkien putkien kiinnittämiseen.

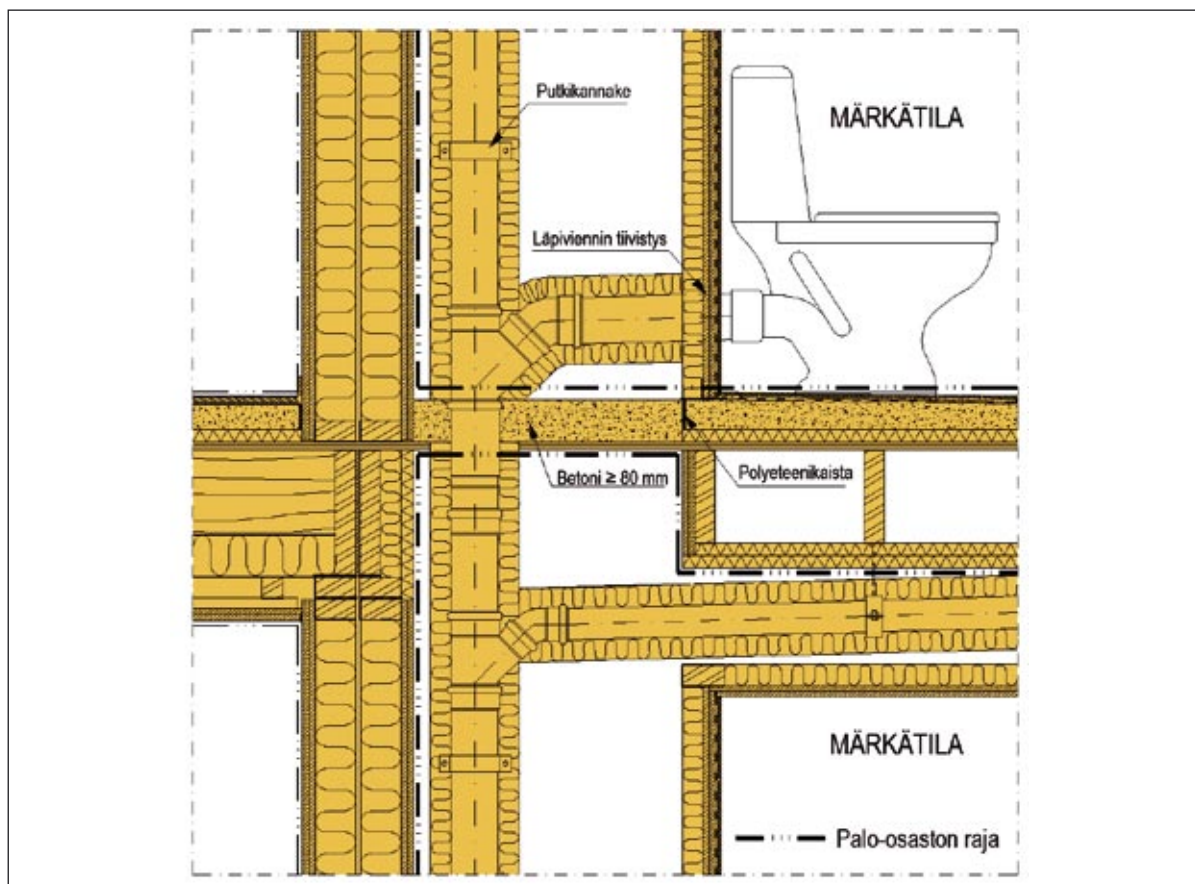
10.3 Viemäriputket

Viemäriputkista aiheutuvaan meluun voidaan vaikuttaa viemäriputkien sijainnilla, putkien tyypillä, putkien ääneneristyksellä, putkikoteloiden rakenteella, putkien kiinnitystavalla sekä pystykokoojaviemärin ja pohjakulman toteutusratkaisulla. Yleensä viemärointi pyritään tekemään normaalia muoviputkea käyttämällä, mutta tarvittaessa voidaan käyttää paremmin ääntä eristävää viemäriputkea ns. ”desibeli-viemäriä”.

Eniten viemärimelua aiheuttaa pystykokoojaviemäri ja sen pohjakulma. Tämä johtuu siitä, että pystyviemärissä kulkeva aine iskeytyy pohjakulmaan aiheuttaen voimakkaan iskuäänen. Iskuäänen voimakkuus riippuu pudotuskorkeudesta pohjakulmaan ja äänenvoimakkuus kasvaa oleellisesti, kun pudotuskorkeus on yli 5 m. Myös pystykokoojaviemärin sivusiirto aiheuttaa pohjakulmaa vastaavan iskuäänen. Tämän takia pystykokoojaviemäri pyritään sijoittamaan siten, että se saadaan pystysuorana aina pohjakulmaan saakka ilman sivusiirtoja. Pohjakulma tehdään mahdollisimman loivana ja se sijoitetaan siten, että pohjakulman ympärille voidaan tehdä betonirakenteinen äänenvaimennin. Pohjakulma sijoitetaan kellaritiloihin tai alapohjan alle.

Pystyviemärit kuljetetaan pystyhormissa kuvan 41 periaatteilla. Pystyhormissa kuljetettavien viemäreiden kiinnittämistä huoneistojen väliseen seinään tulee välttää.

Vaakaviemäreiden määrän minimoimiseksi ja viemärimelun vähentämiseksi suositeltava tapa wc-istuimen viemärointiin on kuvan 43 periaate, jossa wc-istuin on liitetty suoraan pystykokoojaviemäriin seinäliittymän kautta. Tällöin wc-istuimen viemäriä ei jouduta kuljettamaan toisen huoneiston alakatossa, jolloin viemärimelu vähenee. Seinäliittymästä on myös se hyöty, että lattian vedeneristykseen ei tarvitse tehdä hankalasti tiivistettävää läpivienttiä. Mikäli wc-istuimen viemärointi viedään alakaton kautta, toteutetaan se tällöin kuvan 44 periaatteilla. Alakatossa kuljetettavien viemäreiden suunnan muutokset ja haaroitukset tehdään 45 asteen tai sitä loivemmilla osilla.

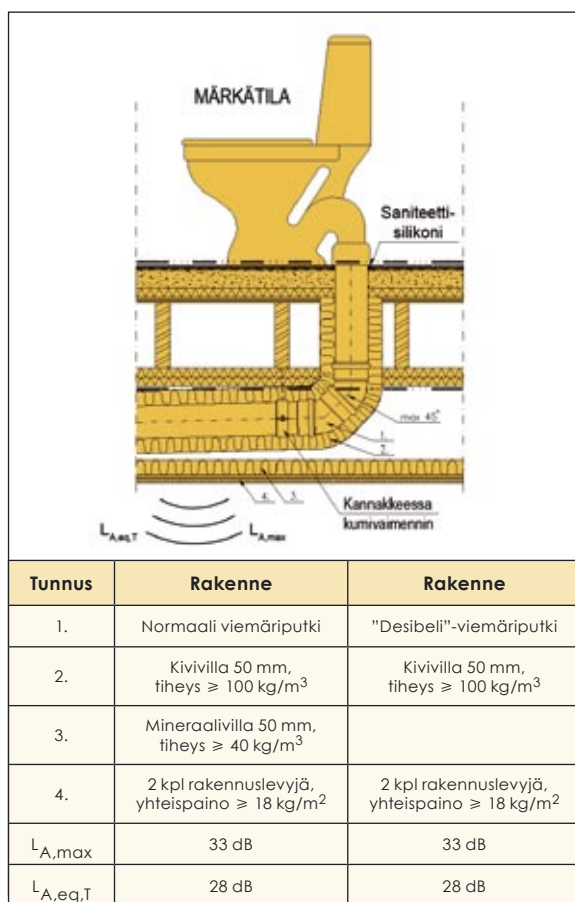


Kuva 43. WC-istuimen seinäliittymä.

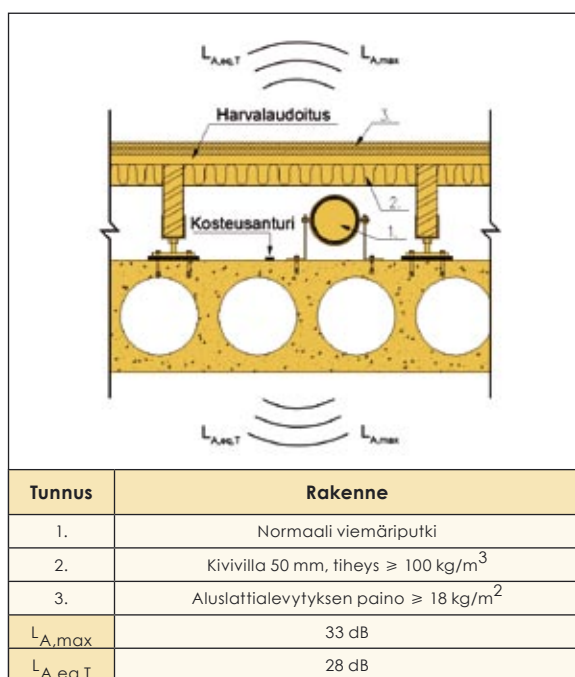
Rakennettaessa puurakenteinen lisäkerros ”ki-virakenteisen” asuinrakennuksen katolle, joudutaan tällöin usein talotekniikan takia tekemään korokelattia betonilaatan päälle. Mikäli tällaisessa korokelattiassa kuljetetaan viemäriputkia, kiinnitetään putket tällöin kumieristimillä varustetuilla kannattimilla betonilaattaan (viemäri ei saa olla suorassa kosketuksessa betonilaattaan). Korokelattiassa olevien viemäriputkien ääneneristys toteutetaan tavallisesti betonilaatan ja korokelattian kansirakenteen avulla kuvan 45 periaatteilla. Korokelattiassa olevat LVI-putkukset tulee suunnitella siten, että mahdolliset putkivuodot voidaan havaita ajoissa.

10.4 Käyttövesiputket

Käyttövesiputkista aiheutuvia ääniä voidaan vähentää käyttämällä putkistossa paineentausventtiilejä, riittävän suuria putkikokoja, ääniluokkaan 1 kuuluvia vesihanoja sekä kiinnittämällä putket ääntä eristävillä kannakkeilla. Putkimateriaalilla ei ole vaikutusta putkesta syntyvän äänen voimakkuuteen, mutta putkimateriaalilla voidaan vaikuttaa äänen johtumiseen putkia pitkin (suojaputkillla varustetut muoviputket johtavat ääntä heikommin kuin metalliset putket).



Kuva 44. WC-istuimen viemärointi alakaton kautta.



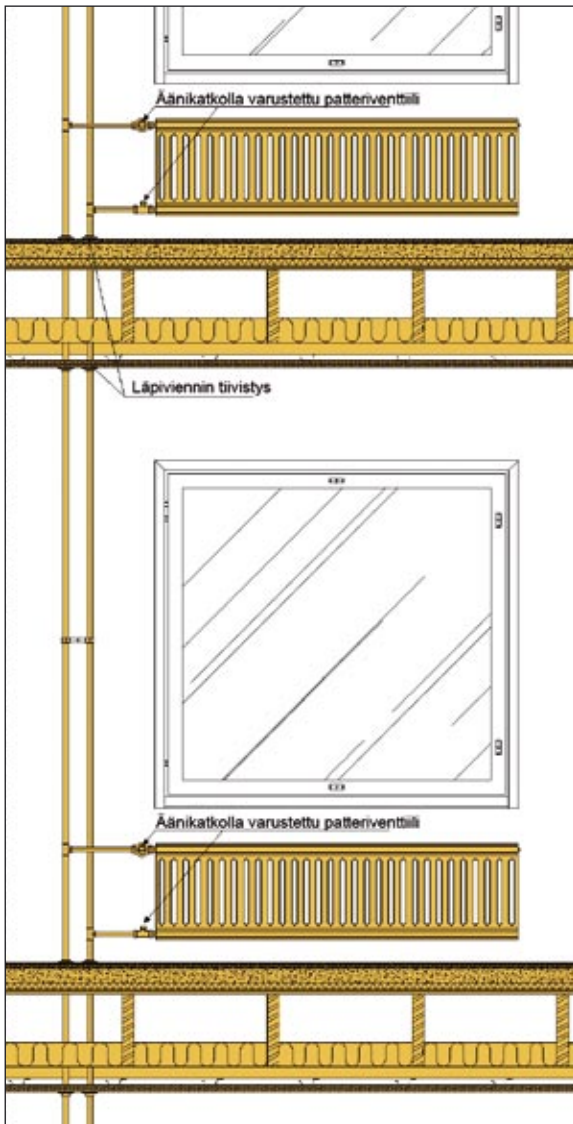
Kuva 45. Viemäri korokelattiasa.

10.5 Lämpöputket

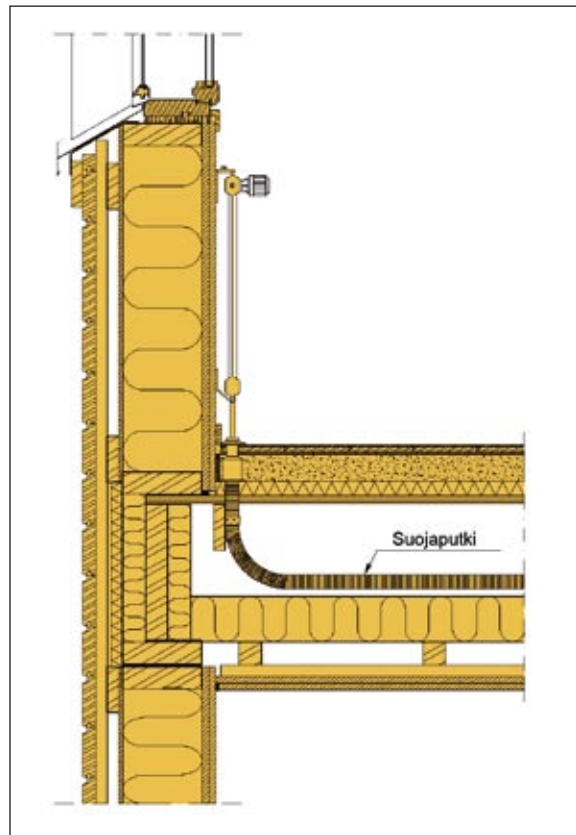
Käyttövesiputkien tapaan lämpöputkissa virtaava vesi aiheuttaa ääntä, joten virtausnopeuden alentamiseksi myös lämpöputkisto tulisi suunnitella riittävän suurilla putkikokoja käyttämällä. Virtausmelua suurempi äänitekniinen ongelma lämpöputkissa on kuitenkin äänen johtuminen putkistoa pitkin.

Huoneistosta toisen jatkuvat metalliset lämpöputket yhdessä lämpöpatterien kanssa aiheuttavat äänen sivutiesiirtymäreitin. Tämä johtuu siitä, että toisessa huoneistossa lämpöpatteri toimii "lähettimenä" ja toisessa "kaiuttimena". Äänen siirtymistä lämpöpatterista toiseen metallisia putkia pitkin voidaan vähentää käyttämällä lämpöpattereissa ääntä eristäviä patteriventtiilejä (kuva 46). Tämän lisäksi huoneistosta toiseen jatkuvien lämpöputkien läpiviennit tulee suunnitella ja toteuttaa huolellisesti huomioiden putkien lämpöliikkeet sekä palo- ja äänitekniikka.

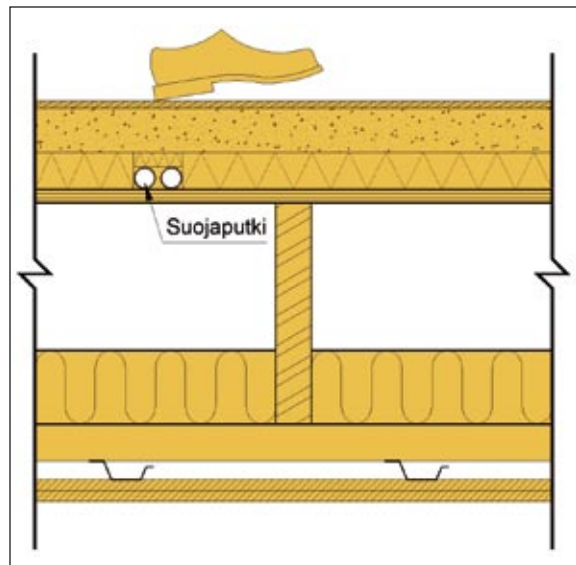
Käyttämällä huoneistokohtaista putkitusta ja suojaputkella varustettuja muoviputkia voidaan välttää lämpöputkien läpiviennit huoneistojen välisissä rakenteissa ja estää äänen johtuminen huoneistosta toiseen lämpöputkia pitkin (kuva 47). Mikäli putkia kuljetetaan pintalaatan alla askeläänieristekerroksessa, tulee askeläänieristekerroksen olla riittävän paksu, jotta suojaputket (halkaisija tavallisesti 30 mm) eivät kytke pintalaattaa välipohjan kansivaneriin (kuva 48).



Kuva 46. Lämpöpattereissa äänikatolla varustetut venttiilit.



Kuva 47. Lämpö- ja käyttöveden huoneistokohtainen putkitus muoviputkilla.



Kuva 48. Suojaputket askelääneneristekerroksessa.

10.6 Ilmanvaihtoputket

Ilmanvaihtoputkissa kulkeva ilma aiheuttaa ääntä, koska putkissa ja venttiileissä syntyy pyörteisiä ilmavirtauksia. Tämän lisäksi huoneistosta toiseen jatkuvat ilmanvaihtoputket aiheuttavat äänen sivutiesiirtymäreitin. Ilmavirtauksesta aiheutuvaa ääntä voidaan vähentää mitoittamalla ilman virtausnopeus putkissa riittävän alhaiseksi ja käyttämällä oikeanlaisia venttiileitä.

Äänen siirtymistä ilmanvaihtoputkia pitkin huoneistosta toiseen ja ilmanvaihtokoneesta huoneistoon voidaan vähentää käyttämällä putkissa tarvittava määrä tähän tarkoitukseen valmistettuja äänenvaimentimia (kuva 49). Huoneistosta toiseen jatkuvien ilmanvaihtoputkien läpiviennit tulee suunnitella ja toteuttaa huolellisesti palo- ja äänitekniikka huomioiden.

Ilmanvaihtoputket kuljetetaan tavallisesti alakatossa ja pystyhormissa siten, että ne voidaan tarvittaessa huoltaa. Ilmanvaihtoputket tulee eristää kivivillalla ainoastaan paloteknisistä syistä.



Kuva 49. Ilmanvaihtoputkeen asennettava äänenvaimennin.

11. Uloskäytävien äänitekniikka

11.1 Huoneiston ulko-oven ääneneristävyys

Yksi ovilevy toimii ääniteknisesti yksinkertaisen rakenteen tapaan ja kahdesta erillisestä ovilevystä koostuva oviyhdistelmä kaksinkertainen rakenteen tapaan. Huoneiston ulko-ovesa on tavallisesti postiluukku, joka heikentää oven ääneneristävyyttä oleellisesti. Näin ollen huoneiston ulko-ovi tulisi toteuttaa aina kahdesta ovilevystä koostuvalla oviyhdistelmällä, jotta saataisiin ääniteknisesti hyvä ratkaisu (kuva 50).

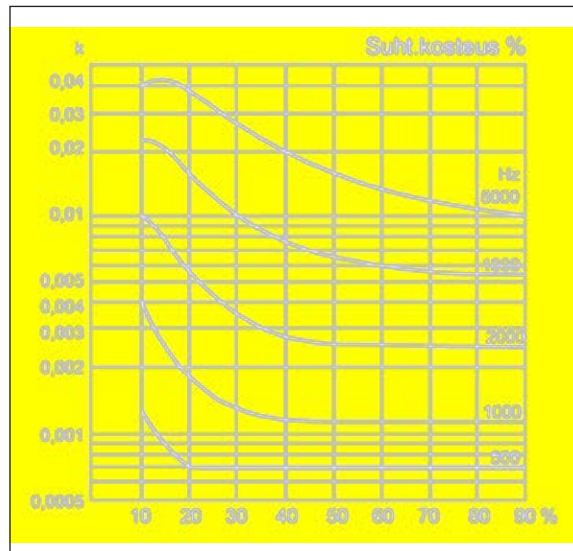
11.2 Jälkikaiunta-aika ja äänenvaimentaminen

Jos huoneessa on liian pitkä jälkikaiunta-aika, koetaan se tavallisesti häiritseväksi ja kaiunta tekee puheesta sekavan kuuloista. Asuinrakennuksissa jälkikaiunta-aikavaatimus koskee vain uloskäytäviä. RakMK:n osa C1 1998 *Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa* määrittelee uloskäytävän suurimmaksi sallituksi jälkikaiunta-ajaksi 1,3 sekuntia, jos uloskäytävästä on käynti vähintään kahteen huoneistoon.

Huonetilan jälkikaiunta-aikaa määritettäessä tulee selvittää huoneen kokonaisabsorptioala, joka voidaan määrittää kaavalla 8. Myös ilma absorboi jonkin verran korkeataajuisia ääniä, mutta matalilla taajuuksilla ilman merkitys huoneakustiikkaan on olematon (kuva 51).



Kuva 50. Kahdesta erillisestä ovesta koostuva porrashuoneen ovi.



Kuva 51. Ilman absorptiosuhde (Gyproc äänikirja).

Äänenvaimentamiseen käytettävän tuotteen äänenvaimennusominaisuus ilmoitetaan absorptiosuhteella. Materiaalin absorptiosuhteen ollessa 0, heijastaa materiaalin pinta kaiken siihen kohdistuneen äänen ja absorptiosuhteen ollessa 1 kaikki materiaalin pintaan kohdistuva äänienergia absorboituu siihen. Äänen vaimentamiseen käytettävän materiaalin absorptiosuhde voidaan yksinkertaisessa tapauksessa valita käytettävän äänenvaimennustuotteen absorptiokäyrältä taajuudella 500 Hz.

Puurakenteisissa asuinrakennuksissa porraskäytävien seinät ja katot ovat pääosin levyrakenteisia, jotka absorboivat jonkin verran ääntä. Näin ollen käytävätiloissa ei yleensä tarvita kovinkaan paljon lisävaimennusmateriaalia, jotta jälkikaiunta-aikavaatimus saataisiin täytettyä. Jälkikaiunta-aika voidaan määrittää kaavalla 9.

Kaava 8

$$A = \sum_1^n \alpha_n S_n + 4kV$$

Kaava 9

$$T = 0,16 \frac{V}{(4kV + A)}$$

Kaavassa 8

A = huoneen kokonaisabsorptioala [m^2]

α_n = pinnan n absorptiosuhde [s]

S_n = pinnan n ala [m^2]

k = ilman absorptiosuhde, joka saadaan kuvasta 51

V = huoneen tilavuus [m^3]

Kaavassa 9

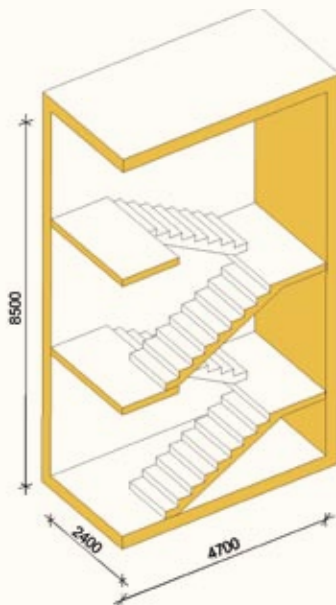
T = jälkikaiunta-aika [s]

V = huoneen tilavuus [m^3]

k = ilman absorptiosuhde

A = huoneen kokonaisabsorptioala [m^2]

Esimerkki 6.



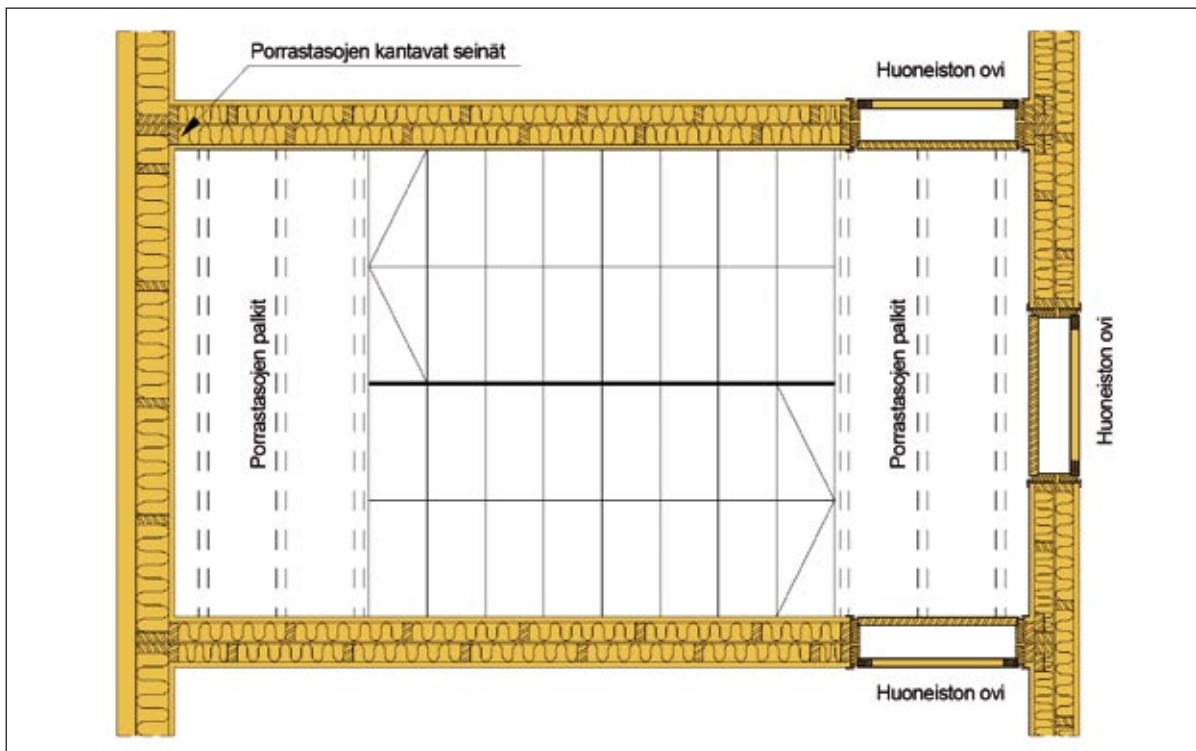
Lasketaan porrashuoneen jälkikaiunta-aika, kun yläpohjassa on 8 m^2 akustiikkalevyjä, jonka keskimääräinen absorptiosuhde $\alpha = 0,8$. Seinät ja katto ovat puurunkoisia levyrakenteita ja lattia kivirakenteinen. Seinissä on 4 kpl puuovia

Lattia:	$A = 11,3 \text{ m}^2$	$\alpha = 0,02$
Ovet:	$A = 7,5 \text{ m}^2$	$\alpha = 0,08$
Katto:	$A = 3,2 \text{ m}^2$	$\alpha = 0,1$
Seinät:	$A = 113,0 \text{ m}^2$	$\alpha = 0,1$
Akustiikkalevyt:	$A = 8,0 \text{ m}^2$	$\alpha = 0,8$
Huoneen tilavuus	$V = 96 \text{ m}^3$	

Laskelmassa ei huomioida huoneilman absorptiota eikä portaita huomioida absorptioalaan.

$$A = 11,3 \times 0,02 + 7,5 \times 0,08 + 3,2 \times 0,1 + 113,0 \times 0,1 + 8,0 \times 0,8 = 18,8 \text{ m}^2$$

$$T = 0,16 \times \frac{96}{18,8} \approx 0,8 \text{ s} < 1,3 \text{ s OK!}$$



Kuva 52. Porrashuoneella oma runko

11.3 Uloskäytävien kantavat rungot

Puurakenteisessa asuinrakennuksessa porrashuoneet, luhtikäytävät ja parvekkeet yms, erotetaan itse rakennuksen rungosta omaksi rakenteeksi. Tällöin niissä syntyvät runkoäänet eivät kulkeudu huoneistoihin.

Porrashuone voidaan erottaa omaksi kantavaksi rakenteeksi hyödyntämällä huoneistojen välisiä kaksoisrunkoseiniä (kuva 52). Luhtikäytävät ja parvekkeet rakennetaan omalle pilarirungolle. Samoin hissikuilu rakennetaan oman kantavan runkonsa varaan.

Porrassyöksyjä ei tule kiinnittää reisi-lankuistaan kaksoisrunkoseiniin, koska tällöin runkoäänet siirtyvät porrassyöksyistä suoraan seinään. Samaa periaatetta sovelletaan huoneistojen sisäisissä portaissa.

12. Korjausrakentaminen

12.1 Vanhan seinärakenteen ääneneristävyyden parantaminen

Vanhan seinärakenteen ääneneristävyyttä voidaan parantaa kuvan 53 periaatteilla seinän rakenteesta riippuen. Seinän ääneneristävyyttä parannettaessa tulee huomioida myös seinää sivuavien rakenteiden aiheuttaman sivutiesiirtymän vaikutus seinän ääneneristävyyteen.

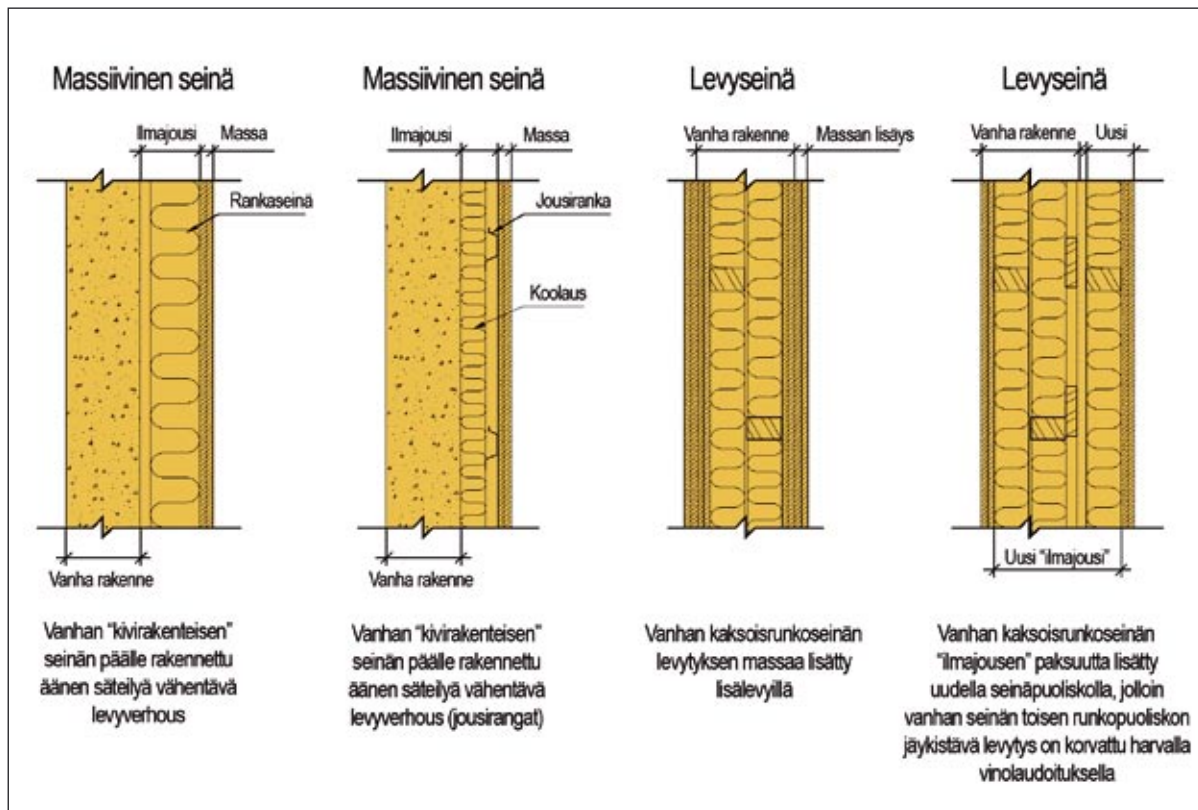
Yksinkertaisen ”kivirakenteisen” seinän ilmaääneneristävyyttä voidaan parantaa tekemällä rakenteesta kaksinkertainen. Kaksinkertaisuus voidaan toteuttaa esimerkiksi tekemällä seinän päälle erillinen puukoolattu levyseinä tai käyttämällä puukoolauksen sijaan vanhaan seinään kiinnitettyjä akustisia jousirankoja. Tällaisissa tapauksissa useinkaan pelkästään seinän ääneneristävyyden parantaminen ei riitä, vaan sivutiesiirtymän takia myös huoneen lattiasta ja katosta tulee tehdä kaksinkertainen rakenne.

Kaksoisrunkoseinän ääneneristävyyttä voidaan parantaa lisäämällä rakenteeseen levyjä (toimivan massan lisääminen) tai lisäämällä ilmatilan eli ”ilmajousen” paksuutta. Ilmatilan paksuntaminen tapahtuu siten, että kaksoisrunkoseinän toisen puolen levytys poistetaan ennen uuden lisäseinän rakentamista. Mikäli vanhas- ta seinästä poistettava levy toimii jäykistävänä rakenteena, voidaan levyn jäykistyskapasiteetti korvata esimerkiksi vinolaudoituksella. Vinolaudoituksen tulee olla harva, esimerkiksi k/k-jako 300 mm, koska kaksinkertaisen seinän ilmatilassa ei saa olla yhtenäistä ”ilmajousen” katkaisevaa levymäistä pintaa.

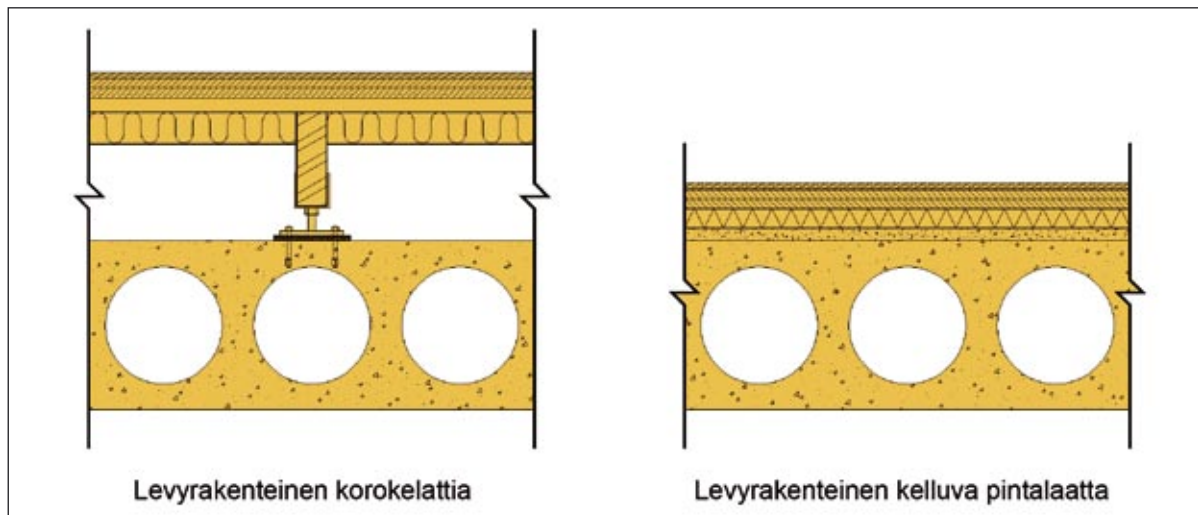
12.2 Puurakenteisen lisäkerroksen äänitekniikka

Rakennettaessa ”kivirakenteisen” asuinrakennuksen katolle puurakenteinen lisäkerros, tulee tällöin vanhasta yläpohjasta välipohja. Vanhan ”kivirakenteisen” yläpohjan ääneneristävyys ei yleensä kuitenkaan ole riittävä, vaan sen päälle joudutaan rakentamaan korokelattia tai kelluva pintalaatta (kuvat 54). Yleensä joudutaan käyttämään korokelattia, jotta LVI-tekniikka lisäkerroksessa saadaan helposti toteutettua.

Lisäkerroksen seinien ja niiden liittymien äänitekniikka ratkaistaan puurunkoisen asuinrakennuksen rakennetyyppien ja detaljien mukaan.



Kuva 53. Vanhan seinärakenteen ääneneristävyyden parantaminen.



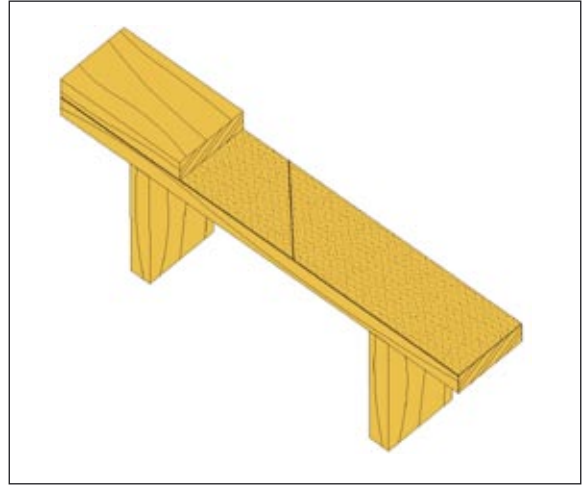
Kuva 54. Puurakenteisen lisäkerroksen välipohjarakenteita

13. Rakenteiden saumojen tiivistys

Rakenteen ilmatiiveys on ilmaääneneristävyys perusedellytys, koska ääni kulkee ilman välityksellä. Rakenteessa olevalla avoimella raolla tai aukolla ei ole ääneneristävyyttä, vaan kaikki siihen kohdistuva ääni kulkee raon tai aukon läpi. Mikäli raossa on huokoista materiaalia, voidaan raon ääneneristävyys korkeilla äänentaajuuksilla saavuttaa 10 – 20 dB. Kuvasta 56 voidaan havaita, että jo erittäin pieni rakenteessa oleva rako aiheuttaa merkittävän heikennyksen ilmaääneneristävyyteen.

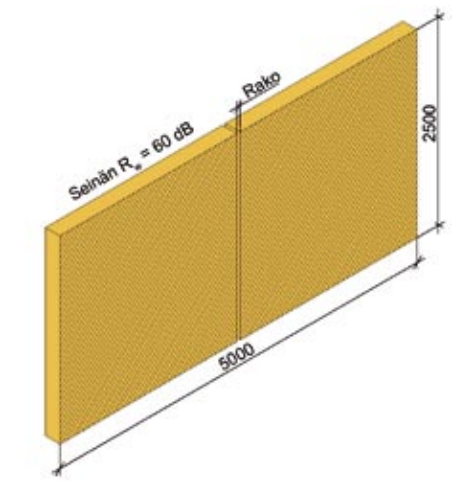
Uudisrakentamisen yhteydessä puurakenteiden välisten saumojen tiivistys toteutetaan EPDM-kumitiivisteellä ja elastisella tiivistysmassalla. Ilmatiiveyttä parantaa edellisten lisäksi sauman yli jatkuva ilmansulkukalvo. Korjausrakentamisen yhteydessä rakenteiden välisten saumojen tiivistys toteutetaan elastisella tiivistysmassalla. Tiivistysmassalle tulee varata riittävän leveä rako, johon tiivistysmassa voidaan tarvittaessa uusida. Tiivistenauvoja käytettäessä tulee niiden jatkokset tehdä huolellisesti, jotta tiivistenauhaan ei tule epäjatkuvuusjohtia. Jatkos voidaan tehdä esimerkiksi viistämällä nauhan päät 45 asteen kulmaan (kuva 55).

EPDM-kumitiivisteet ovat ääniteknisesti hyviä, koska ne muodostavat samalla joustavan katkon liitettävien rakenteiden välille. Kuvassa 57 on esitetty erilaisia EPDM-kumitiivisteitä, joita voidaan käyttää puurakenteiden välisissä saumoissa.



Kuva 55. Tiivistenauhan jatkos

Huoneistojen välisissä rakenteissa saumoilta edellytetään ilmanpitävyyden lisäksi myös joissakin tapauksissa palonkestävyyttä. Mikäli sauman palonkestävyyttä ei voida varmistaa rakenteita hyödyntämällä (esimerkiksi levyn sauman takana on puuranka), tulee sauman palonkestävyys varmistaa palonkestävällä tiivistysmassalla. Taulukossa 6 on esitetty tyypillisiä tiivistysmassoja, joilla puurakenteiden välisiä saumoja voidaan tiivistää.

	Raon leveys [mm]	Seinän ilmaääneneristävyys, kun raon ilmaääneneristävyys on		
	mm	0 dB	10 dB	20 dB
	500	10	20	30
	50	20	30	40
	5	30	40	49,5
	0,5	40	49,5	57
	0,05	49,5	57	59,5
	0,005	57	59,5	60
	0,0005	59,5	60	60
	0,00005	60	60	60

Kuva 56. Raon vaikutus rakenteen ilmanääneneristävyyteen (Gyproc äänikirja).

Tuote	Palo-ominaisuudet	Joustavuus	Pinnoitus
Kiilto-akryylikitti	Ei kestä paloa	10 % sauman leveydestä	Maalattavissa
Sikaflex-HP1	Ei kestä paloa	700 % sauman leveydestä	Maalattavissa
Pyroplex-akryylikitti	Laajenee palossa	17 % sauman leveydestä	Maalattavissa
HILTI CP 606-akryylikitti	Laajenee palossa	10 % sauman leveydestä	Maalattavissa

Taulukko 6. Tiivistysmassoja.

	Materiaali: Vakirolevydet: Paksuudet: Käyttökohde:	EPDM-kumi 35, 40, 45, 60, 70, 80, 95, 120 kaikki 10 mm puurakenteiden väliset saumat
	Materiaali: Vakirolevydet: Paksuudet: Käyttökohde:	EPDM-kumi 35, 45, 60, 70, 80, 95, 110, 120, 140, 165 kaikki 10 mm puurakenteiden väliset saumat
	Materiaali: Vakirolevydet: Paksuudet: Käyttökohde:	EPDM-kumi 60, 87, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 400, 500 kaikki 10 mm puurakenteiden väliset saumat

Kuva 57. Puurakenteiden välisten saumojen tiivistenauhoja.

14. Puurakenteisen ulkovaipan ääneneristävyys

Rakennuksen ulkovaipan tulee eristää tie- ja raideliikenteen sekä lentoliikenteen aiheuttamaa melua vaikka RakMK:ssa ei olekaan vaatimusta ulkovaipan ääneneristävyydelle. Ulkovaipan eristäviä rakenteita ovat ulkoseinät, yläpohja, ikkunat ja ulko-ovet. Rakenteiden ja niiden liittymien ilmatiiveyden lisäksi erityistä huomiota tulee kiinnittää rakenteissa olevien ulkoilmaventtiilien, ilmanavien ja läpivientien ääneneristävyyteen.

14.1 Ikkunoiden ääneneristävyys

Ikkunat toimivat ääniteknisesti kaksin- tai useampikertaisten rakenteiden tapaan, koska niissä on tavallisesti useita lasilevyjä. Ikkunan ääneneristävyyttä voidaan parantaa tehokkaimmin suurentamalla lasilevyjen välissä olevan ilmatilan paksuutta. Tämä johtuu siitä, että itse lasilevyn paksuntaminen normaalista 3–5 mm:stä parantaa ikkunan ääneneristävyyttä matalilla taajuuksilla, mutta koinvidenssi-ilmiöstä johtuen se huonontaa ääneneristävyyttä korkeilla taajuuksilla. Ikkunan ilmaääneneristävyyksensä ilmoittaa ikkunan valmistaja. Taulukossa 7 on esitetty suuntaa-antavia ikkunoiden ilmaääneneristyslukuja.

14.2 Ulko-ovien ääneneristävyys

Ulko-ovilla, varsinkin tuulikaappia käytettäessä, ei käytännössä ole suurta vaikutusta asuinrakennuksen ulkoseinän ilmaääneneristävyyteen, koska ulko-ovien pinta-ala koko rakennuksen ulkoseinän pinta-alasta on suhteel-

lisen pieni. Olo- ja makuuhuoneiden terassi- ja parvekeovien ilmaääneneristävyyden tulisi olla sama kuin ikkunoiden, etteivät ne liiaksi huonontaisi ulkovaipan ääneneristävyyttä.

14.3 Yläpohjan ääneneristävyys

Yläpohja toimii ääniteknisesti kaksinkertaisena rakenteena, koska omien runkojensa varassa olevat vesikate ja alakatto muodostavat levymäiset massat ja niiden välissä oleva tuuletustila muodostaa ilmatilan eli ”ilmajousen”. Yläpohjan ääneneristävyyttä ulkoista melua vastaan voidaan parantaa tekemällä yläpohjan tuuletuksen tuloilmarakoon äänenvaimennin kts. luku 17 *Rakenteiden liittymät*.

14.4 Ulkovaipan ääneneristävyyden määrittäminen

Ulkovaipan ääneneristävyyksivaatimus esitetään kaavamääräyksenä tai –merkintänä. Vaatimuksella tarkoitetaan äänitasoeroa, joka muodostuu ulkomelun keskiäänitason ja sallitun sisämelun keskiäänitason erotuksesta. Kaavamääräyksenä ilmoitettu dB-arvo ei kuvaa suoraan ulkovaipan ilmaääneneristävyyksivaatimusta.

Ulkovaipan ääneneristävyys koostuu kaikkien ulkovaippaan kuuluvien rakenneosien (ulkoseinä, ikkunat, ulkoilmaventtiilit) yhdessä muodostamasta ääneneristävyydestä, joten rakenneosia ei käsitellä yksittäisinä ulkovaipan ääneneristävyyttä määritettäessä.

Ympäristöministeriön oppaassa nro 108 on esitetty suositeltava menetelmä ulkovaipan ääneneristävyyden mitoittamiseen. Tähän oppaaseen perustuen taulukossa 8 on esitetty tietyillä reunaehdoilla ulkovaipan rakenneosilta vaadittava ääneneristävyys äänitasoerosta tai ulkomelusta riippuen.

Rakenne	Ilmävälit [mm]	Lasilevy [mm]	Rw + Ctr [dB]
Kolmipuitteinen ikkuna MSK	35 + 55	3 + 3 + 3 5 + 5 + 5	29 33
Kolmipuitteinen ikkuna MSKL	35 + 105	3 + 3 + 3 5 + 5 + 5	31 35
Kaksipuitteinen ikkuna MSE	12 + 70	3 + 3 + 3 5 + 5 + 5	31 35
Kaksipuitteinen ikkuna MSEL	12 + 130	3 + 3 + 3 5 + 5 + 5	34 38
Kaksipuitteinen ikkuna MS	85	3 + 3 5 + 5	31 35
Kaksipuitteinen ikkuna MSL	145	3 + 3 5 + 5	36 40

Taulukko 7. Ikkunoiden ohjeellisia ilmaääneneristyslukuja.



Tie- ja rai- deliikenne	Lento-, tie- ja rai- deliikenne	Äänitasoero Vaatimus kaavassa	Ulkoseinä Vaatimus rakenteelle	Ikkuna Vaatimus ra- kenneosalle	Ulkoilma- venttili Vaatimus ra- kenneosalle	Yläpohja/ lentomelu Vaatimus rakenteelle
$L_{A,eq,u,7-22}$	$L_{A,max}^{1)}$ [dB]	ΔL [dB]	$R_{A,tr,seinä}$ ($R_W + C_{tr}$) [dB]	$R_{A,tr}$ ($R_W + C_{tr}$) [dB]	$D_{n,e,A,tr}$ ($D_{n,e,w} + C_{tr}$) [dB]	$R_{A,tr,yläpohja}$ ($R_W + C_{tr}$) [dB]
60	70	25	≥ 36	≥ 30	≥ 38	≥ 38
65	75	30	≥ 41	≥ 35	≥ 43	≥ 43
70	80	35	≥ 46	≥ 40	≥ 48	≥ 48
75	85	40	≥ 51	≥ 45	≥ 53	≥ 53

¹⁾ $L_{A,max}$ on useamman lähinnä yöaikaan toistuvan lento-, tie- tai rai-
deliikennemelun enimmäisäänitason keskiarvo. Enimmäisäänitasoon perustuvat arviot on tehty korvaamalla sisämelutason ohje-
arvo lukuarvolla 45 dB. Lentomelussa yläpohjarakenteiden on oletettu olevan 2 dB parempia kuin seinärakenteiden.

Taulukko 8. Yksikerroksisen omakotitalon ulkovaipan ja sen rakenneosien viitteellisiä ilmaääneneristävyyksivaatimuksia.

RAKENNETYYPIT JA LIITTYMÄT

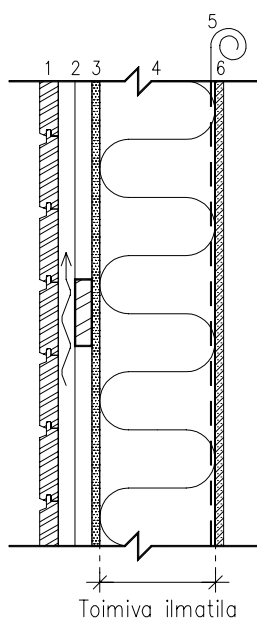
Seuraavaksi tässä oppaassa esitellään rakennetyyppejä ja rakenteiden liittymiä, joilla voidaan täyttää nykyiset asuinrakennuksen ääneneristysvaatimukset. Rakenteet ja niiden liittymät perustuvat pääasiassa avoimeen puurakennusjärjestelmään. Tämän oppaan lopussa olevassa liitteessä 2 on esitetty käytännön mittaustuloksia rakennuksista, joissa on käytetty seuraavaksi esiteltäviä rakenteita ja niiden liittymiä.

Huoneistojen välisissä rakenteissa äänitekniikan lisäksi palotekniikka näyttelee hyvin suurta osaa. Näin ollen rakenteessa oleva rakennuslevyn tyyppi ja levykerrosten määrä määräytyy osaksi siitä, millaisia osastoivuus-, kantavuus- ja pintaluokkavaatimuksia RakMK:n osa E1 rakenteelle määrittelee. Rakenteissa käytettävät villatyypit taas ovat osaksi riippuvaisia rakennuksen paloluokasta ja siitä, että käytetäänkö villaa suojaamaan puurakennetta hiiltymiseltä. Seuraavaksi esiteltävissä rakennetyypeissä on käytetty merkintää ”palokatko” osoittaamaan sitä rakenteen osaa, jolla palotekniset vaatimukset rakenteessa pääasiassa toteutetaan. Rakennetyypeissä on esitetty vain äänitekniikan kannalta vaadittavat rakennuslevyjen ja villojen painot sekä niiden tyypit. Palotekniikan takia rakenteeseen saatetaan joutua lisäämään levykerroksia tai käyttämään toisen tyyppistä levyä tai villaa.

15. Ulkovaipan rakenteet

Rakennuskohde	Työn nro.	
	Päiväys	Tarkastanut
Suunnittelija	Sisältö	
	Ulkoseinä	

Seuraavassa esitetty dB-arvot perustuvat kirjallisuudesta saatuihin tietoihin.



1. Ulkoverhouslauta.
 2. Ulkoverhouksen kiinnityskoolaus ja tuuletusrako.
 3. Tuulensuojalevy, huokoinen puukuitulevy ($t \geq 12$ mm).
 4. Runkotolpat 48x172, k-jako enintään 600 mm, lämmöneristevilla ($t=172$ mm)
 5. Ilman- ja höyrynsulkukalvo, jatkokset tolpan kohdalle, limitys ≥ 200 mm.
 6. Rakennuslevy, paino ≥ 9 kg/m², esimerkiksi kipsikartonkilevy ($t \geq 13$ mm).
- Rakennuslevyn tyyppiin ja levykerrosten määrään vaikuttaa myös palotekniikka.

Liikennemelun ilmääneneristysluku $R_w + C_{tr} \geq 38$ dB

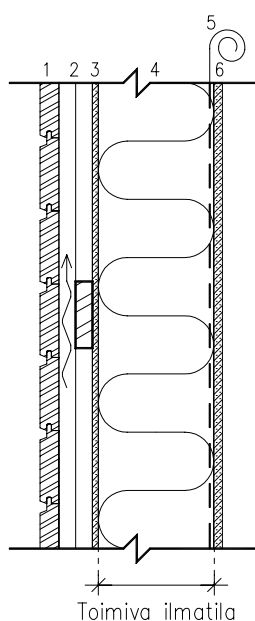
Alla olevassa taulukossa esitetyt ilmääneneristävyiden parannusta kuvaavat dB-arvot voidaan lisätä yllä olevaan dB-arvoon.

Ilmääneneristysluvun parantaminen		
Muutettava tekijä	Muutos	Parannus
Ilmatilan paksuus	172 mm → 220 mm	1 dB
Sisälevyjen määrä ¹⁾	1 levy → 2 levyä	2 dB

¹⁾ Pällekkäisten levyjen saumat limitetään eri tolppien kohdalle. Levykerroksia ei saa liimata toisiinsa.

Rakennuskohde	Työn nro.	
	Päiväys	Tarkastanut
Suunnittelija	Sisälto	
	Ulkoseinä	

Seuraavassa esitetyt dB-arvot perustuvat kirjallisuudesta saatuihin tietoihin.



1. Ulkoverhouslauta.
 2. Ulkoverhouksen kiinnityskoolaus ja tuuletusrako.
 3. Tuulensuojalevy, paino $\geq 5 \text{ kg/m}^2$, esimerkiksi kipsikartonkilevy ($t \geq 9 \text{ mm}$).
 4. Runkotolpat 48x172, k-jako enintään 600 mm, lämmöneristevilla ($t=172 \text{ mm}$)
 5. Ilman- ja höyrynsulkukalvo, jatkokset tolpan kohdalle, limitys $\geq 200 \text{ mm}$.
 6. Rakennuslevy, paino $\geq 9 \text{ kg/m}^2$, esimerkiksi kipsikartonkilevy ($t \geq 13 \text{ mm}$).
- Rakennuslevyn tyyppiin ja levykerrosten määrään vaikuttaa myös palotekniikka.

Liikennemelun ilmääneneristysluku $R_w + C_{tr} \geq 41 \text{ dB}$

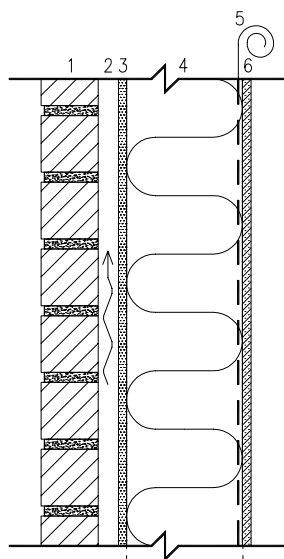
Alla olevassa taulukossa esitetyt ilmääneneristävyyden parannusta kuvaavat dB-arvot voidaan lisätä yllä olevaan dB-arvoon.

Ilmääneneristysluvun parantaminen		
Muutettava tekijä	Muutos	Parannus
Ilmatilan paksuus	172 mm → 220 mm	1 dB
Sisälevyjen määrä ¹⁾	1 levy → 2 levyä	2 dB

¹⁾ Pällekkäisten levyjen saumat limitetään eri tolppien kohdalle. Levykerroksia ei saa liimata toisiinsa.

Rakennuskohde	Työn nro.	
	Päiväys	Tarkastanut
Suunnittelija	Sisältö	
	Ulkoseinä	

Seuraavassa esitetyt dB-arvot perustuvat kirjallisuudesta saatuihin tietoihin.



Toimiva ilmatila

1. Ulkoverhoustiili ($t \geq 85$ mm).
 2. Tuuletusrako.
 3. Tuulensuojalevy, huokoinen puukuitulevy ($t \geq 12$ mm).
 4. Runkotolpat 48x172, k-jako enintään 600 mm, lämmöneristevilla ($t=172$ mm)
 5. Ilman- ja höyrynsulkukalvo, jatkokset tolpan kohdalle, limitys ≥ 200 mm.
 6. Rakennuslevy, paino ≥ 9 kg/m², esimerkiksi kipsikartonkilevy ($t \geq 13$ mm).
- Rakennuslevyn tyyppiin ja levykerrosten määrään vaikuttaa myös palotekniikka.

Liikennemelun ilmääneneristysluku $R_w + C_{tr} \geq 44$ dB

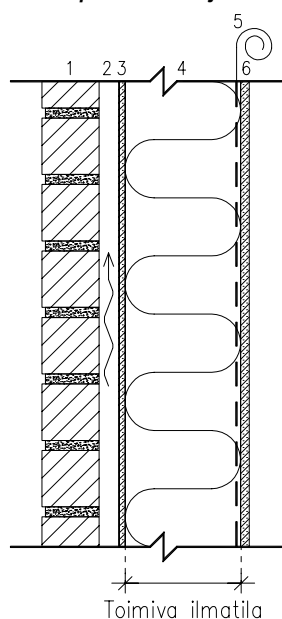
Alla olevassa taulukossa esitetyt ilmääneneristävyysparannukset kuvaavat dB-arvot voidaan lisätä yllä olevaan dB-arvoon.

Ilmääneneristysluvun parantaminen		
Muutettava tekijä	Muutos	Parannus
Tiilen paksuus	85 mm → 130 mm	2 dB
Ilmatilan paksuus	172 mm → 220 mm	1 dB
Sisälevyjien määrä ¹⁾	1 levy → 2 levyä	1 dB

¹⁾ Päällekkäisten levyjen saumat limitetään eri tolppien kohdalle. Levykerroksia ei saa liimata toisiinsa.

Rakennuskohde	Työn nro.		
	Päiväys	Tarkastanut	
Suunnittelija	Sisältö		
	Ulkoseinä		

Seuraavassa esitetyt dB-arvot perustuvat kirjallisuudesta saatuihin tietoihin.



1. Ulkoverhousstiili ($t \geq 85$ mm).
 2. Tuuletusrako.
 3. Tuulensuojalevy, paino ≥ 5 kg/m², esimerkiksi kipsikartonkilevy ($t \geq 9$ mm).
 4. Runkotolpat 48x172, k-jako enintään 600 mm, lämmöneristevilla ($t=172$ mm)
 5. Ilman- ja höyrynsulkukalvo, jatkokset tolpan kohdalle, limitys ≥ 200 mm.
 6. Rakennuslevy, paino ≥ 9 kg/m², esimerkiksi kipsikartonkilevy ($t \geq 13$ mm).
- Rakennuslevyn tyyppiin ja levykerrosten määrään vaikuttaa myös palotekniikka.

Liikennemelun ilmäääneneristysluku $R_w + C_{tr} \geq 49$ dB

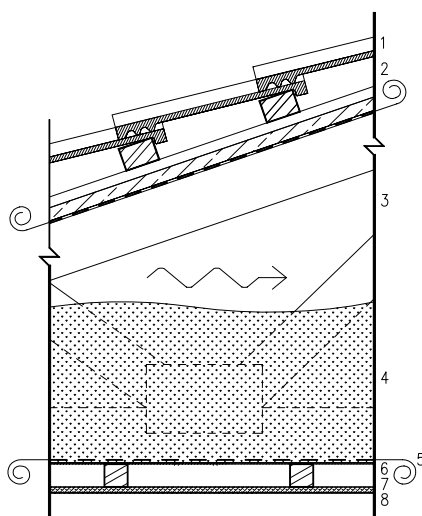
Alla olevassa taulukossa esitetyt ilmäääneneristävyyden parannusta kuvaavat dB-arvot voidaan lisätä yllä olevaan dB-arvoon.

Ilmäääneneristysluvun parantaminen		
Muutettava tekijä	Muutos	Parannus
Tiilen paksuus	85 mm → 130 mm	2 dB
Ilmatilan paksuus	172 mm → 220 mm	1 dB
Sisälevyjen määrä ¹⁾	1 levy → 2 levyä	1 dB

¹⁾ Päällekkäisten levyjen saumat limitetään eri tolppien kohdalle. Levykerroksia ei saa liimata toisiinsa.

Rakennuskohde	Työn nro.	
	Päiväys	Tarkastanut
Suunnittelija	Sisältö	
	Ristikkoyläpohja	

Seuraavassa esitetty dB-arvot perustuvat kirjallisuudesta saatuihin tietoihin.



1. Betonitiilikate.
2. Vesikatteen alusrakenteet.
3. Tuuletustila, tuloilmaraossa äänenvaimennin **ks. luku 17 Rakenteiden liittymät**.
4. NR-ristikot + puhallettu tai levymäinen lämmöneristeillä ($t \geq 300$ mm).
5. Ilman- ja höyrynsulkukalvo, jatkokset alapaarteiden kohdalle, limitys ≥ 200 mm.
6. Kova puukuitulevy ($t = 3$ mm).
7. Alakaton kiinnityskoolaus, levyn kiinnityksen takia k-jako enintään 400...450 mm.
8. Rakennuslevy, paino ≥ 9 kg/m², levytys tiivistetään pystyrakenteisiin elastisella kitillä. Rakennuslevyn tyyppiin ja levykerrosten määrään vaikuttaa myös palotekniikka.

Liikennemelun ilmääneneristysluku $R_w + C_{tr} \geq 49$ dB

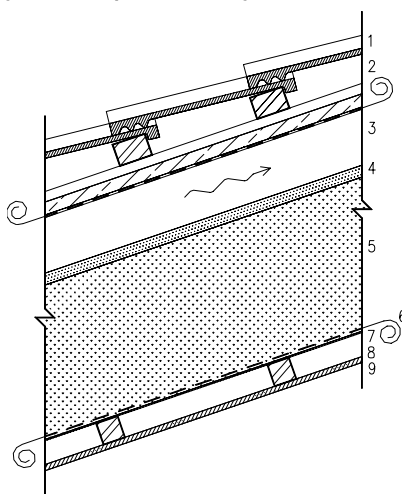
Alla olevassa taulukossa esitetyt ilmääneneristävyiden parannusta kuvaavat dB-arvot voidaan lisätä yllä olevaan dB-arvoon.

Ilmääneneristysluvun parantaminen		
Muutettava tekijä	Muutos	Parannus / Heikennys
Vesikate	Tiilikate → Peltikate	0 dB
Alakattolevyjen kiinnitys	Koolaus → Jousirangat	5 dB
Alakaton sisäverhous	Levy → Puupaneli	-3 dB
Alakattolevyjen määrä ¹⁾	1 levy → 2 levyä	3 dB

¹⁾ Päällekkäisten levyjen saumat limitetään eri kiinnitysoirotien kohdalle. Levykerroksia ei saa liimata toisiinsa.

Rakennuskohde	Työn nro.		
	Päiväys	Tarkastanut	
Suunnittelija	Sisältö		
	Vino palkkiyläpohja		

Seuraavassa esitetyt dB-arvot perustuvat kirjallisuudesta saatuihin tietoihin.



1. Betonitiilikate.
2. Vesikatteen alusrakenteet.
3. Tuuletusväli ($t \geq 100$ mm).
4. Tuulensuojalevy, huokoinen puukuitulevy ($t \geq 25$ mm).
5. Palkit + puhallettu tai levymäinen lämmöneristeillä ($t \geq 275$ mm).
6. Ilman- ja höyrinsulkukalvo, jatkokset palkin kohdalle, limitys ≥ 200 mm.
7. Kova puukuitulevy ($t = 3$ mm).
8. Alakaton kiinnityskoolaus, levyn kiinnityksen takia k-jako enintään 400...450 mm.
9. Rakennuslevy, paino ≥ 9 kg/m², levytys tiivistetään pystyrakenteisiin elastisella kitillä. Rakennuslevyn tyyppiin ja levykerrosten määrään vaikuttaa myös palotekniikka.

Liikennemelun ilmäääneneristysluku $R_w + C_{tr} \geq 48$ dB

Alla olevassa taulukossa esitetyt ilmäääneneristävyyden parannusta kuvaavat dB-arvot voidaan lisätä yllä olevaan dB-arvoon.

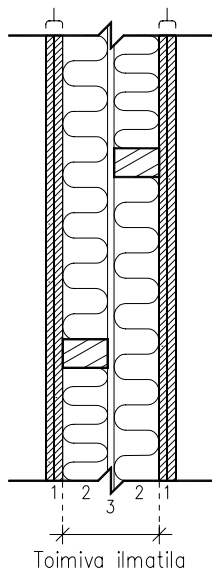
Ilmäääneneristysluvun parantaminen		
Muutettava tekijä	Muutos	Parannus / Heikennys
Vesikate	Tiilikate → Peltikate	0 dB
Alakattolevyjen kiinnitys	Koolaus → Jousirangat	5 dB
Alakaton sisäverhous	Levy → Puupaneli	-3 dB
Alakattolevyjen määrä ¹⁾	1 levy → 2 levyä	3 dB

¹⁾ Päällekkäisten levyjen saumat limitetään eri kiinnityssoirojen kohdalle. Levykerroksia ei saa liimata toisiinsa.

16. Huoneistojen väliset rakenteet

Rakennuskohde	Työn nro.	
	Päiväys	Tarkastanut
Suunnittelija	Sisältö	
	Ei kantava huoneistojen välinen seinä	

Palokatko Palokatko



- Rakennuslevy¹⁾, paino $\geq 9 \text{ kg/m}^2$, esimerkiksi kipsikartonkilevy ($t \geq 13 \text{ mm}$).
Rakennuslevy¹⁾, paino $\geq 9 \text{ kg/m}^2$, esimerkiksi kipsikartonkilevy ($t \geq 13 \text{ mm}$).
Rakennuslevyn tyyppiin ja levykerrosten määrään vaikuttaa myös palotekniikka.
- Runkotolpat 45x70, asennetaan runkopuoliskoilla eri kohtiin, k-jako enintään 600 mm.
Mineraalivillalevy ($t \geq 70 \text{ mm}$).
- Rako runkojen välissä ($t \geq 5 \text{ mm}$).

Ilmaääneneristysluku $R'_w \geq 55 \text{ dB}$

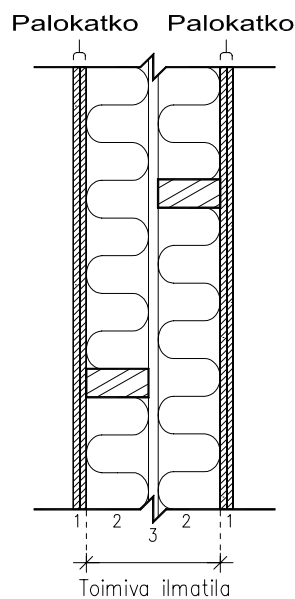
Alla olevassa taulukossa on esitetty seinän ilmaääneneristävyyteen vaikuttavia tekijöitä. **Niiden avulla ei kuitenkaan voida muokata yllä esitettyä dB-arvoa.**

Ilmaääneneristyslukuun vaikuttavia tekijöitä		
Muutettava tekijä	Muutos	Parannus
Seinälevytyksen paino	$18 \text{ kg/m}^2 \rightarrow 25 \text{ kg/m}^2$	1...2 dB
Ilmatilan paksuus ²⁾	$145 \text{ mm} \rightarrow 300 \text{ mm}$	1...2 dB

¹⁾ Päällekkäisten levyjen saumat limitetään eri tolppien kohdalle tai levytyksen alla tulee käyttää ilmansulkupaperia. Levykerroksia ei saa liimata toisiinsa.

²⁾ Toimivan ilmatilan paksuus tulee olla vähintään 145 mm.

Rakennuskohde	Työn nro.	
	Päiväys	Tarkastanut
Suunnittelija	Sisältö	
	Kantava huoneistojen välinen seinä	



- Rakennuslevy¹⁾, paino $\geq 7 \text{ kg/m}^2$, esimerkiksi lastulevy ($t \geq 10 \text{ mm}$).
Rakennuslevy¹⁾, paino $\geq 7 \text{ kg/m}^2$, esimerkiksi lastulevy ($t \geq 10 \text{ mm}$).
Rakennuslevyn tyyppiin ja levykerrosten määrään vaikuttaa myös palotekniikka.
- Runkotolpat 48x97, asennetaan runkopuoliskoilla eri kohtiin, k-jako enintään 600 mm.
Mineraalivillalevy²⁾ ($t \geq 97 \text{ mm}$).
- Rako runkojen välissä ($t \geq 5 \text{ mm}$).

Ilmaääneneristysluku $R'_w \geq 55 \text{ dB}$

Alla olevassa taulukossa on esitetty seinän ilmaääneneristävyyteen vaikuttavia tekijöitä. **Niiden avulla ei kuitenkaan voida muokata yllä esitettyä dB-arvoa.**

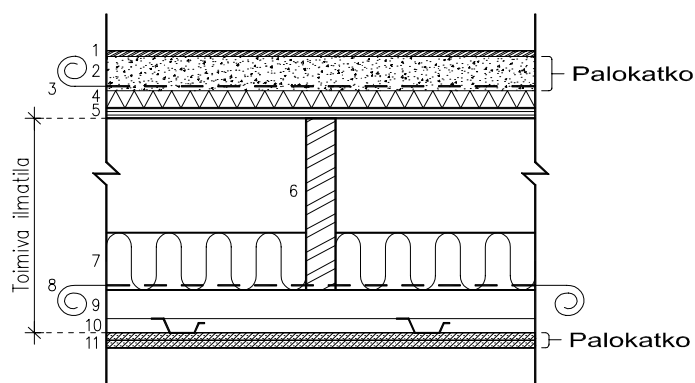
Ilmaääneneristyslukuun vaikuttavia tekijöitä		
Muutettava tekijä	Muutos	Parannus
Seinälevytyksen paino	$14 \text{ kg/m}^2 \rightarrow 20 \text{ kg/m}^2$	1...2 dB
Ilmatilan paksuus ³⁾	$200 \text{ mm} \rightarrow 300 \text{ mm}$	0...1 dB

¹⁾ Päälekkäisten levyjen saumat limitetään eri tolppien kohdalle tai levytyksen alla tulee käyttää ilmansulkupaperia. Levykerroksia ei saa liimata toisiinsa.

²⁾ Voidaan käyttää myös puhallettavaa puukuitueristettä palomääräysten niin salliessa.

³⁾ Toimivan ilmatilan paksuus tulee olla vähintään 200 mm.

Rakennuskohde	Työn nro.		
	Päiväys	Tarkastanut	
Suunnittelija	Sisältö		
	Huoneistojen välinen välipohja		



1. Lattiapäällyste vapaasti valittavissa.
2. Teräsbetoni-laatta ($t \geq 60$ mm).
3. Suodatinkangas, jatkoksissa limitys ≥ 200 mm.
4. Askelääneneristelevy, dynaaminen jäykkyys $s' < 20$ MN/m³.
5. Ympäripontattu havuvanerilevy ($t \geq 18$ mm).
6. Välipohjakannattimet (palkit tai ristikot), k-jako enintään 600 mm.
7. Mineraalivillalevy¹⁾ ($t \geq 100$ mm).
8. Ilmansulkupaperi, jatkokset kannattimen kohdalle, limitys ≥ 200 mm + teippaus.
9. Alakaton kiinnityskoolaus, villan kannatuksen takia k-jako enintään 400 mm.
10. Akustiset jousirangat, levyn kiinnityksen takia k-jako enintään 400...450 mm.
11. Rakennuslevy²⁾, paino ≥ 9 kg/m², esimerkiksi kipsikartonkilevy ($t \geq 13$ mm).
Rakennuslevy²⁾, paino ≥ 9 kg/m², esimerkiksi kipsikartonkilevy ($t \geq 13$ mm).

Ilmaääneneristysluku $R'_w \geq 55$ dB

Askeläänitasoluku $L'_{n,w} \leq 53$ dB

Alla olevassa taulukossa on esitetty välipohjan askelääneneristävyyteen vaikuttavia tekijöitä.

Niiden avulla ei kuitenkaan voida muokata yllä esitettyä dB-arvoa.

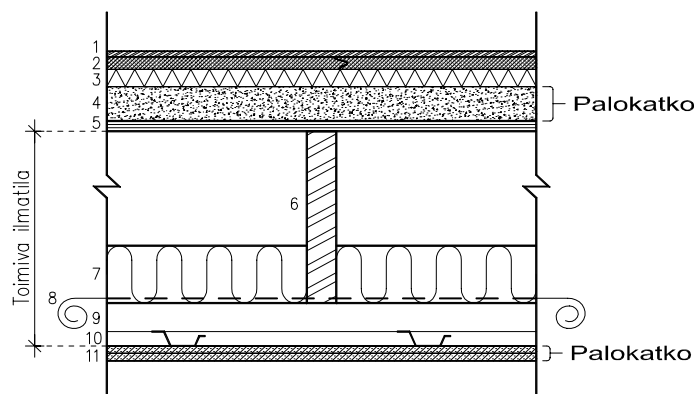
Askeläänitasolukuun vaikuttavia tekijöitä		
Muutettava tekijä	Muutos	Parannus
Pintalaatan paino	150 kg/m ² → 200 kg/m ²	1...2 dB
Ilmatilan korkeus ³⁾	200 mm → 450 mm	1...2 dB
Alakattolevytyksen paino	18 kg/m ² → 25 kg/m ²	1...2 dB

¹⁾ Voidaan käyttää myös puhallettavaa puukuitueristettä palomääräysten mukaisesti.

²⁾ Pääleikkäisten levyjen saumat limitetään eri jousirankojen kohdalle. Levykerroksia ei saa liimata toisiinsa.

³⁾ Toimivan ilmatilan korkeus tulee olla vähintään 200 mm.

Rakennuskohde	Työn nro.		
	Päiväys	Tarkastanut	
Suunnittelija	Sisältö		
	Huoneistojen välinen välipohja		



1. Lattiapäällyste vapaasti valittavissa.
2. Lattialevytykseen, paino $\geq 15 \text{ kg/m}^2$.
3. Askelääneneristelevy, dynaaminen jäykkyys $s' < 20 \text{ MN/m}^3$.
4. Teräsbetoni-laatta ($t \geq 60 \text{ mm}$), mahdollisesti liittorakenne.
5. Ympäripontattu havuvanerilevy ($t \geq 18 \text{ mm}$).
6. Välipohjakannattimet (palkit tai ristikot), k-jako enintään 600 mm.
7. Mineraalivillalevy¹⁾ ($t \geq 100 \text{ mm}$).
8. Ilmansulkupaperi, jatkokset kannattimen kohdalle, limitys $\geq 200 \text{ mm} + \text{teippaus}$.
9. Alakaton kiinnityskoolaus, villan kannatuksen takia k-jako enintään 400 mm.
10. Akustiset jousirangat, levyn kiinnityksen takia k-jako enintään 400...450 mm.
11. Rakennuslevy²⁾, paino $\geq 9 \text{ kg/m}^2$, esimerkiksi kipsikartonkilevy ($t \geq 13 \text{ mm}$).
Rakennuslevy²⁾, paino $\geq 9 \text{ kg/m}^2$, esimerkiksi kipsikartonkilevy ($t \geq 13 \text{ mm}$).

Ilmaääneneristysluku $R'_w \geq 55 \text{ dB}$

Askeläänitasoluku $L'_{n,w} \leq 53 \text{ dB}$

Alla olevassa taulukossa on esitetty välipohjan askelääneneristävyyteen vaikuttavia tekijöitä.

Niiden avulla ei kuitenkaan voida muokata yllä esitettyä dB-arvoa.

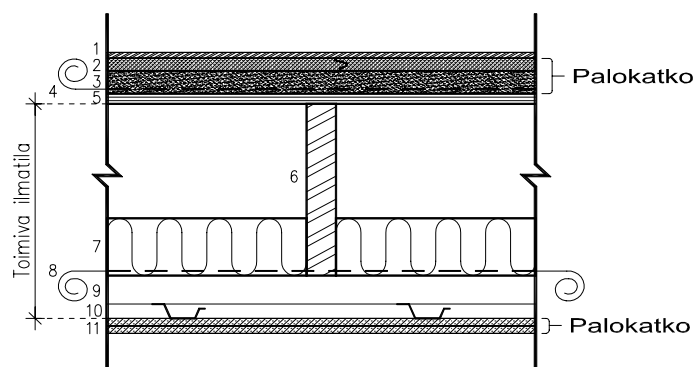
Askeläänitasolukuun vaikuttavia tekijöitä		
Muutettava tekijä	Muutos	Parannus
Betoni-laatan paino	$150 \text{ kg/m}^2 \rightarrow 200 \text{ kg/m}^2$	1...2 dB
Ilmatilan korkeus ³⁾	$200 \text{ mm} \rightarrow 450 \text{ mm}$	1...2 dB
Alakattolevytyksen paino	$18 \text{ kg/m}^2 \rightarrow 25 \text{ kg/m}^2$	1...2 dB

¹⁾ Voidaan käyttää myös puhallettavaa puukuitueristettä palomääräysten mukaisesti.

²⁾ Päällekkäisten levyjen saumat limitetään eri jousirankojen kohdalle. Levykerroksia ei saa liimata toisiinsa.

³⁾ Toimivan ilmatilan korkeus tulee olla vähintään 200 mm.

Rakennuskohde	Työn nro.	
	Päiväys	Tarkastanut
Suunnittelija	Sisältö	
	Huoneistojen välinen välipohja	



1. Joustava lattiapäällyste, $\Delta L_w \geq 17$ dB.
2. Lattialevytytys, paino ≥ 15 kg/m².
3. Kuivattu hiekka (t = 40...60 mm).
4. Rakennuspaperi, jatkoksissa limitys ≥ 200 mm + teippaus.
5. Ympäripontattu havuvanerilevy (t ≥ 18 mm).
6. Välipohjakannattimet (palkit tai ristikot), k-jako enintään 600 mm.
7. Mineraalivillalevy¹⁾ (t ≥ 100 mm).
8. Ilmansulkupaperi, jatkokset kannattimen kohdalle, limitys ≥ 200 mm + teippaus.
9. Alakaton kiinnityskoolaus, villan kannatuksen takia k-jako enintään 400 mm.
10. Akustiset jousirangat, levyn kiinnityksen takia k-jako enintään 400...450 mm.
11. Rakennuslevy²⁾, paino ≥ 9 kg/m², esimerkiksi kipsikartonkilevy (t ≥ 13 mm).
Rakennuslevy²⁾, paino ≥ 9 kg/m², esimerkiksi kipsikartonkilevy (t ≥ 13 mm).

Ilmaääneneristysluku $R'_w \geq 55$ dB

Askeläänitasoluku $L'_{n,w} \leq 53$ dB

Alla olevassa taulukossa on esitetty välipohjan askelääneneristävyyteen vaikuttavia tekijöitä.

Niiden avulla ei kuitenkaan voida muokata yllä esitettyä dB-arvoa.

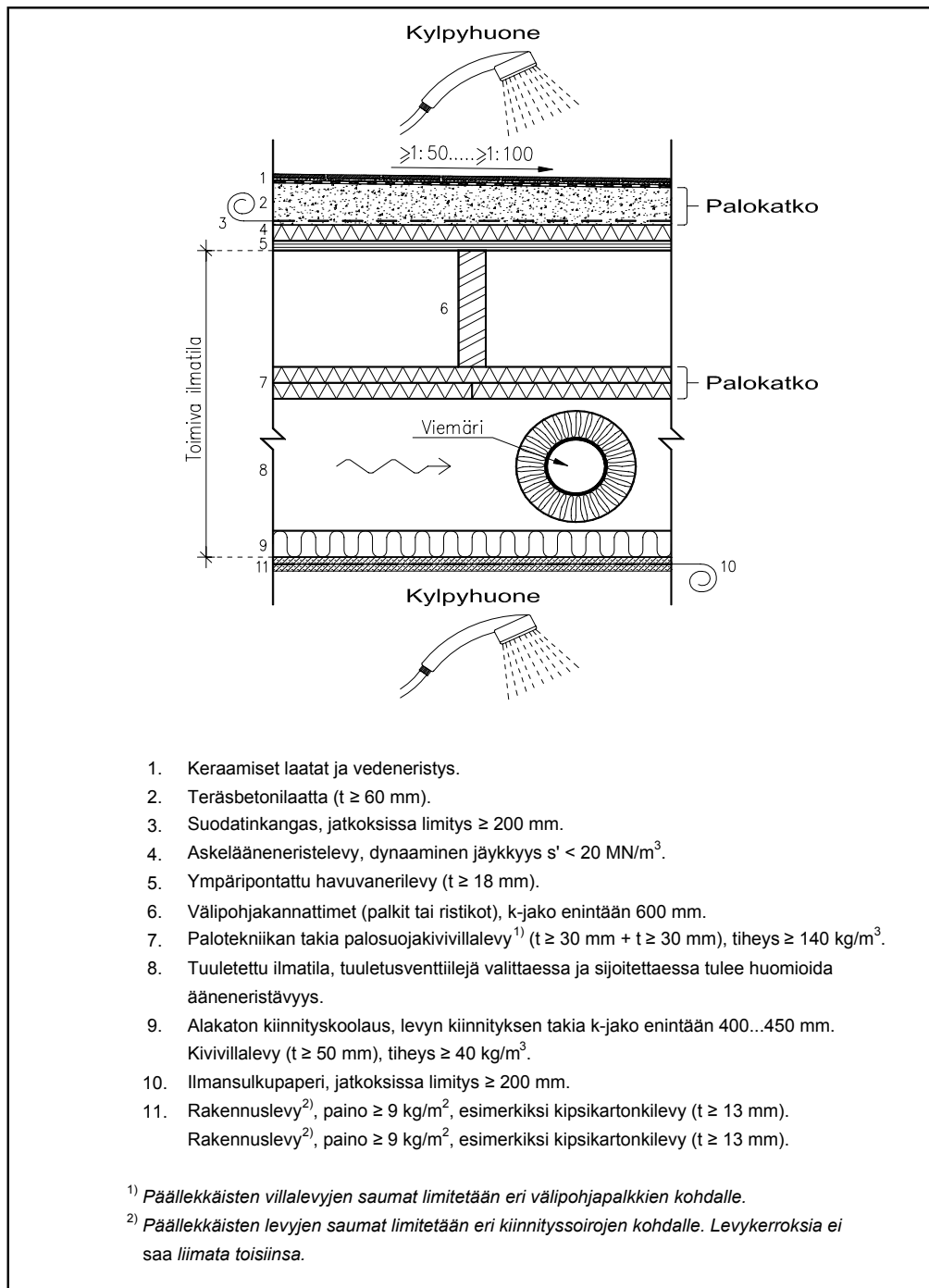
Askeläänitasolukuun vaikuttavia tekijöitä		
Muutettava tekijä	Muutos	Parannus
Hiekkakerroksen paksuus	40 mm → 60 mm	1...2 dB
Ilmatilan korkeus ³⁾	200 mm → 450 mm	1...2 dB
Alakattolevytyksen paino	18 kg/m ² → 25 kg/m ²	1...2 dB

¹⁾ Voidaan käyttää myös puhallettavaa puukuitueristettä palomääräysten mukaisesti.

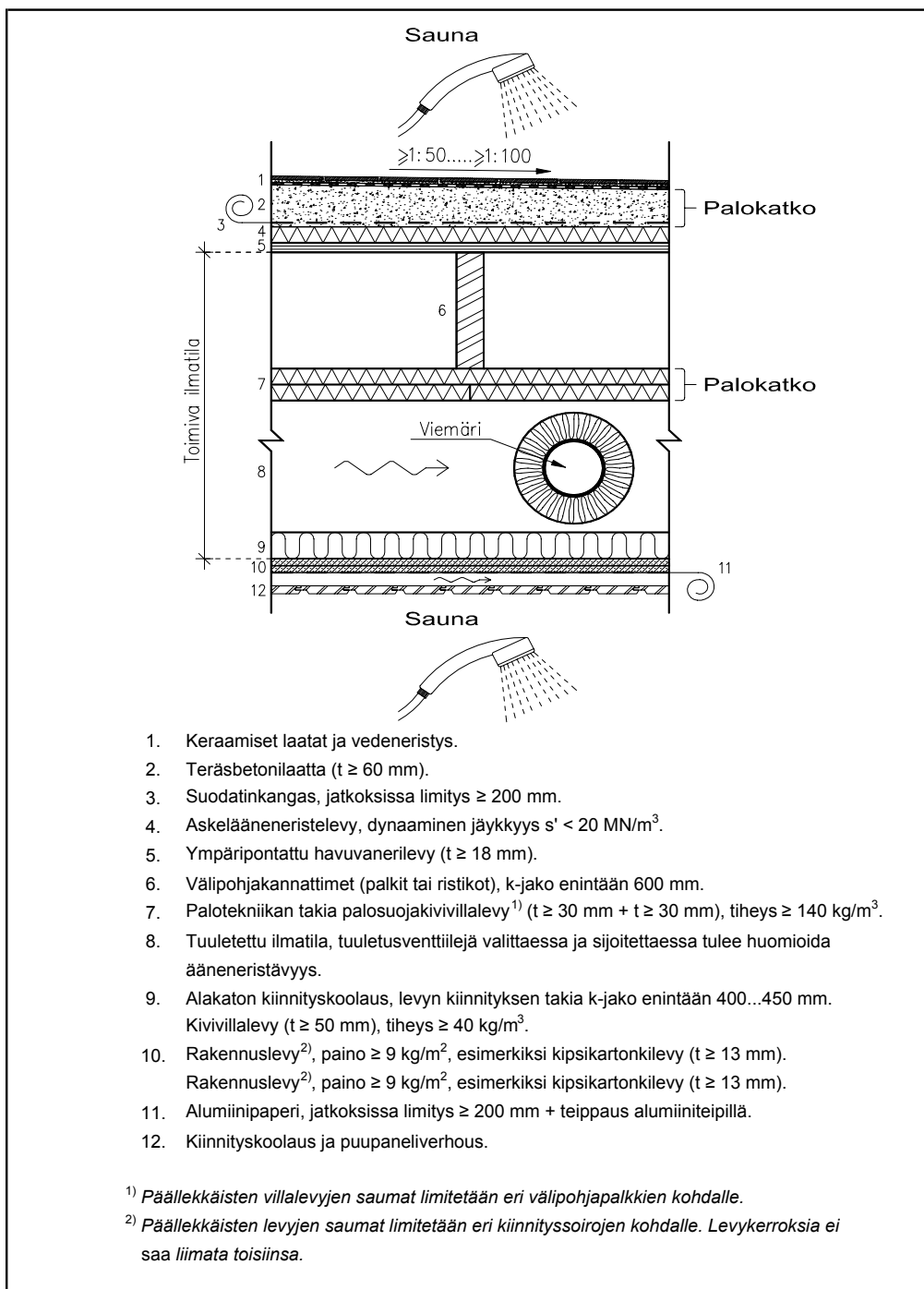
²⁾ Pääleikkäisten levyjen saumat limitetään eri jousirankojen kohdalle. Levykerroksia ei saa liimata toisiinsa.

³⁾ Toimivan ilmatilan korkeus tulee olla vähintään 200 mm.

Rakennuskohde	Työn nro.		
	Päiväys	Tarkastanut	
Suunnittelija	Sisältö		
	Huoneistojen välinen välipohja (märkätila)		

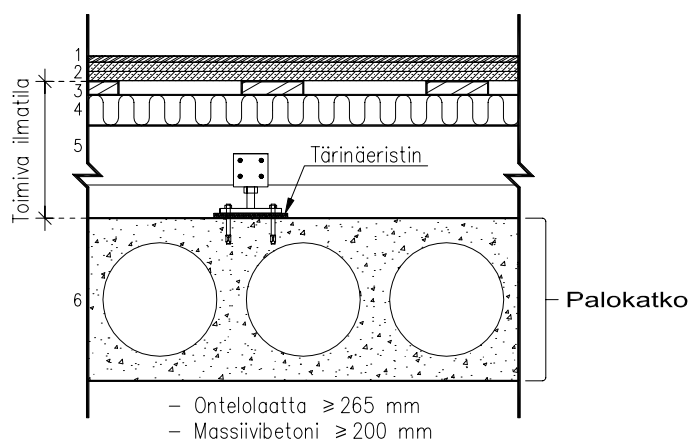


Rakennuskohde	Työn nro.	
	Päiväys	Tarkastanut
Suunnittelija	Sisältö	
	Huoneistojen välinen välipohja (märkätila)	



Rakennuskohde	Työn nro.	
	Päiväys	Tarkastanut
Suunnittelija	Sisältö	
	Huoneistojen välinen välipohja	

Kyseinen rakenne tulee esille tavallisesti korjausrakentamisessa, kuten esimerkiksi puurakenteisen lisäkerroksen yhteydessä.



1. Lattiapäällyste vapaasti valittavissa.
2. Lattiaan tarkoitettu kipsikartonkilevy¹⁾ ($t \geq 15$ mm).
Lattiaan tarkoitettu kipsikartonkilevy¹⁾ ($t \geq 15$ mm).
3. Harvalauditus, k-jako enintään 300 mm.
4. Kivivillalevy ($t \geq 50$ mm).
5. Lattikannattimet, k-jako enintään 600 mm.
Säätöjalat, joiden alla tärinäeristimet.
6. Ontelolaataston paino ≥ 380 kg/m², massiivibetonilaataston paino ≥ 500 kg/m².

Ilmaääneneristysluku $R'_w \geq 55$ dB

Askeläänitasoluku $L'_{n,w} \leq 53$ dB

Alla olevassa taulukossa on esitetty välipohjan askelääneneristävyyteen vaikuttavia tekijöitä.

Niiden avulla ei kuitenkaan voida muokata yllä esitettyä dB-arvoa.

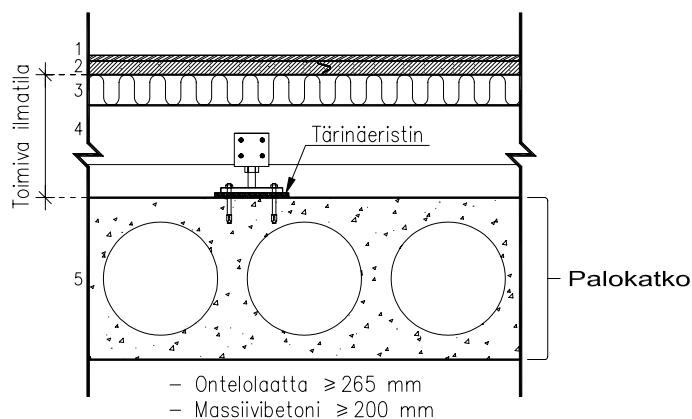
Askeläänitasolukuun vaikuttavia tekijöitä		
Muutettava tekijä	Muutos	Parannus
Ilmatilan korkeus ²⁾	100 mm → 200 mm	0...1 dB
Ontelolaataston paino	380 kg/m ² → 410 kg/m ²	1...2 dB
Massiivilaataston paino	500 kg/m ² → 600 kg/m ²	1...2 dB

¹⁾ Levyjen saumat limitetään vähintään 300 mm. Levykerrokset voidaan liimata toisiinsa.

²⁾ Toimivan ilmatilan korkeus tulee olla vähintään 100 mm.

Rakennuskohde	Työn nro.	
	Päiväys	Tarkastanut
Suunnittelija	Sisältö	
	Huoneistojen välinen välipohja	

Kyseinen rakenne tulee esille tavallisesti korjausrakentamisessa, kuten esimerkiksi puurakenteisen lisäkerroksen yhteydessä.



1. Lattiapäällyste vapaasti valittavissa.
2. Lattiaan tarkoitettu puukipsilevy ($t \geq 22$ mm).
3. Kivivillalevy ($t \geq 50$ mm).
4. Lattiakannattimet, k-jako enintään 600 mm.
Säätöjalat, joiden alla täpäneristimet.
5. Ontelolaataston paino ≥ 380 kg/m², massiivibetonilaataston paino ≥ 500 kg/m².

Ilmaääneneristysluku $R'_w \geq 55$ dB

Askeläänitasoluku $L'_{n,w} \leq 53$ dB

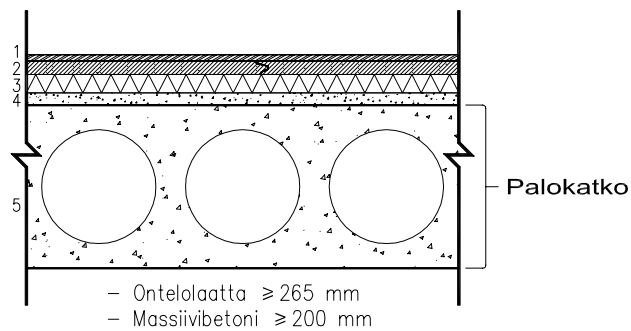
Alla olevassa taulukossa on esitetty välipohjan askelääneneristävyyteen vaikuttavia tekijöitä. Niiden avulla ei kuitenkaan voida muokata yllä esitettyä dB-arvoa.

Askeläänitasolukuun vaikuttavia tekijöitä		
Muutettava tekijä	Muutos	Parannus
Ilmatilan korkeus ¹⁾	100 mm → 200 mm	0...1 dB
Ontelolaataston paino	380 kg/m ² → 410 kg/m ²	1...2 dB
Massiivilaataston paino	500 kg/m ² → 600 kg/m ²	1...2 dB

¹⁾ Toimivan ilmatilan korkeus tulee olla vähintään 100 mm.

Rakennuskohde	Työn nro.	
	Päiväys	Tarkastanut
Suunnittelija	Sisältö	
	Huoneistojen välinen välipohja	

Kyseinen rakenne tulee esille tavallisesti korjausrakentamisessa, kuten esimerkiksi puurakenteisen lisäkerroksen yhteydessä.



1. Lattiapäällyste vapaasti valittavissa.
2. Lattiaan tarkoitettu lastulevy ($t \geq 22$ mm) tai puukipsilevy ($t \geq 22$ mm) tai 2x lattiaan tarkoitettu kipsikartonkilevy¹⁾ ($t \geq 15$ mm).
3. Askelääneneristelevy, dynaaminen jäykkyys $s' < 20$ MN/m³.
4. Oikaisutasoite.
5. Ontelolaataston paino ≥ 380 kg/m², massiivibetonilaataston paino ≥ 500 kg/m².

Ilmaääneneristysluku $R'_w \geq 55$ dB

Askeläänitasoluku $L'_{n,w} \leq 53$ dB

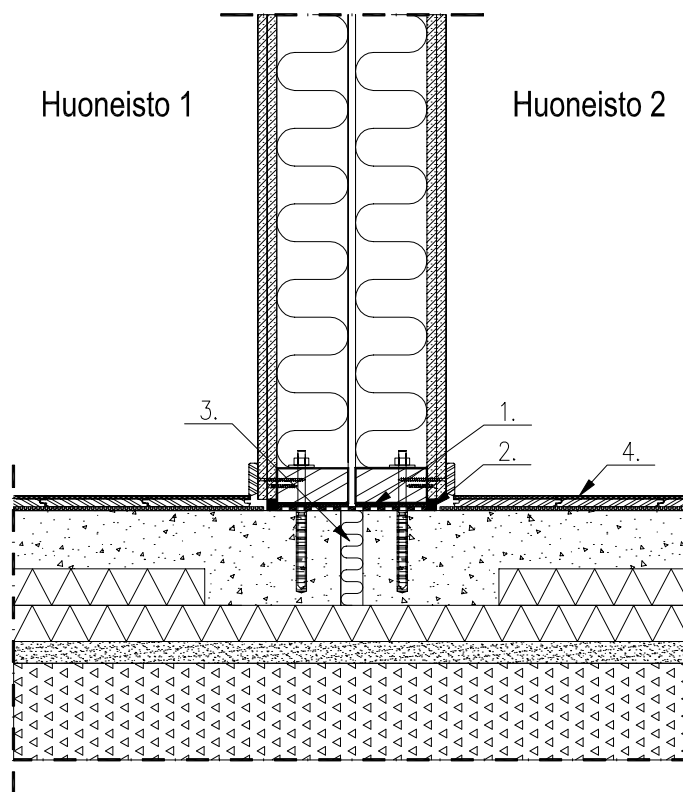
Alla olevassa taulukossa on esitetty välipohjan askelääneneristävyyteen vaikuttavia tekijöitä. Niiden avulla ei kuitenkaan voida muokata yllä esitettyä dB-arvoa.

Askeläänitasolukuun vaikuttavia tekijöitä		
Muutettava tekijä	Muutos	Parannus
Ontelolaataston paino	380 kg/m ² → 410 kg/m ²	1...2 dB
Massiivilaataston paino	500 kg/m ² → 600 kg/m ²	1...2 dB

¹⁾ Pällekkäisten levyjen saumat limitetään vähintään 300 mm. Levykerrokset saa liimata toisiinsa.

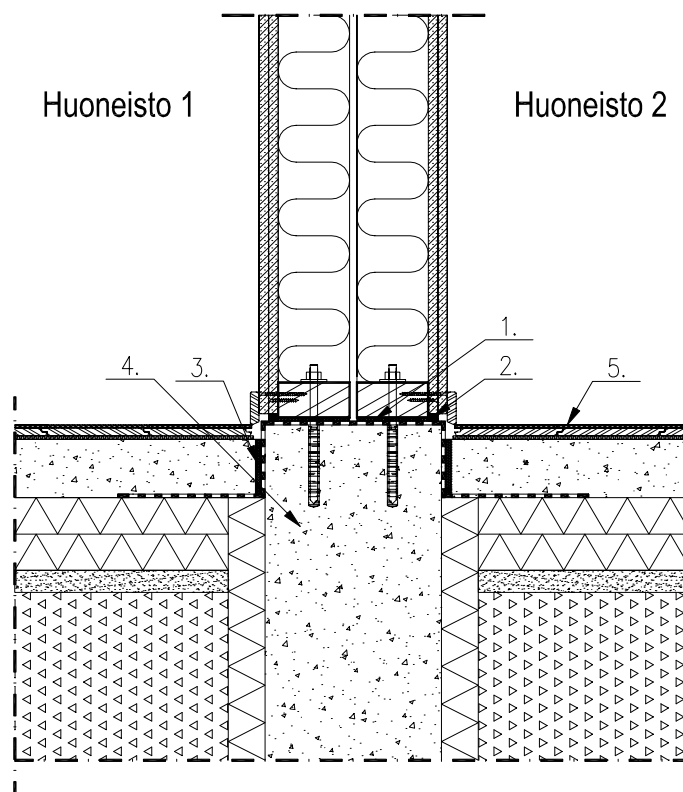
17. Rakenteiden liittymät

Rakennuskohde	Työn nro.		
	Päiväys	Tarkastanut	
Suunnittelija	Sisältö		
	Kaksoisrunkoseinä / Maanvarainen laatta		



1. Alaohjauspuun alla äänitekniisenä tiivisteenä EPDM-kumitiiviste.
2. Sauma tiivistetään elastisella tiivistysmassalla (esimerkiksi akryylikitti).
3. Äänitekniiikan takia maanvarainen laatta katkaistaan esimerkiksi mineraalivillakastaalla ($t \geq 10 \text{ mm}$).
4. Lattiapäällyste vapaasti valittavissa.

Rakennuskohde	Työn nro.	
	Päiväys	Tarkastanut
Suunnittelija	Sisältö	
	Kaksoisrunkoseinä / Perusmuuri	

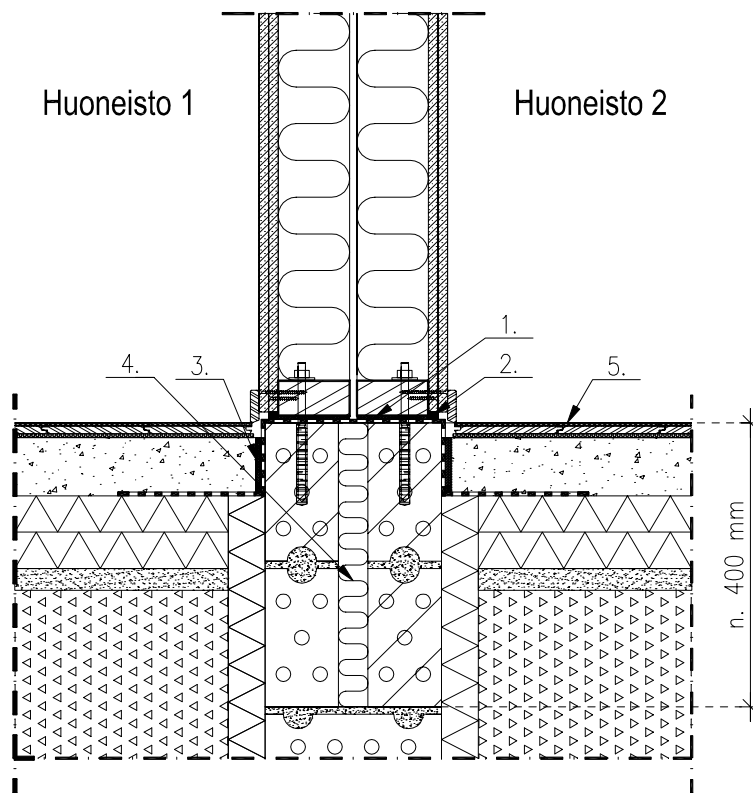


1. Alaohjauspuun alla ääniteknisenä tiivisteenä EPDM-kumitiiviste.
2. Sauma tiivistetään elastisella tiivistysmassalla (esimerkiksi akryylikiti).
3. Maanvarainen laatta irroitetaan pystyrakenteista esimerkiksi polyeteenikaistalla ($t \geq 8 \text{ mm}$).
4. Perusmuurin painon tulee olla vähintään 450 kg/m^2 tai tulee käyttää halkaistua perusmuuria.
5. Lattiapäällyste vapaasti valittavissa.

HUOMIO!

Perusmuuri on betonia.

Rakennuskohde	Työn nro.	
	Päiväys	Tarkastanut
Suunnittelija	Sisältö	
	Kaksoisrunkoseinä / Perusmuuri	

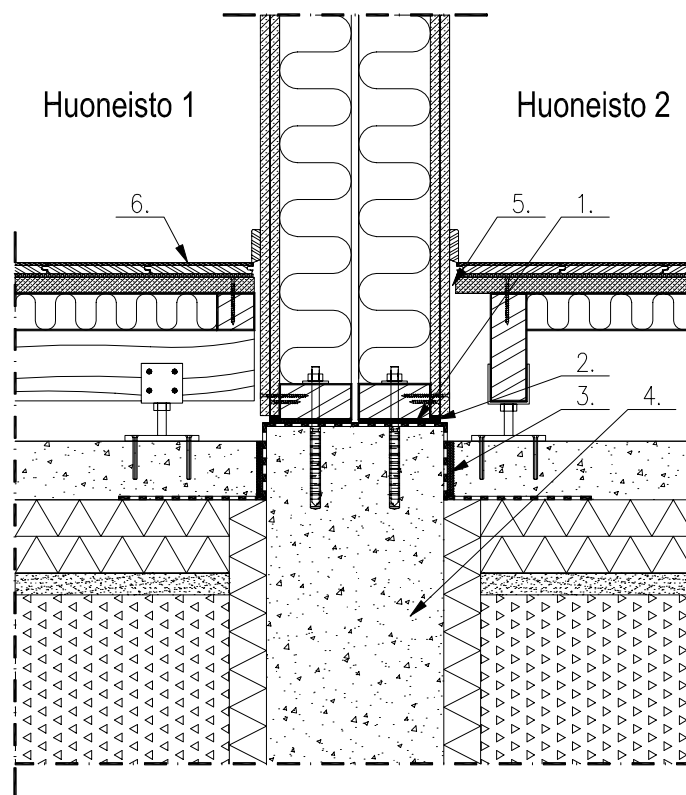


1. Alaohjauspuun alla ääniteknisenä tiivisteenä EPDM-kumitiiviste.
2. Sauma tiivistetään elastisella tiivistysmassalla (esimerkiksi akryylikitti).
3. Maanvarainen laatta irroitetaan pystyrakenteista esimerkiksi polyeteenikaistalla ($t \geq 8 \text{ mm}$).
4. Ääniteknikan takia perusmuuri halkaistaan vähintään 400 mm:n matkalla esimerkiksi mineraalivillakaistalla ($t \geq 10 \text{ mm}$).
5. Lattiapäällyste vapaasti valittavissa.

HUOMIO!

Perusmuuri on kevytsoraharkkoa.

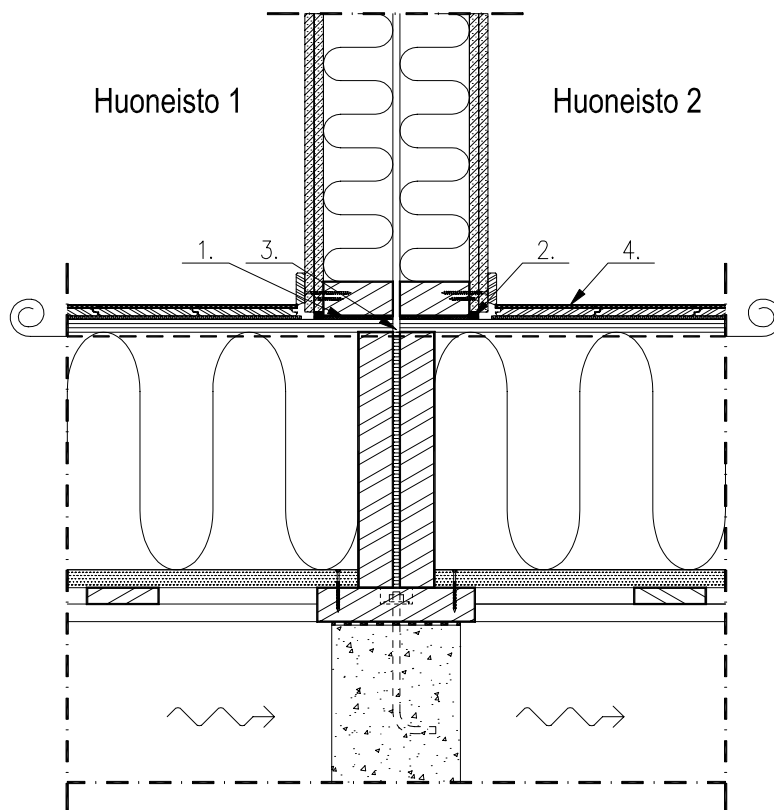
Rakennuskohde	Työn nro.	
	Päiväys	Tarkastanut
Suunnittelija	Sisältö	
	Kaksoisrunkoseinä / Korokelattia	



1. Alaohjauspuun alla ääniteknisenä tiivisteenä EPDM-kumitiiviste.
2. Sauma tiivistetään elastisella tiivistysmassalla (esimerkiksi akryylikiti).
3. Maanvarainen laatta irroitetaan pystyrakenteista esimerkiksi polyteenikaistalla ($t \geq 8 \text{ mm}$).
4. Perusmuurin painon tulee olla vähintään 450 kg/m^2 .
5. Ääniteknikan takia lattiapäällysteen ja korokelattian rakenteiden tulee olla irti seinästä.
6. Lattiapäällyste vapaasti valittavissa.

HUOMIO!
Perusmuuri on betonia.

Rakennuskohde	Työn nro.	
	Päiväys	Tarkastanut
Suunnittelija	Sisältö	
	Kaksoisrunkoseinä / Tuulettuva alapohja	

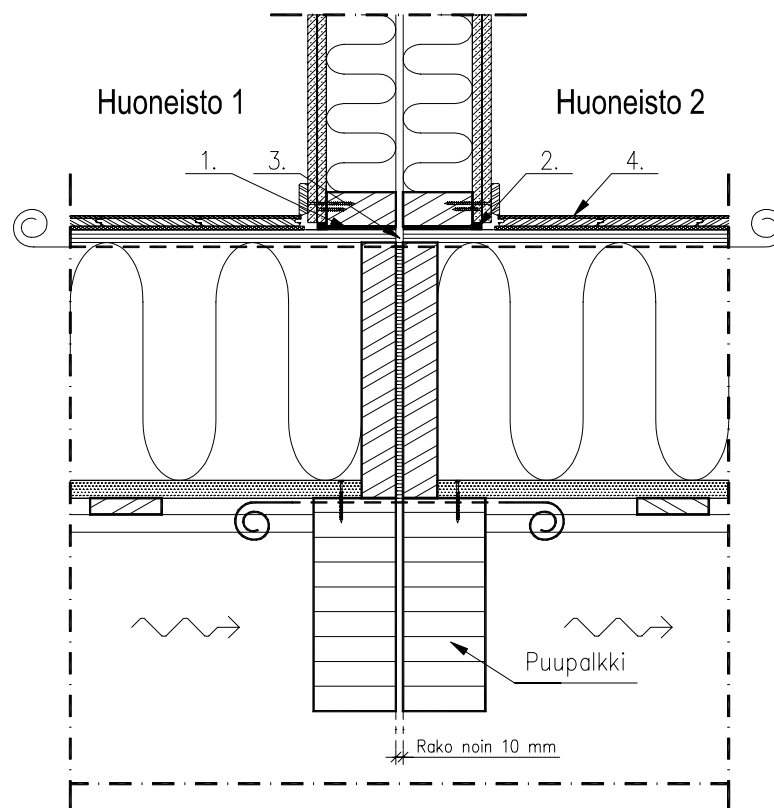


1. Alaohjauspuun alla ääniteknisenä tiivisteenä EPDM-kumitiiviste.
2. Sauma tiivistetään elastisella tiivistysmassalla (esimerkiksi akryyli kitti).
3. Äänitekniiikan takia alapohjan rakenteet katkaistaan väliseinän kohdalla (rako ≥ 10 mm).
4. Lattiapäällyste vapaasti valittavissa.

HUOMIO!

Perusmuuria ei tarvitse halkaista äänitekniiikan takia.

Rakennuskohde	Työn nro.	
	Päiväys	Tarkastanut
Suunnittelija	Sisältö Kaksoisrunkoseinä / Tuulettuva alapohja	

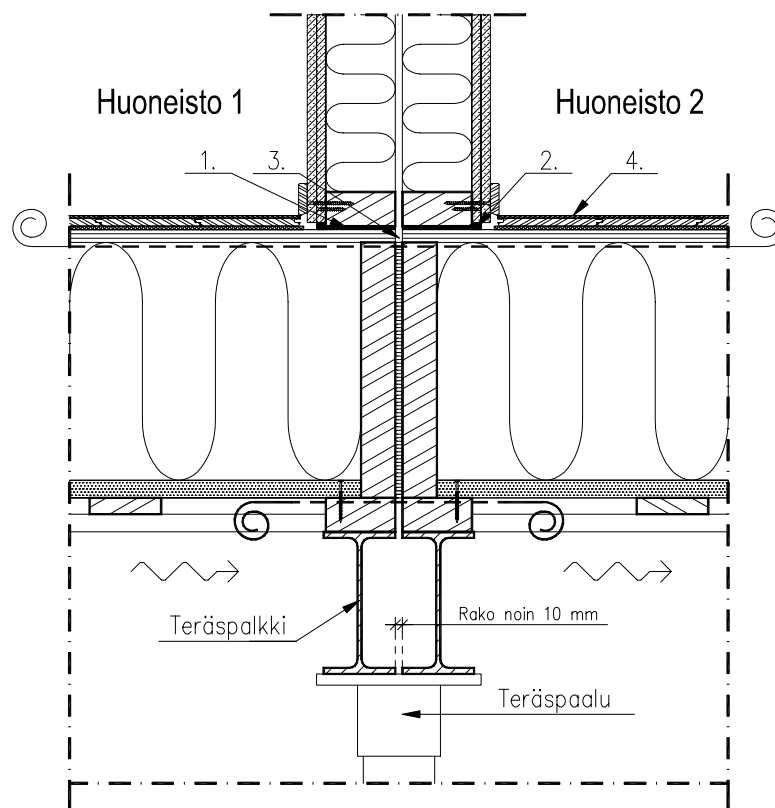


1. Alaohjauspuun alla äänitekniisenä tiivisteenä EPDM-kumitiiviste.
2. Sauma tiivistetään elastisella tiivistysmassalla (esimerkiksi akryylikiti).
3. Ääniteknikaan takia alapohjan rakenteet katkaistaan väliseinän kohdalla (rako ≥ 10 mm).
4. Lattiapäällyste vapaasti valittavissa.

HUOMIO!

Ääniteknikaan takia alapohjan pääkannattimet tehdään erillisistä palkeista.

Rakennuskohde	Työn nro.	
	Päiväys	Tarkastanut
Suunnittelija	Sisältö	
	Kaksoisrunkoseinä / Tuulettuva alapohja	

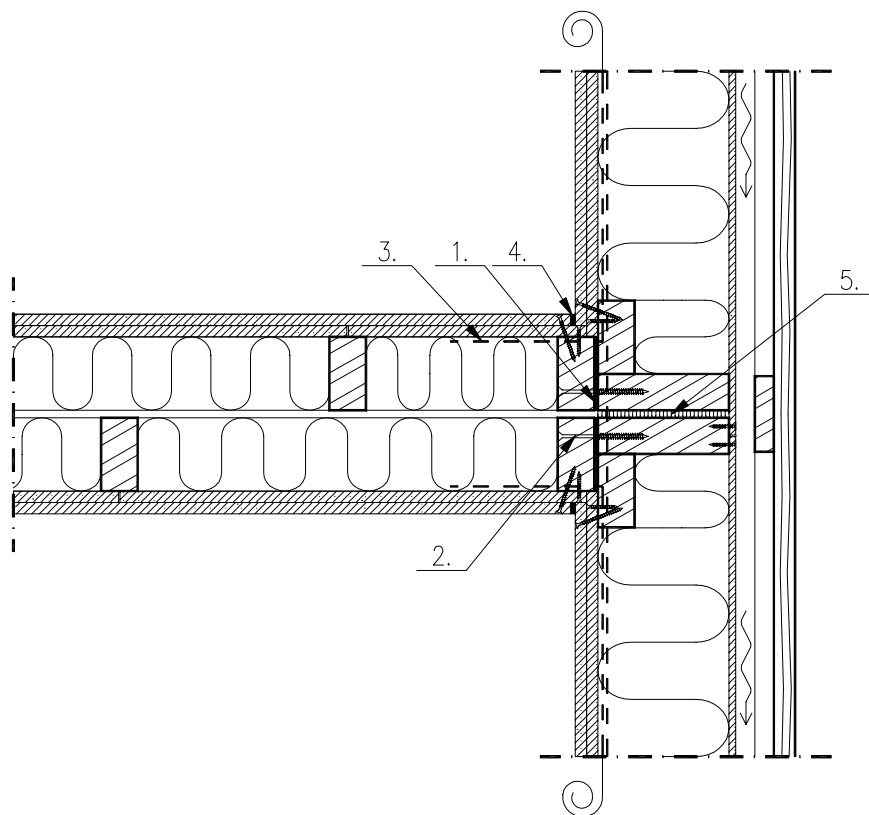


1. Alaohjauspuun alla ääniteknisenä tiivisteenä EPDM-kumitiiviste.
2. Sauma tiivistetään elastisella tiivistysmassalla (esimerkiksi akryylikiti).
3. Ääniteknikan takia alapohjan rakenteet katkaistaan väliseinän kohdalla (rako ≥ 10 mm).
4. Lattiapäällyste vapaasti valittavissa.

HUOMIO!

Ääniteknikan takia alapohjan pääkannattimet tehdään erillisistä palkeista

Rakennuskohde	Työn nro.	
	Päiväys	Tarkastanut
Suunnittelija	Sisälto	
	Kaksoisrunkoseinä / Ulkoseinä	

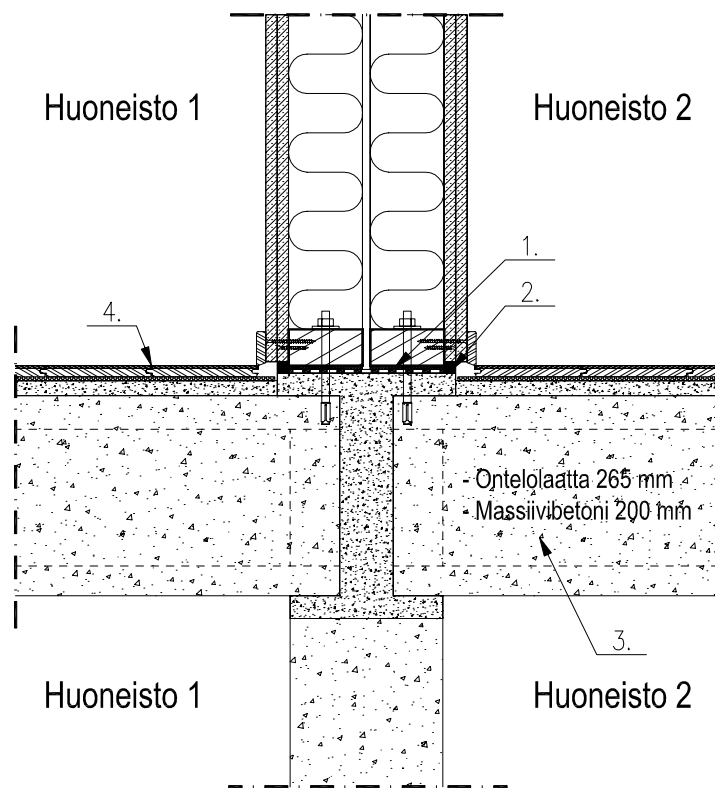


1. Runkotolppien välissä ääniteknisenä tiivisteenä EPDM-kumitiiviste.
2. Kiinnitys ulkoseinään ruuveilla 5,0x120 k300 (minimikiinnitys).
3. Liittymä tiivistetään lisäksi kääntämällä ulkoseinän ilman- ja höyrynsulku seinälevyjen taakse.
4. Sauma tiivistetään elastisella tiivistysmassalla (esimerkiksi akryylikitti).
5. Ääniteknikan takia ulkoseinän rakenteet katkaistaan väliseinän kohdalla (rako ≥ 10 mm).

HUOMIO!

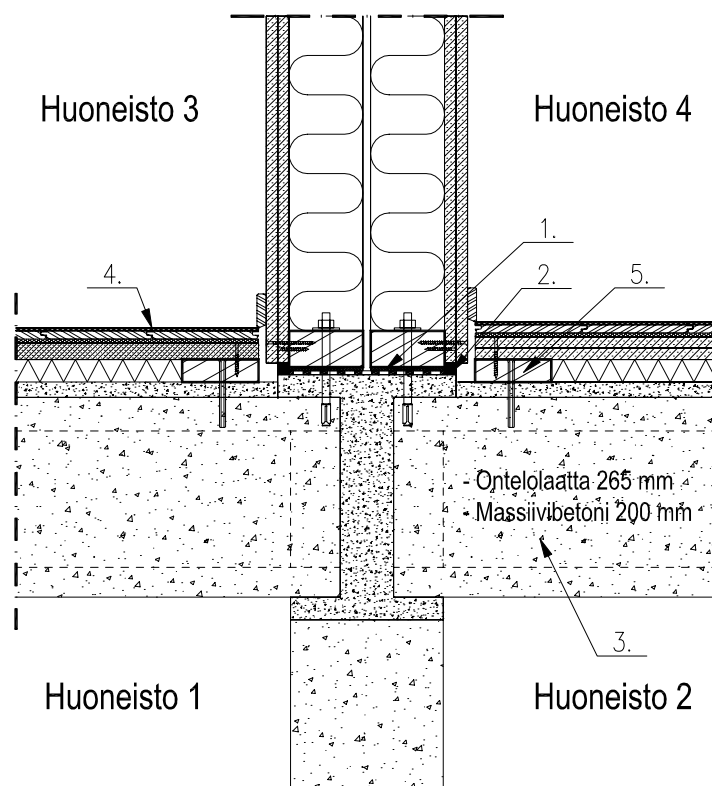
Julkisivurakennetta ja tuulensuojalevyä ei tarvitse katkaista ääniteknikan takia.

Rakennuskohde	Työn nro.	
	Päiväys	Tarkastanut
Suunnittelija	Sisälto	
	Kaksoisrunkoseinä / Betonivälipohja	



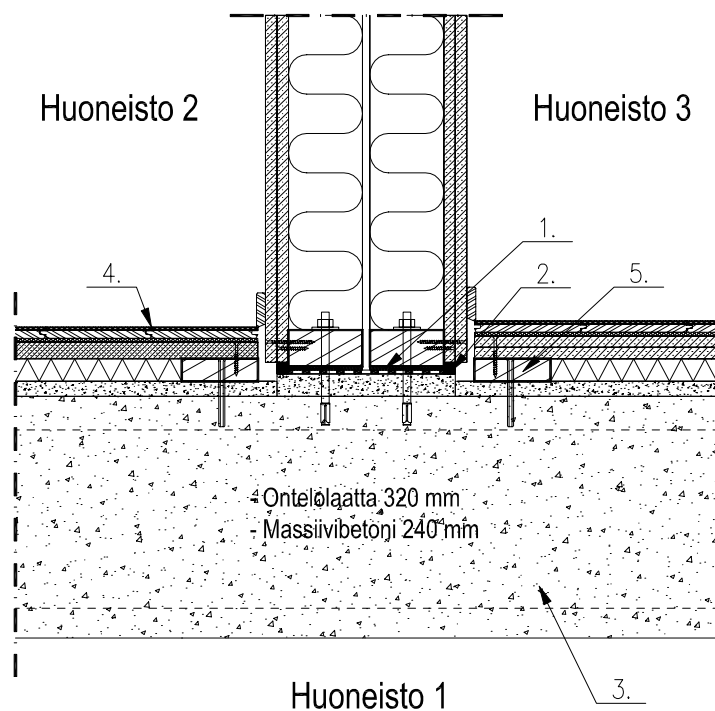
1. Alaohjauspuun alla ääniteknisenä tiivisteenä EPDM-kumitiiviste.
2. Sauma tiivistetään elastisella tiivistysmassalla (esimerkiksi akryylikiti).
3. Ontelolaataston paino $\geq 380 \text{ kg/m}^2$, massiivibetonilaataston paino $\geq 500 \text{ kg/m}^2$.
4. Äänen sivutiesiirtymän estämiseksi lattiapäällysteen $\Delta L_w \geq 20 \text{ dB}$.

Rakennuskohde	Työn nro.	
	Päiväys	Tarkastanut
Suunnittelija	Sisältö	
	Kaksoisrunkoseinä / Betoniväli pohja	



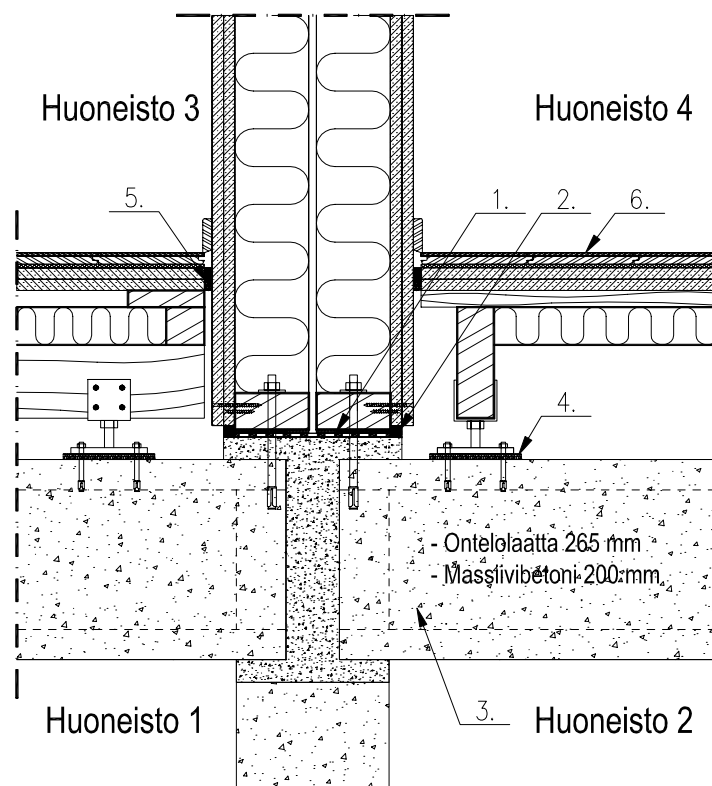
1. Alaohjauspuun alla ääniteknisenä tiivisteenä EPDM-kumitiiviste.
2. Sauma tiivistetään elastisella tiivistysmassalla (esimerkiksi akryylikiti).
3. Ontelolaataston paino $\geq 380 \text{ kg/m}^2$, massiivibetonilaataston paino $\geq 500 \text{ kg/m}^2$.
4. Lattiapäällyste vapaasti valittavissa.
5. Lauta levylattian reunan tuentaa varten.

Rakennuskohde	Työn nro.	
	Päiväys	Tarkastanut
Suunnittelija	Sisälto	
	Kaksoisrunkoseinä / Betoniväli pohja	



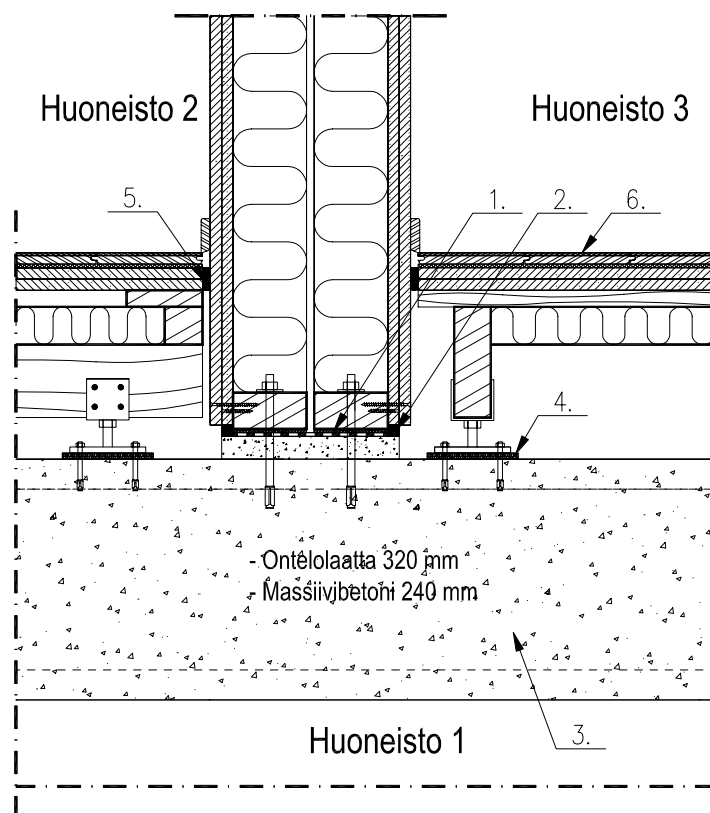
1. Alaohjauspuun alla ääniteknisenä tiivisteenä EPDM-kumitiiviste.
2. Sauma tiivistetään elastisella tiivistysmassalla (esimerkiksi akryylikitti).
3. Ontelolaataston paino $\geq 410 \text{ kg/m}^2$, massiivibetonilaataston paino $\geq 600 \text{ kg/m}^2$.
4. Lattiapäällyste vapaasti valittavissa.
5. Lauta levylattian reunan tuentaa varten.

Rakennuskohde	Työn nro.	
	Päiväys	Tarkastanut
Suunnittelija	Sisältö	
	Kaksoisrunkoseinä / Korokelattia	



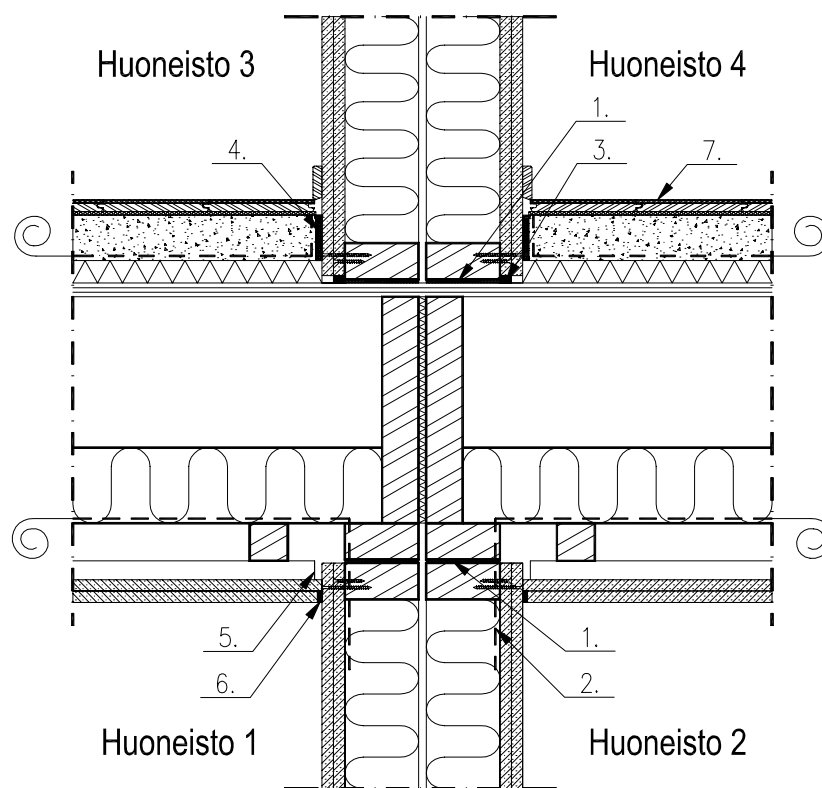
1. Alaohjauspuun alla ääniteknisenä tiivisteenä EPDM-kumitiiviste.
2. Sauma tiivistetään elastisella tiivistysmassalla (esimerkiksi akryylikitti).
3. Ontelolaataston paino $\geq 380 \text{ kg/m}^2$, massiivibetonilaataston paino $\geq 500 \text{ kg/m}^2$.
4. Säätöjalkojen alla värinäeristin.
5. Ääniteknikan takia lattiapäällysteen ja korokelattian rakenteiden tulee olla irti seinästä. Sauma tiivistetään elastisella tiivistysmassalla (esimerkiksi akryylikitti) + pohjanauha.
6. Lattiapäällyste vapaasti valittavissa.

Rakennuskohde	Työn nro.	
	Paiväys	Tarkastanut
Suunnittelija	Sisältö	
	Kaksoisrunkoseinä / Korokelattia	



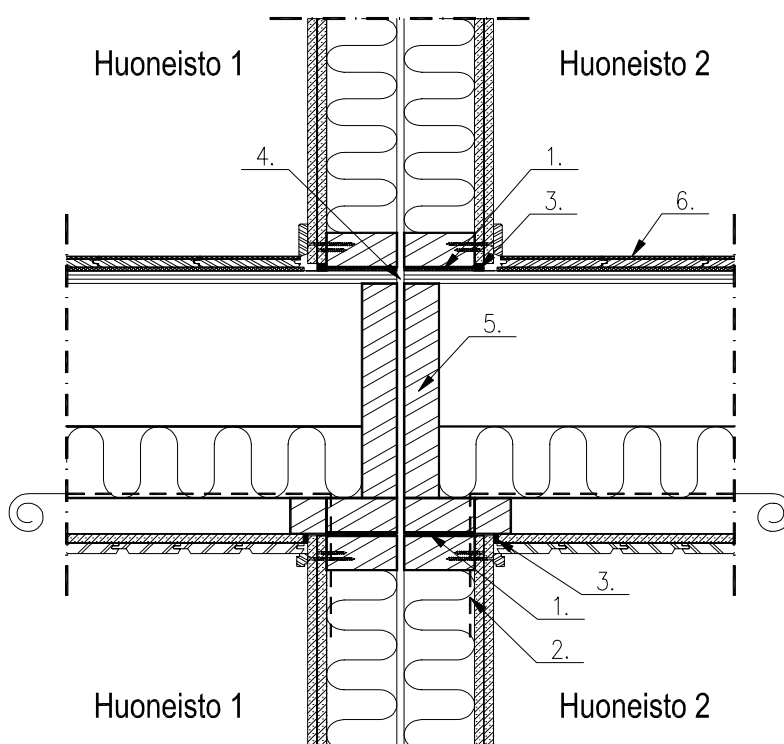
1. Alaohjauspuun alla ääniteknisenä tiivisteenä EPDM-kumitiiviste.
2. Sauma tiivistetään elastisella tiivistysmassalla (esimerkiksi akryylikitti).
3. Ontelolaataston paino $\geq 410 \text{ kg/m}^2$, massiivibetonilaataston paino $\geq 600 \text{ kg/m}^2$.
4. Säätöjalkojen alla värinäeristin.
5. Äänitekniiikan takia lattiapäällysteen ja korkolattian rakenteiden tulee olla irti seinästä. Sauma tiivistetään elastisella tiivistysmassalla (esimerkiksi akryylikitti) + pohjanauha.
6. Lattiapäällyste vapaasti valittavissa.

Rakennuskohde	Työn nro.	
	Päiväys	Tarkastanut
Suunnittelija	Sisältö	
	Kaksoisrunkoseinä / Puuvälipohja	



1. Alaohjauspuun alla ja yläohjauspuiden välissä ääniteknisenä tiivisteenä EPDM-kumitiiviste.
2. Liittymä tiivistetään lisäksi kääntämällä välipohjan ilmansulkupaperi seinälevyjen taakse.
3. Sauma tiivistetään elastisella tiivistysmassalla (esimerkiksi akryylikitti).
4. Ääniteknikan takia pintalaatta irroitetaan pystyrakenteista esimerkiksi polyeteenikaistalla ($t \geq 8 \text{ mm}$).
5. Jousiranka jätetään noin 10 mm irti pystyrakenteista.
6. Sauma tiivistetään elastisella palonkestävällä tiivistysmassalla (esimerkiksi akryylikitti).
7. Lattiapäällyste vapaasti valittavissa.

Rakennuskohde	Työn nro.	
	Päiväys	Tarkastanut
Suunnittelija	Sisältö	
	Kaksoisrunkoseinä / Puuvälipohja	



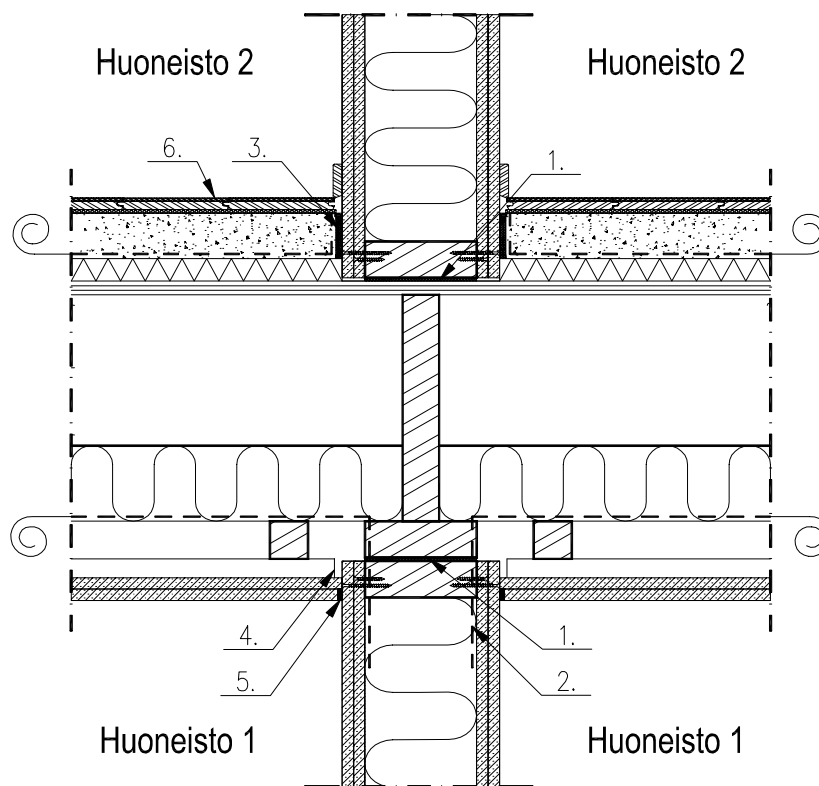
1. Alaohjauspuun alla ja yläohjauspuiden välissä ääniteknisenä tiivisteenä EPDM-kumitiiviste.
2. Liittymä tiivistetään lisäksi kääntämällä välipohjan ilmansulkupaperi seinälevyjen taakse.
3. Sauma tiivistetään elastisella tiivistysmassalla (esimerkiksi akryylikiti).
4. Äänitekniiikan takia välipohjan rakenteet katkaistaan väliseinän kohdalla (rako ≥ 10 mm).
5. Seinän päällä olevien kehäpalkkien tulee olla jatkuvia.
6. Lattiapäällyste vapaasti valittavissa.

HUOMIO!

Äänitekniiikan takia alakatossa tulee olla tiivis levykerros (paino $\geq 9 \text{ kg/m}^2$). Pelkkä puupaneli alakatossa on ääniteknisesti liian "harva".

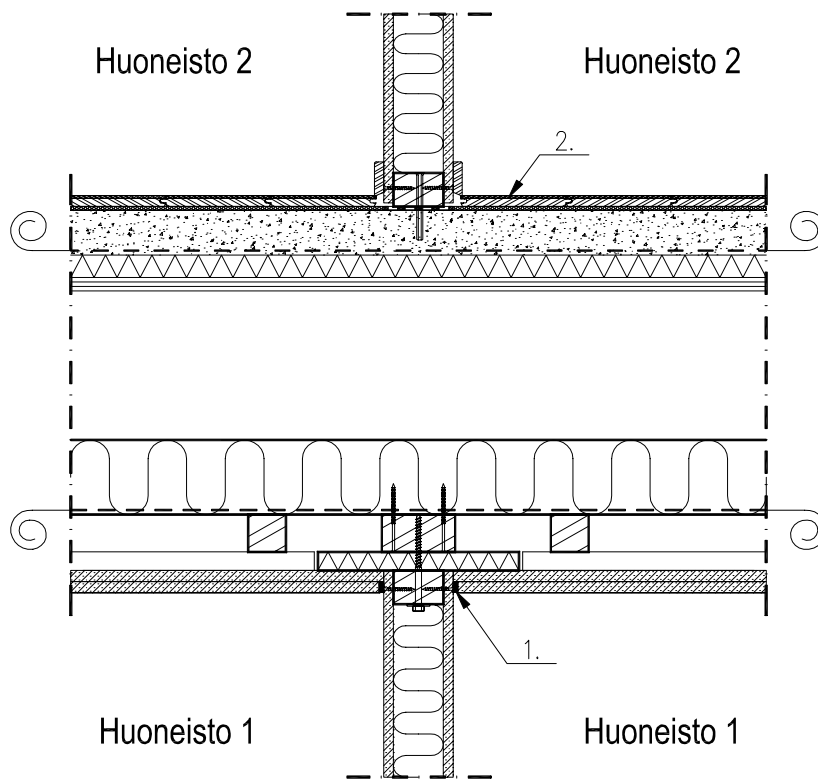
Askelääntäsoluku $L'_{n,w} = 45 \text{ dB}$ huoneistojen 1 ja 2 välillä (kohteessa tehty mittaus).

Rakennuskohde	Työn nro.	
	Päiväys	Tarkastanut
Suunnittelija	Sisältö	
	Kantava väliseinä / Puuvälipohja	



1. Alaohjauspuun alla ja yläohjauspuiden välissä ääniteknisenä tiivisteenä EPDM-kumitiivistä.
2. Liittymä tiivistetään lisäksi kääntämällä välipohjan ilmansulkupaperi seinälevyjen taakse.
3. Ääniteknikan takia pintalaatta irroitetaan pystyrakenteista esimerkiksi polyeteenikaistalla ($t \geq 8 \text{ mm}$).
4. Jousiranka jätetään noin 10 mm irti pystyrakenteista.
5. Sauma tiivistetään elastisella palonkestävällä tiivistysmassalla (esimerkiksi akryylikitti).
6. Lattiapäällyste vapaasti valittavissa.

Rakennuskohde	Työn nro.		
	Päiväys	Tarkastanut	
Suunnittelija	Sisältö		
	Kevyt väliseinä / Puuvälipohja		

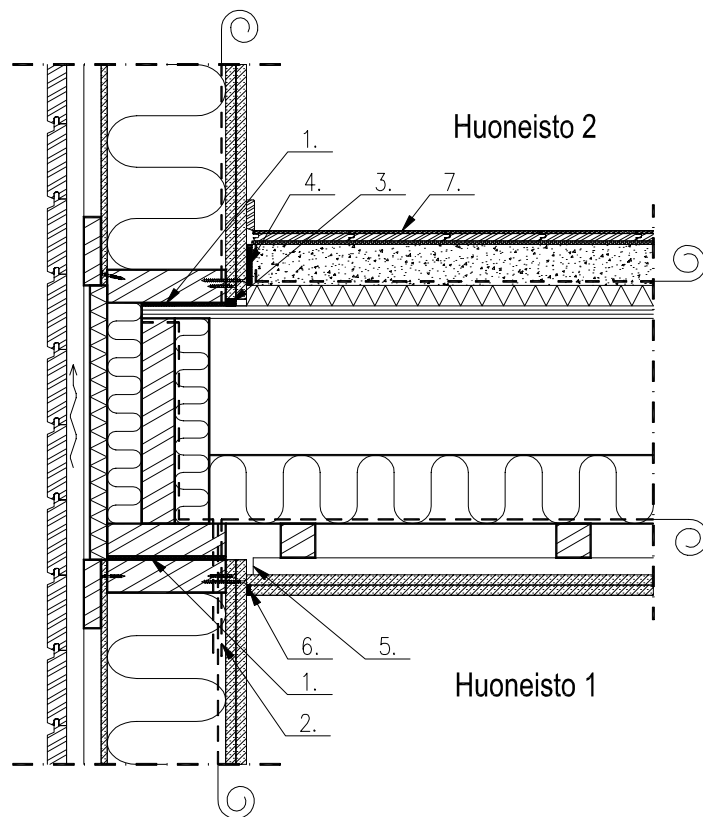


1. Sauma tiivistetään elastisella palonkestävällä tiivistysmassalla (esimerkiksi akryylikitti).
2. Lattiapäällyste vapaasti valittavissa.

HUOMIO!

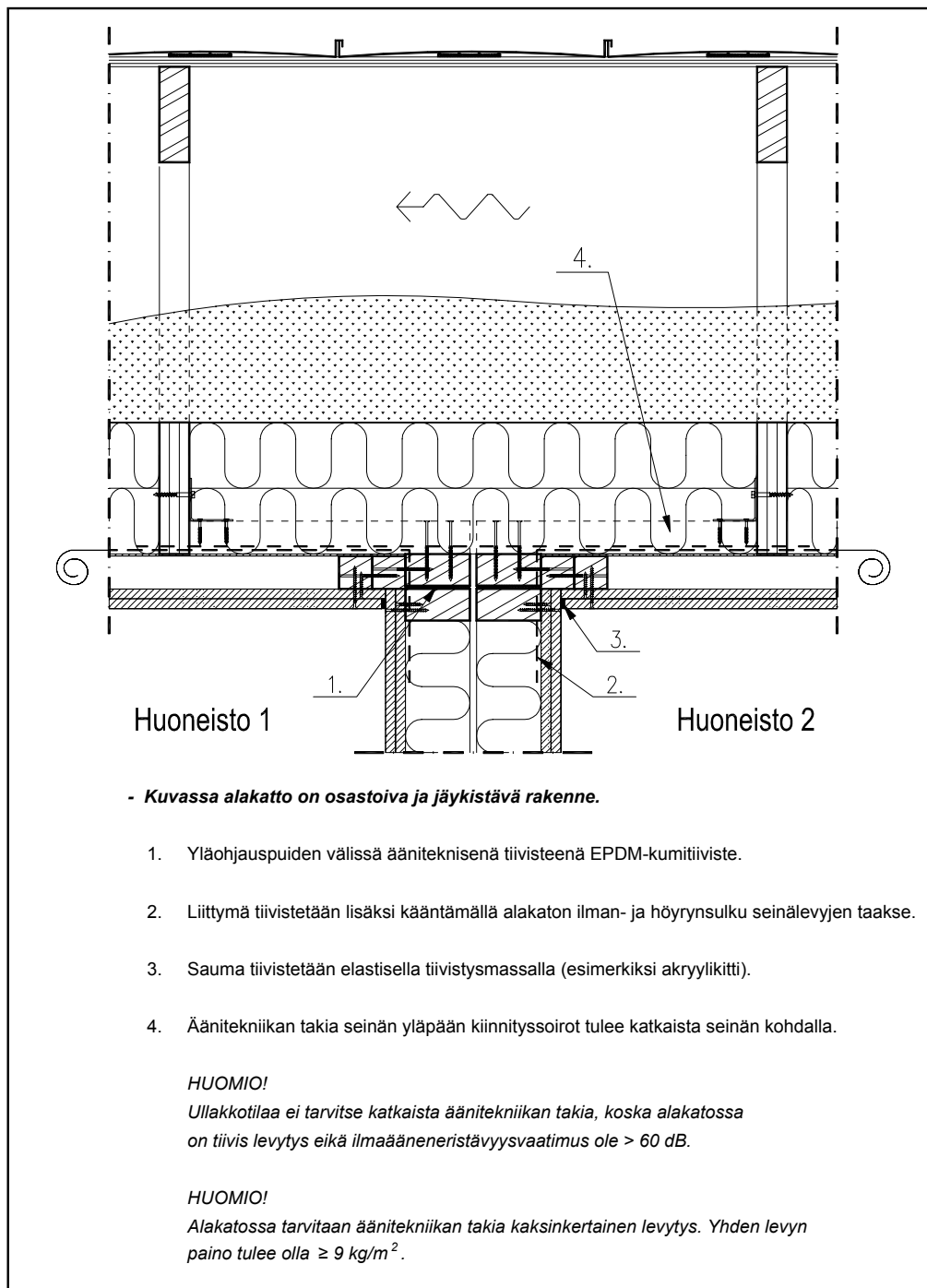
Kevyet väliseinät voidaan tehdä pintalaatan päältä.

Rakennuskohde	Työn nro.	
	Päiväys	Tarkastanut
Suunnittelija	Sisältö	
	Ulkoseinä / Puuvälipohja	

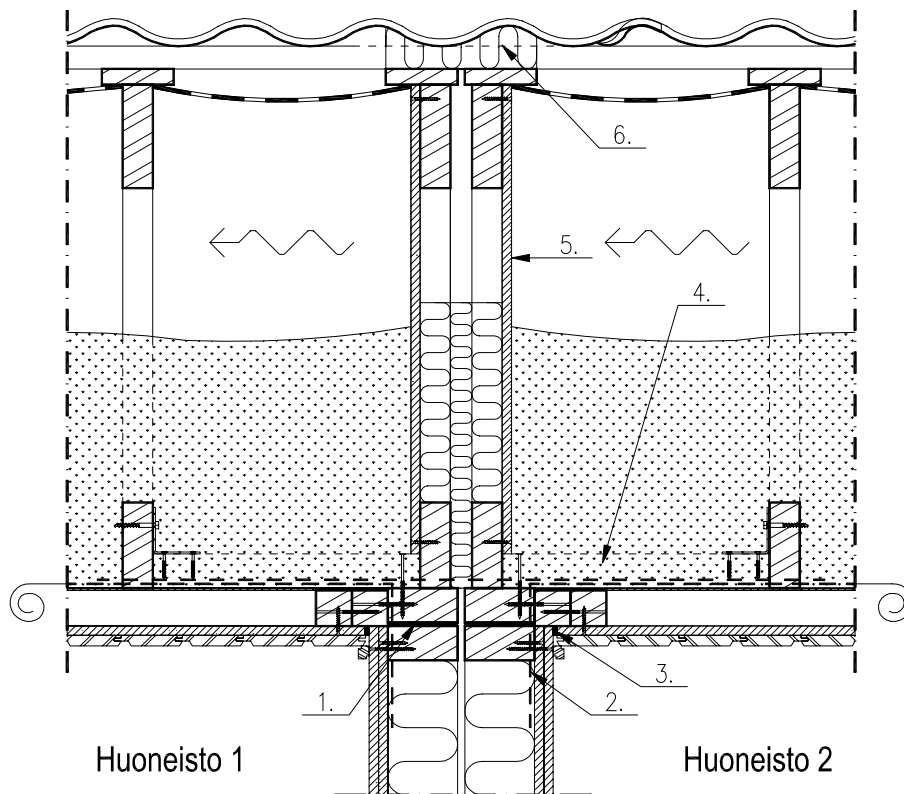


1. Alaohjauspuun alla ja yläohjauspuiden välissä ääniteknisenä tiivisteenä EPDM-kumitiiviste.
2. Liittymä tiivistetään lisäksi kääntämällä välipohjan ilmansulkupaperi seinälevyjen taakse.
3. Sauma tiivistetään elastisella tiivistysmassalla (esimerkiksi akryylikitti).
4. Ääniteknikan takia pintalaatta irroitetaan pystyrakenteista esimerkiksi polyeteenikaistalla ($t \geq 8 \text{ mm}$).
5. Jousiranka jätetään noin 10 mm irti pystyrakenteista.
6. Säume tiivistetään elastisella palonkestävällä tiivistysmassalla (esimerkiksi akryylikitti).
7. Lattiapäällyste vapaasti valittavissa.

Rakennuskohde	Työn nro.	
	Päiväys	Tarkastanut
Suunnittelija	Sisältö	
	Kaksoisrunkoseinä / Ristikkoyläpohja	



Rakennuskohde	Työn nro.	
	Päiväys	Tarkastanut
Suunnittelija	Sisältö	
	Kaksoisrunkoseinä / Ristikkoyläpohja	



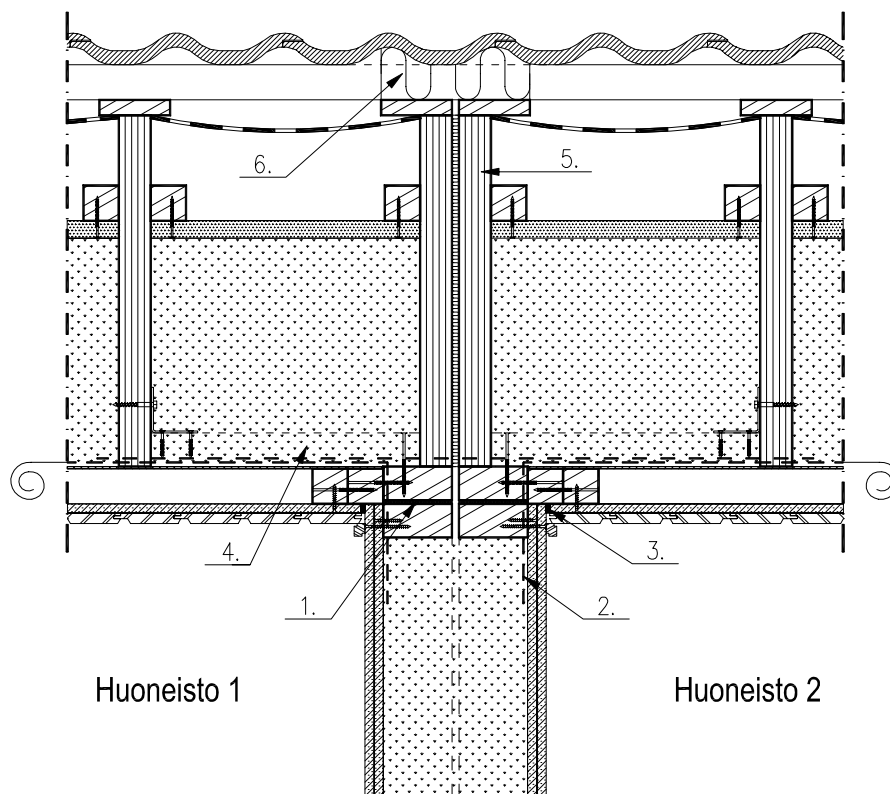
- Kuvassa alakatto on jäykistävä rakenne.

1. Yläohjauspuiden välissä ääniteknisenä tiivisteenä EPDM-kumitiiviste.
2. Liittymä tiivistetään lisäksi kääntämällä alakaton ilman- ja höyrynsulku seinälevyjen taakse.
3. Sauma tiivistetään elastisella tiivistysmassalla (esimerkiksi akryylikitti).
4. Ääniteknikan takia seinän yläpään kiinnityssoirot tulee katkaista seinän kohdalla.
5. Yläpohjan ontelon osastoiva rakenne tehdään levyrakenteisena.
6. Palokatkon ja vesikatteen välinen palotekninen tiivistys tehdään kivivillalla.

HUOMIO!

Ääniteknikan takia alakatossa tulee olla tiivis levykerros (paino $\geq 9 \text{ kg/m}^2$). Pelkkä puupaneli alakatossa on ääniteknisesti liian "harva".

Rakennuskohde	Työn nro.	
	Päiväys	Tarkastanut
Suunnittelija	Sisältö	
	Kaksoisrunkoseinä / Vino yläpohja	



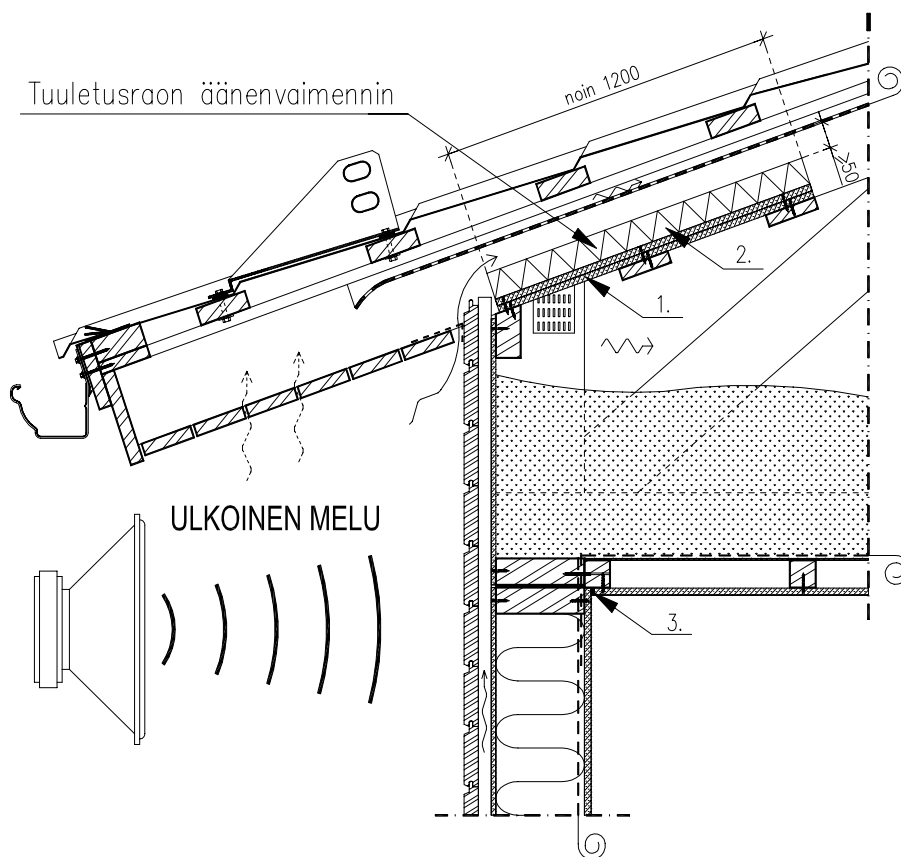
- Kuvassa alakatto on jäykistävä rakenne.

1. Yläohjauspuiden välissä ääniteknisenä tiivisteenä EPDM-kumitiiviste.
2. Liittymä tiivistetään lisäksi kääntämällä alakaton ilman- ja höyrönsulku seinälevyjen taakse.
3. Sauma tiivistetään elastisella tiivistysmassalla (esimerkiksi akryylikitti).
4. Äänitekniiikan takia seinän yläpään kiinnitysoirot tulee katkaista seinän kohdalla.
5. Yläpohjan ontelon osastoiva rakenne voidaan tehdä massiivisilla puupalkeilla.
6. Palokatkon ja vesikatteen välinen palotekninen tiivistys tehdään kivivillalla.

HUOMIO!

Äänitekniiikan takia alakatossa tulee olla tiivis levykerros (paino $\geq 9 \text{ kg/m}^2$). Pelkkä puupaneli alakatossa on ääniteknisesti liian "harva".

Rakennuskohde	Työn nro.	
	Päiväys	Tarkastanut
Suunnittelija	Sisälto	
	Tuuletusraon äänenvaimennin	

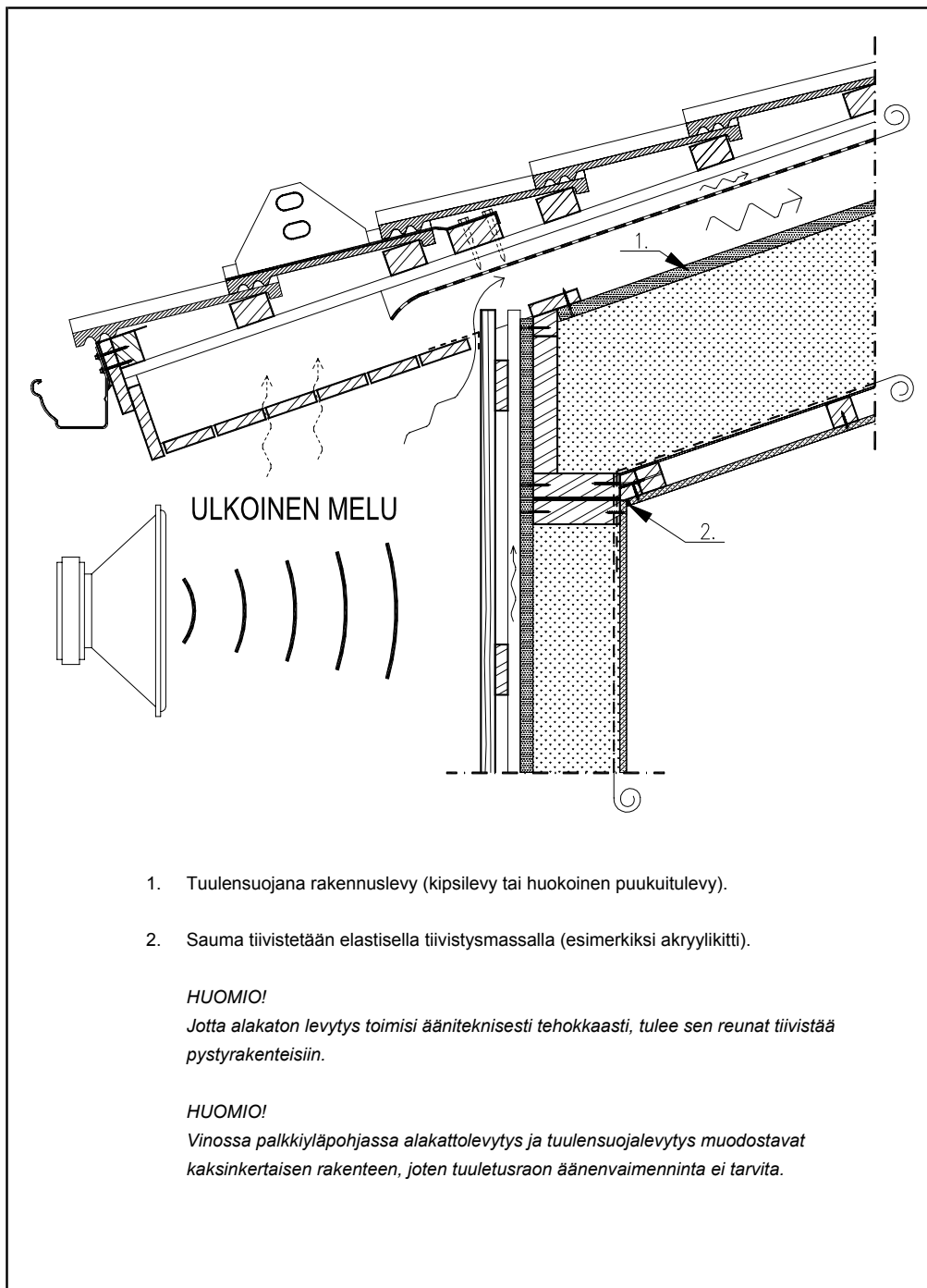


1. Äänenvaimentimessa 2 kpl rakennuslevyjä, yhden levyn paino $\geq 9 \text{ kg/m}^2$.
2. Äänenvaimentimessa kivivilla 50 mm, tiheys $\geq 40 \text{ kg/m}^3$.
3. Sauma tiivistetään elastisella tiivistysmassalla (esimerkiksi akryylikitti).

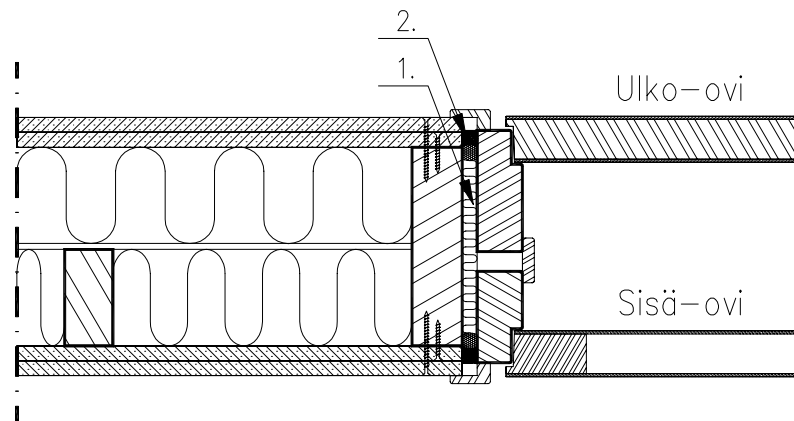
HUOMIO!

Jotta alakaton levytys toimisi ääniteknisesti tehokkaasti, tulee sen reunat tiivistää pystyrakenteisiin.

Rakennuskohde	Työn nro.	
	Päiväys	Tarkastanut
Suunnittelija	Sisältö	
	Vino palkkiyläpohja / Ulkoseinä	



Rakennuskohde	Työn nro.		
	Päiväys	Tarkastanut	
Suunnittelija	Sisältö		
	Kaksoisrunkoseinä / Huoneiston ulko-ovi		

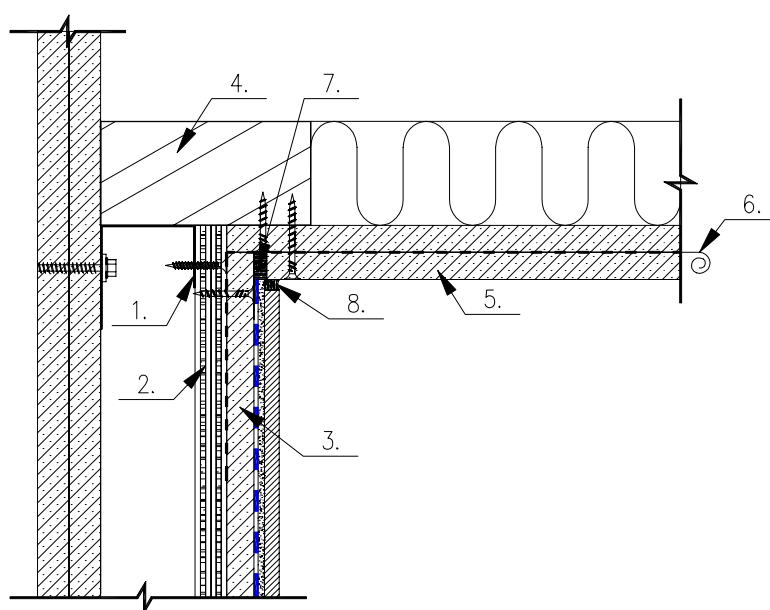


1. Ääni- ja palotekninen tiivistys tehdään kivillakaistalla.
2. Sauma tiivistetään elastisella tiivistysmassalla (esimerkiksi akryylikitti) + pohjanauha.

HUOMIO!

Oven pielessä kaksoisrunkoseinässä voidaan käyttää leveää tolppaa, jotta saadaan tukeva oven kiinnitysalusta. Leveä tolppa aiheuttaa kaksoisrunkoseinään ääniteknisesti hyvin pienen paikallisen heikennyksen. Heikennys voidaan kuitenkin hyväksyä, koska porrashuoneen vastaisen seinän äänen-eristävyyksivaatimus on alhaisempi kuin huoneistojen välisen seinän.

Rakennuskohde	Työn nro.	
	Paiväys	Tarkastanut
Suunnittelija	Sisältö	
	Märkätilan alakaton reunojen tiivistys	



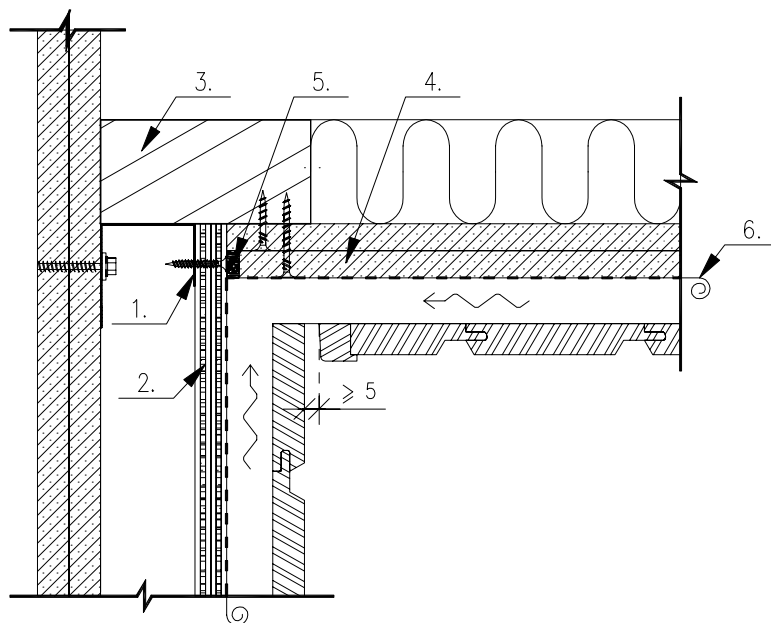
- Märkätilan alakatto tulee tiivistää pystyrakenteisiin ääni- ja kosteusteknisistä syistä.

1. Vaakakoolaus (teräsranka c-profiili), k-jako enintään 600 mm.
2. Pontattu vaneri (t = 15 mm), esimerkiksi Wisa-Kate.
3. Laatoituksen alle soveltuva rakennuslevy.
4. Alakaton koolaus.
5. Alakaton levytys.
6. Ilmansulkupaperi, käännetään seinälevyjen väliin vähintään 200 mm.
7. Sauma tiivistetään elastisella kosteuden kestäväällä tiivistysmassalla.
8. Laatoituksen sauma tiivistetään saniteettisilikonilla.

HUOMIO!

Alakatossa olevien läpivientien ja tarkastusluukkujen tulee olla yhtä tiiviitä kuin itse alakatto.

Rakennuskohde	Työn nro.	
	Päiväys	Tarkastanut
Suunnittelija	Sisältö	
	Saunan alakaton reunojen tiivistys	



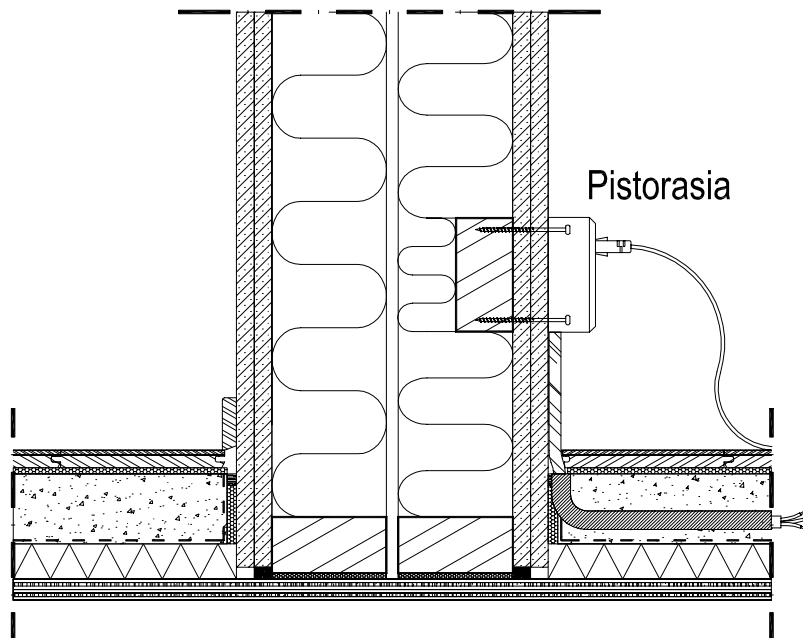
- Saunan alakatto tulee tiivistää pystyrakenteisiin ääni- ja kosteusteknisistä syistä.

1. Vaakakoolaus (teräsranka c-profiili), k-jako enintään 600 mm.
2. Pontattu vaneri (t = 15 mm), esimerkiksi Wisa-Kate.
3. Alakaton koolaus.
4. Alakaton levytys.
5. Sauma tiivistetään elastisella kosteuden kestäväällä tiivistysmassalla.
6. Alumiinipaperi (myös seinässä), limitys jatkoksissa ≥ 200 mm + teippaus alumiiniteipillä.

HUOMIO!

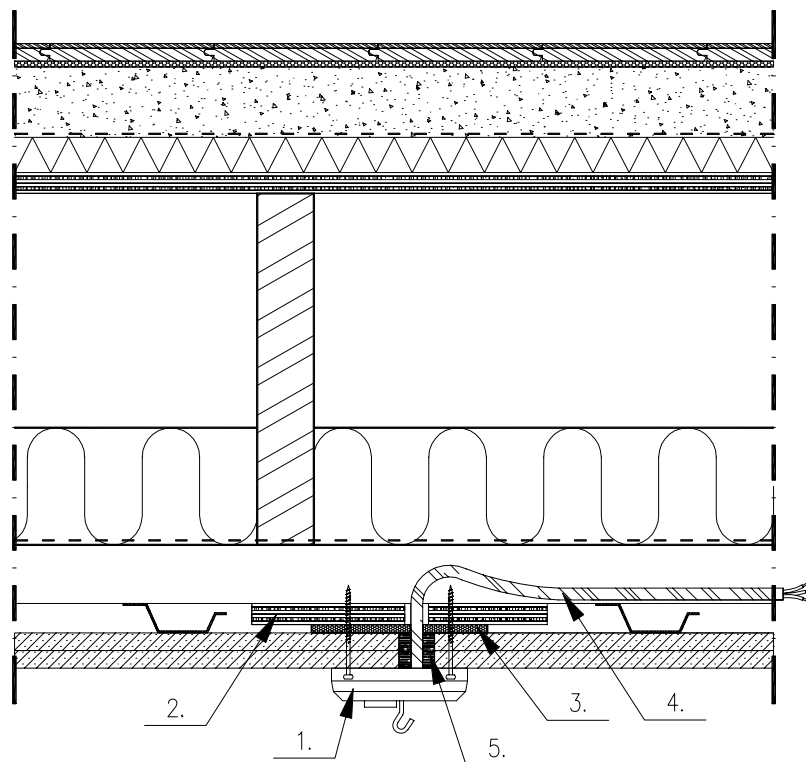
Alakatossa olevien läpivientien ja tarkastusluukkujen tulee olla yhtä tiiviitä kuin itse alakatto.

Rakennuskohde	Työn nro.		
	Päiväys	Tarkastanut	
Suunnittelija	Sisältö		
	Sähköasennukset kaksoisrunkoseinässä		



- Huoneistojen välisessä seinässä sähköasennuksen suositellaan tehtäväksi palo- ja ääniteknisistä syistä pinta-asennuksena.
- Mikäli käytetään seinään upotettuja sähkörasioita, ei niitä saa asentaa runko-puoliskoilla samaan tolppaväliin.

Rakennuskohde	Työn nro.	
	Päiväys	Tarkastanut
Suunnittelija	Sisältö	
	Sähköasennukset välipohjassa	



- Huoneistojen välisessä välipohjassa sähköasennuksen suositellaan tehtäväksi palo- ja ääniteknisistä syistä pinta-asennusrasioita käyttäen.

1. Pinta-asennettava valaisimen kiinnitysrasia
2. Valaisimen rasian kiinnitysaslustana vaneripala
3. Polyeteenikaista, jota vasten tiivistys voidaan tehdä
4. Sähköjohto
5. Läpivienti tiivistetään elastisella palonkestäväällä tiivistysmassalla (esimerkiksi akryylikitti)

HUOMIO!

Sähkörasia kytkee jousirankojen varassa olevan alakaton levytyksen koolaukseen heikentäen välipohjan ääneneristävyyttä paikallisesti. Heikennys on kuitenkin niin pieni, että se voidaan hyväksyä.

LIITE 1 Välipohjan värähtelymitoitus

1.0 Välipohjan värähtelyluokat

Välipohjat jaetaan materiaalista riippumatta värähtelyluokkiin, jonka perusteella välipohjan käyttökelpoisuus kohteessa todetaan (taulukko 1).

Välipohjan värähtely aistitaan tavallisesti keholla ja asunnossa olevien esineiden värähtelynä (lasit kilisee hyllyssä). Taulukossa 2 on esitetty värähtelyluokkien mukaiset kuvaukset välipohjan värähtelyn voimakkuuden aistimisesta.

2.0 Välipohjan värähtelyn mitoituskriteerit

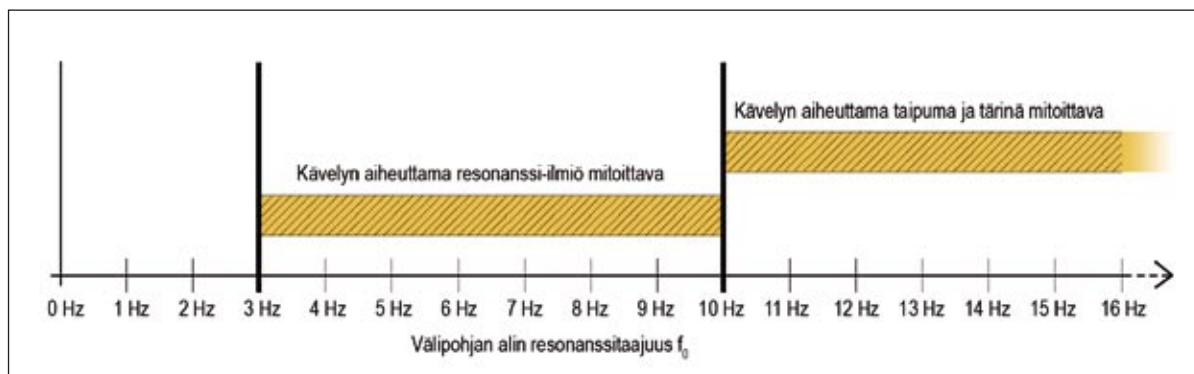
Kävelyn aiheuttama heräte on ongelmallisin välipohjan värähtelystä puhuttaessa. Kävelystä aiheutuva välipohjan värähtely voi muodostua huoneessa haitalliseksi, jos se aiheuttaa välipohjan kantavissa rakenteissa resonanssi-ilmiön tai jos kantapään isku aiheuttaa liiallista tärinää tai jos välipohja notkuu liiaksi askelten alla.

Värähtelyluokka	Sovelluskohde
A1	- Normaaliluokka huoneistosta toiseen siirtyville värähtelyille - Erikoisluokka, kun värähtelyn aiheuttaja on samassa huoneistossa
B2	- Alempi luokka huoneistosta toiseen siirtyville värähtelyille - Ylempi luokka asuin- ja toimistorakennuksille, kun värähtelyn aiheuttaja on samassa huoneistossa
C3	- Normaaliluokka asuin- ja toimistorakennuksille, kun värähtelyn aiheuttaja on samassa huoneistossa
D4	- Alempi luokka asuinrakennuksille, kun värähtelyn aiheuttaja on samassa huoneistossa - Esim. omakotitalojen ullakot tai vapaa-ajan asunnot
E5	- Luokka, jolle ei ole asetettu rajoituksia

Taulukko 1. Välipohjien värähtelyluokat.

Värähtelyn aistittavuus kehon avulla		Värähtelyn aistittavuus esineiden värähtelyn avulla	
A	- Värähtely ei yleensä ole havaittavaa	1	- Astioiden kilinä ei esiinny - Kasvien lehtien heilumista ei yleensä esiinny
B	- Värähtely on juuri havaittavaa	2	- Astioiden kilinä ei yleensä esiinny - Kasvien lehtien heiluminen on juuri havaittavaa
C	- Värähtely on havaittavaa	3	- Astioiden kilinä juuri havaittavaa - Kasvien lehtien heiluminen on havaittavaa
D	- Värähtely on selvästi havaittavaa	4	- Astioiden kilinä on selvästi havaittavaa - Kasvien lehtien heiluminen on selvästi havaittavaa

Taulukko 2. Kuvaus välipohjan värähtelyn voimakkuudesta.



Kuva 1. Välipohjan resonanssitaajuuden vaikutus mitoituskriteeriin

2.1 Kiihtyvyysskriteeri

Välipohjanvärähtelymitoituksessa resonanssi-ilmiötä pidetään mitoittavana tekijänä, mikäli välipohjan alin resonanssitaajuus on alle 10 Hz. Tämä johtuu siitä, että kävely aiheuttaa välipohjassa resonanssi-ilmiön (kävely < 10 Hz ja välipohjan f_0 < 10 Hz). Resonanssi-ilmiön minimoimiseksi välipohjan alimman resonanssitaajuuden tulee aina olla vähintään 3 Hz. Mikäli välipohjan alin resonanssitaajuus on yli 10 Hz, niin välipohjan notkuminen ja värinä muodostuvat mitoittavaksi tekijöiksi. Tämä johtuu siitä, että kävely ei pysty aiheuttamaan välipohjassa resonanssi-ilmiötä (kävely < 10 Hz ja välipohjan f_0 > 10 Hz).

Kun ollaan taajuusalueella, jossa resonanssi-ilmiö on mitoittava, määritetään välipohjan värähtelyn hyväksyttävyys kiihtyvyysehdon perusteella. Välipohjan kiihtyvyydellä tarkoitetaan sitä, että välipohjaan kohdistuva impulssi (esimerkiksi kävely) saa välipohjan kantavat rakenteet värähtelemään tietyllä nopeudella v [m/s]. Välipohjasta riippuen värähtelyn nopeudella on tietty alkuarvo, josta värähtely alkaa kiihtymään. Mitä korkeampi värähtelyn nopeuden alkuarvo on, sitä nopeammin välipohja saavuttaa värähtelyn maksimiarvonsa.

2.2 Taipumakriteeri

Kun ollaan taajuus alueella, jossa kantavien rakenteiden taipuma on mitoittava, määritetään välipohjan värähtelyn hyväksyttävyyys taipumaehdon perusteella. Taipumaehdolla tarkoitetaan sitä, että välipohjapalkin jännevälin keskelle asetetun 1 kN:n pistekuorma ei saa aiheuttaa liian suurta taipumaa. Mikäli välipohja tukeutuu pääkannattimiin, tulee taipumaan lisätä pääkannattimien taipuma. Tällöin koko systeemin taipuma ei saa ylittää taipumarajaa. Sama koskee myös välipohjan kannen tai kelluvan pintalaatan paikallista taipumaa. Tavallisesti välipohjapalkisto on kuitenkin niin tiheä (≤ 600 mm), että välipohjan kannen tai pintalaatan taipumaa ei tarvitse huomioida taipumaehto tarkastettaessa.

3.0 Mitoituskriteerien raja-arvot

Taulukossa 3 on esitetty välipohjan kiihtyvyysskriteerin ja taipumarajan raja-arvot välipohjan värähtelyluokasta riippuen. Taulukon 3 raja-arvoja voidaan korottaa kertoimella k_L , joka määritetään kaavalla 1. Kertoimella k_L otetaan huomioon se, että pienissä tiloissa asukkaiden kävelynopeus on keskimäärin pienempi kuin suurissa tiloissa.

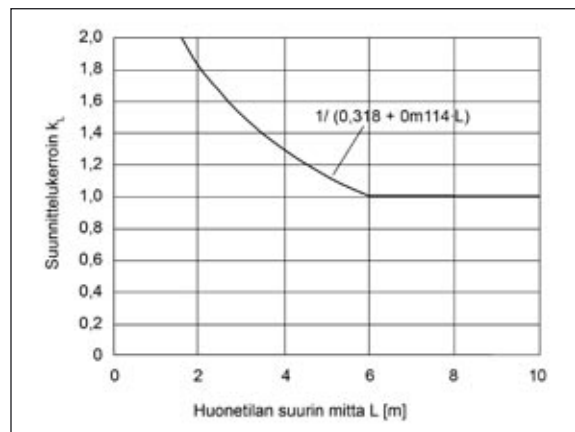
Kaava 1

$$k_L = \frac{1}{0,318 + 0,114L}$$

Kaavassa 1

k_L = hyväksymiskriteerin korotuskerroin
 L = palkkien jänneväli [m]

Kertoimen k_L riippuvuus huoneen lattian suurimmasta mitasta on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Kertoimen k_L riippuvuus huoneen koosta (Rakentajain kalenteri 2003).

Värähtelyluokka	Kiihtyvyysskriteeri	Taipumakriteeri
A	$a \leq 0,03 \text{ m/s}^2$	$\omega \leq 0,12 \text{ mm}$
B	$a \leq 0,05 \text{ m/s}^2$	$\omega \leq 0,25 \text{ mm}$
C	$a \leq 0,075 \text{ m/s}^2$	$\omega \leq 0,5 \text{ mm}$
D	$a \leq 0,12 \text{ m/s}^2$	$\omega \leq 1,0 \text{ mm}$
E	$a > 0,12 \text{ m/s}^2$	$\omega > 1,0 \text{ mm}$

Taulukko 3. Raja-arvot välipohjan kiihtyvyydelle ja taipumalle.

4.0 Puuvälipohjan värähtelyn mitoituskriteerit

Alimman resonanssitaajuuden 10 Hz kohdalla välipohjan värähtelyn mitoituskriteeri siis vaihtuu ja tämän takia rajakohdassa saattaa esiintyä tapauksia, joissa ei ole selvää kumpi mitoituskriteeri on määräävä. Puuvälipohjien alimmat resonanssitaajuudet ovat yleensä korkeita ja värähtelyä tutkittaessa joudutaan helposti 10 Hz:n rajakohtaan, jossa mitoituskriteeri vaihtuu. Tämän takia puuvälipohjassa tulee tarkastaa sekä kiihtyvyyuskriteeri, että taipumaehto.

5.0 Välipohjan alimman resonanssitaajuuden määrittäminen

Mikäli välipohja tukeutuu joustamattomiin pystyrakenteisiin, kuten esimerkiksi seinään, voidaan välipohjan alin resonanssitaajuus määrittää kaavalla 2.

Kaava 2

$$f_{0,L} = \frac{\pi}{2L^2} \sqrt{\frac{(EI)_L}{m}}$$

Kaavassa 2

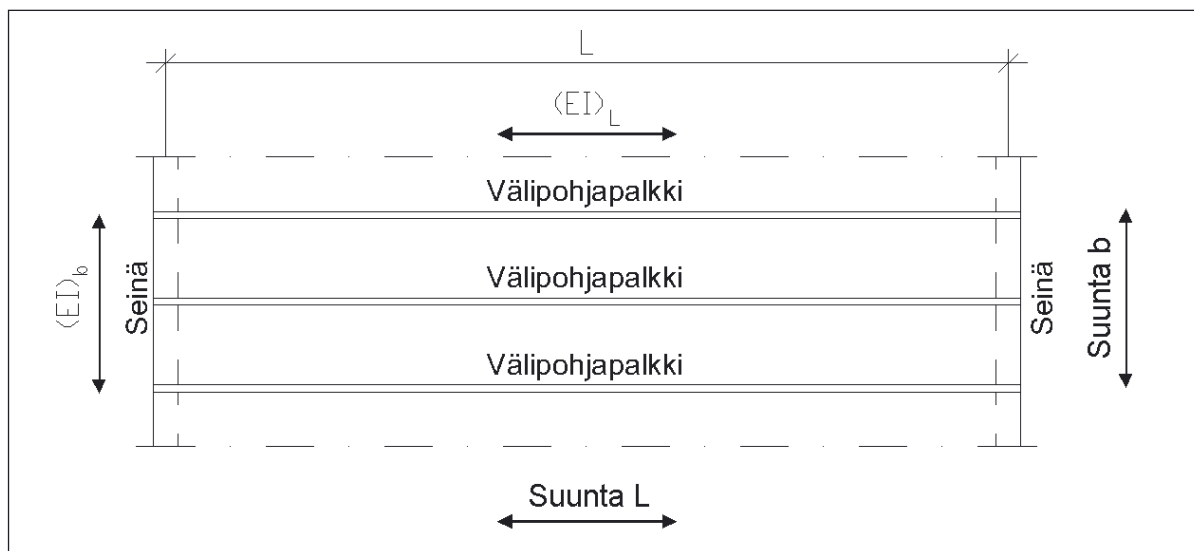
$f_{0,L}$ = välipohjan alin resonanssitaajuus [Hz]

L = välipohjapalkin jänneväli [m]

$(EI)_L$ = välipohjan taivutusjäykkyys suunnassa L metrin levyistä kaistaa kohti [Nm^2/m]

m = välipohjan paino + hyötykuorma 30 kg/m^2 [kg/m^2]

Mikäli välipohja tukeutuu pääkannattimiin, voidaan välipohjasysteemin alin resonanssitaajuus määrittää kaavalla 3.



Kuva 3. Välipohjapalkit tukeutuvat seiniin.

Kaava 3

$$f_0 = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{f_{0,L}^2} + \frac{1}{f_{0,D}^2}}}$$

Kaavassa 3

 $f_{0,L}$ = määritetään kaavalla 2 [Hz]

 $f_{0,D}$ = määritetään kaavalla 4 [Hz]

Kaava 4

$$f_{0,D} = \frac{\pi}{2D^2} \sqrt{\frac{(EI)_D}{m}}$$

Kaavassa 4

 $f_{0,D}$ = pääkannattimen alin resonanssitaajuus [Hz]

 D = pääkannattimen jänneväli [m]

 $(EI)_D$ = pääkannattimien ja välipohjan kansirakenteen yhteinen taivutusjäykkyys suunnassa D metrin levyistä kaistaa kohti [Nm²/m]

 m = välipohjanpaino + hyötykuorma 30 kg/m² [kg/m²]

6.0 Välipohjan kiihtyvyysskriteerin tutkiminen

Välipohjan kiihtyvyyssamplitudin suuruus voidaan arvioida kaavalla 5.

Kaava 5

$$a_{\max} = \frac{R \times P}{W \times \zeta} \times 0,83 \times e^{-0,35 f_0}$$

Kaavassa 5

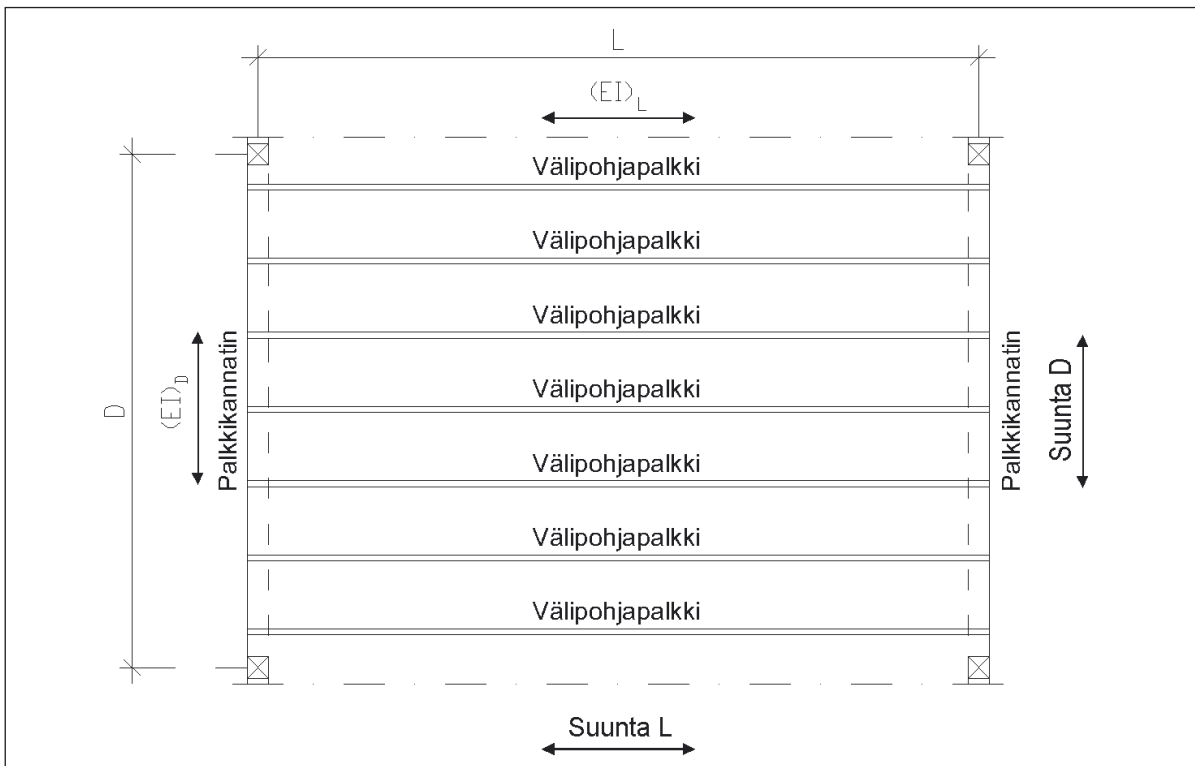
 $a_{\max}$ = kiihtyvyyssamplitudin suuruus [m/s²]

 R = vakio 0,7

 P = 800 N (kävelijän paino)

 ζ = 0,03 (yleensä) ja 0,02 (välipohjassa ei-kantavia rakenteita, kuten väliseinät, alakatot, kanavat, huonekalut jne.)

 f_0 = välipohjan alin resonanssitaajuus [Hz]

 W = määritetään kaavalla 6, kun välipohja tukeutuu joustamattomiin tukiin (kantavat seinät) ja määritetään kaavalla 8, kun välipohja tukeutuu pääkannattimiin


Kuva 4. Välipohjapalkit tukeutuvat pääkannattimiin.

Kaava 6

$$W = m \times g \times b_{\text{eff}} \times L$$

Kaavassa 6

W = värähtelyssä mukana oleva välipohjan tehollinen paino [N]

m = välipohjan paino + hyötykuorma 30 kg/m² [kg/m²]

g = maan vetovoiman kiihtyvyys (9,81 m/s²)

b_{eff} = määritetään kaavalla 7.

L = välipohjapalkin jänneväli [m] (ks. kuva 3)

Kaava 8

$$W = \frac{W_L}{1 + \frac{f_{0,L}^2}{f_{0,D}^2}} + \frac{W_D}{1 + \frac{f_{0,D}^2}{f_{0,L}^2}}$$

Kaavassa 8

W = värähtelyssä mukana oleva välipohjan tehollinen paino [N]

$W_L = W$, joka määritetään kaavalla 6 [N]

W_D = määritetään kaavalla 9 [N]

$f_{0,L}$ = määritetään kaavalla 2 [Hz]

$f_{0,D}$ = määritetään kaavalla 4 [Hz]

Kaava 7

$$b_{\text{eff}} = 2,0 \left[\frac{(EI)_b}{(EI)_L} \right]^{0,25} \times L \quad b_{\text{eff}} \leq \frac{2}{3} \times b$$

Kaavassa 7

b_{eff} = värähtelevän alueen tehollinen leveys [m]

$(EI)_L$ = välipohjan taivutusjäykkyys suunnassa L metrin levyistä kaistaa kohti [Nm²/m] (ks. kuva 3)

$(EI)_b$ = välipohjan taivutusjäykkyys suunnassa b metrin levyistä kaistaa kohti [Nm²/m] (ks. kuva 3)

L = välipohjapalkin jänneväli [m] (ks. kuva 3)

b = välipohjan leveys suunnassa b (ks. kuva 3)

Kaava 9

$$W_D = m \times g \times L_{\text{eff}} \times D$$

Kaavassa 9

W_D = värähtelyssä mukana oleva välipohjan tehollinen paino [N]

m = välipohjan paino + hyötykuorma 30 kg/m² [kg/m²]

g = maan vetovoiman kiihtyvyys (9,81 m/s²)

L_{eff} = määritetään kaavalla 10 [m]

D = pääkannattimen jänneväli [m] (ks. kuva 4)

Kaava 10

$$L_{\text{eff}} = 1,6 \left[\frac{(EI)_L}{(EI)_D} \right]^{0,25} \times D \quad L_{\text{eff}} \leq \frac{2}{3} \times L$$

Kaavassa 10

L_{eff} = värähtelevän alueen tehollinen leveys [m]

$(EI)_L$ = välipohjan taivutusjäykkyys suunnassa L

metrin levyistä kaistaa kohti [Nm²/m] (ks. kuva 4)

$(EI)_D$ = pääkannattimien ja välipohjan kansirakenteen yhteinen taivutusjäykkyys suunnassa D metrin levyistä kaistaa kohti [Nm²/m] (ks. kuva 4)

L = välipohjapalkin jänneväli [m] (ks. kuva 4)

7.0 Välipohjan taipumakriteerin tutkiminen

Välipohjan taipuman suuruus voidaan arvioida kaavalla 11. Mikäli laatan taipuma on suurempi kuin yksittäisen palkin taipuma, käytetään vertailuarvona yksittäisen palkin taipumaa.

Kaava 11

$$\omega_{laatu} = \gamma \frac{FL^2}{(EI)_L} \leq \omega_{palkki} = \frac{FL^3}{48s(EI)_L}$$

Kaavassa 11

ω = taipuman suuruus [m]

γ = määritetään kaavalla 12

$F = 1000 \text{ N}$

L = välipohjapalkin jänneväli [m] (ks. kuva 3)

$(EI)_L$ = välipohjan taivutusjäykkyys suunnassa L
metrin levyistä kaistaa kohti [Nm^2/m] (ks. kuva 3)

s = välipohjapalkkien k -jako [m]

Kaava 12

$$\gamma = \frac{1}{42 \left[\frac{(EI)_b}{(EI)_L} \right]^{0,25}}$$

Kaavassa 12

γ = kerroin

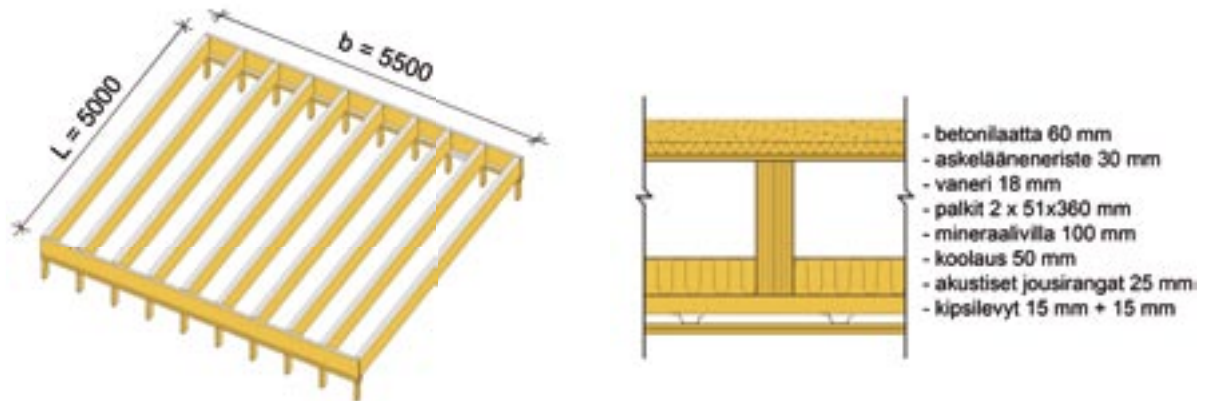
$(EI)_L$ = välipohjan taivutusjäykkyys suunnassa L
metrin levyistä kaistaa kohti [Nm^2/m] (ks. kuva 3)

$(EI)_b$ = välipohjan taivutusjäykkyys suunnassa b
metrin levyistä kaistaa kohti [Nm^2/m] (ks. kuva 3)

Mikäli välipohja tukeutuu pääkannattimiin, tulee pääkannattimien taipuma lisätä välipohjan taipumaan.

Esimerkki

Tehdään huoneistojen välisen välipohjan värähtelytarkastelut. Tavoitteena C3-luokan lattia ($\alpha \leq 0,075 \text{ m/s}^2$ ja $\omega \leq 0,5 \text{ mm}$). Laskelmassa ei huomioida betonilaatan vaikutusta kansirakenteen b -suuntaiseen jäykkyyteen eikä huoneen koosta johtuvaa korotuskerrointa k_L .



- Välipohjan omapaino on 235 kg/m^2 .
- Kansivaneria ei huomioida liittorakenteiseksi palkiston kanssa.
- Palkit Kerto-S 2x 51x360 k600 ($E=13520 \text{ N/mm}^2$, aikalk. C, kost.lk. 1, $I_x=396,5 \times 10^6 \text{ mm}^4 \rightarrow 660,8 \times 10^6 \text{ mm}^4/\text{m}$).
- Palkiston päällä havuvaneri 18/6-3 ($E \approx 10000 \text{ N/mm}^2$, aikalk. C, kost.lk. 1, $I_x=486 \times 10^3 \text{ mm}^4$).

1. Välipohjan jäykkyys

$$(EI)_L = 13520 \text{ N/mm}^2 \times 660,8 \cdot 10^6 \text{ mm}^4/\text{m} = 8,93 \cdot 10^6 \text{ Nm}^2/\text{m}$$

$$(EI)_b = 10000 \text{ N/mm}^2 \times 486 \cdot 10^3 \text{ mm}^4/\text{m} = 4860 \text{ Nm}^2/\text{m}$$

2. Välipohjan alin resonanssitaajuus

$$f_{0,L} = \frac{\pi}{2 \times 5,0^2 \text{ m}} \sqrt{\frac{8,93 \cdot 10^6 \text{ Nm}^2/\text{m}}{265 \text{ kg/m}^2}} \approx 12 \text{ Hz} \quad (\text{välipohjan painossa hyötykuormaa } 30 \text{ kg/m}^2)$$

3. Kiihtyvyysehto

$$b_{\text{eff}} = 2,0 \left[\frac{4860 \text{ Nm}^2/\text{m}}{8,93 \cdot 10^6 \text{ Nm}^2/\text{m}} \right]^{0,25} \times 5,0 \text{ m} = 1,5 \text{ m} < \frac{2}{3} \times 5,5 \text{ m OK!}$$

$$W = 265 \text{ kg/m}^2 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 1,5 \text{ m} \times 5 \text{ m} = 19497,3 \text{ N} \quad (\text{välipohjan painossa hyötykuormaa } 30 \text{ kg/m}^2)$$

$$a_{\text{max}} = \frac{0,7 \times 800 \text{ N}}{19497,3 \text{ N} \times 0,03} \times 0,83 \times e^{-0,35 \times 12 \text{ Hz}} = 0,01 \text{ m/s}^2 < 0,075 \text{ m/s}^2 \text{ OK!}$$

4. Taipumaehto

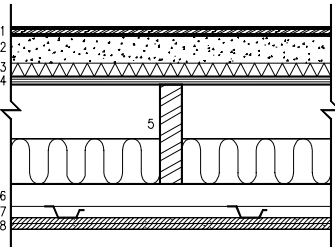
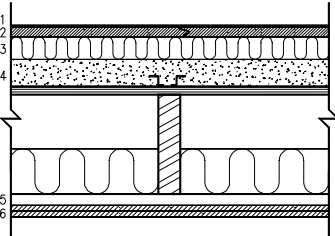
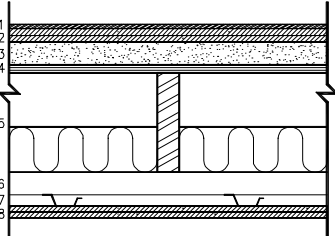
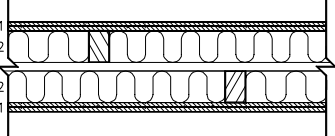
$$\gamma = \frac{1}{42 \left[\frac{4860 \text{ Nm}^2/\text{m}}{8,93 \cdot 10^6 \text{ Nm}^2/\text{m}} \right]^{0,25}} = 0,16$$

$$\omega_{\text{laatta}} = 0,16 \times \frac{1000 \text{ N} \times 5^2 \text{ m}}{8,93 \cdot 10^6 \text{ Nm}^2/\text{m}} = 0,45 \text{ mm} \leq 0,5 \text{ mm OK!} \quad \omega_{\text{palkki}} = \frac{1000 \text{ N} \times 5^3 \text{ m}}{48 \times 0,6 \text{ m} \times 8,93 \cdot 10^6 \text{ Nm}^2/\text{m}} = 0,49 \text{ mm OK!}$$

LIITE 2

Seuraavassa on esitetty ääneneristävyyden mittaustuloksia (ilmääneneristysluku R'_w ja askeläänitasoluku $L'_{n,w}$), joistakin Suomeen rakennetuista puukerrostaloista. Mittaukset on tehty valmiissa rakennuksessa tilojen välille.

Taulukossa on esitetty myös ilmaäänenspektrisovitusstermi $C_{50-3150}$ Hz ja askeläänenspektrisovitusstermi $C_{1,50-2500}$ Hz, jotka lisätään mitattuun dB-arvoon. Kyseisellä termillä huomioidaan rakenteen kykyä eristää matalia äänentaajuuksia. Spektrisovitusstermejä ei tarvitse huomioida, kun määritetään rakentamismääräysten vaatimaa ääneneristävyyttä tilojen välille. Rakenteiden toimivuuden varmistamiseksi myös matalilla taajuuksilla, tässä opaskirjassa suositellut ratkaisut on valittu siten, että ne täyttävät Suomen Rakentamismääräyskokoelman vaatimukset myös spektrisovitusstermit huomioiden.

Rakennuskohteissa tehtyjen ääneneristävyysmittauksien tuloksia		
Rakenne		Mittaustulos
 Huoneistojen välinen välipohja - Parketti tai muovimatto - Betonilaatta 60 mm - Mineraalivilla 30-50 mm - Havuvaner - Puupalkit tai ristikot + Mineraalivilla - Koolaus 48x47 - Akustiset jousirangat 2x kipsikartonkilevy 13 mm tai 1x palosuojakipsikartonkilevy 15 mm		Kohde 1: $L'_{n,w} = 43$ dB; ($C_{1,50-2500}$ Hz = 4 dB) Kohde 1: $R'_{w} = 65$ dB; ($C_{50-3150}$ Hz = -4 dB) Kohde 2: $L'_{n,w} = 48$ dB; ($C_{1,50-2500}$ Hz = 1 dB) Kohde 2: $L'_{n,w} = 47$ dB; ($C_{1,50-2500}$ Hz = 2 dB) Kohde 2: $L'_{n,w} = 49$ dB; ($C_{1,50-2500}$ Hz = 0 dB) Kohde 3: $L'_{n,w} = 50$ dB; ($C_{1,50-2500}$ Hz = 2 dB) Kohde 3: $L'_{n,w} = 46$ dB; ($C_{1,50-2500}$ Hz = 3 dB)
 Huoneistojen välinen välipohja - Parketti tai muovimatto - Levylattia - Mineraalivilla 30-50 mm - Puu-betoni-liittolaatta + Mineraalivilla - Akustiset jousirangat 2x kipsikartonkilevy 13 mm tai 1x palosuojakipsikartonkilevy 15 mm		Kohde 4: $L'_{n,w} = 49$ dB; ($C_{1,50-2500}$ Hz = 3 dB) Kohde 4: $L'_{n,w} = 44$ dB; ($C_{1,50-2500}$ Hz = 5 dB) Kohde 4: $L'_{n,w} = 45$ dB; ($C_{1,50-2500}$ Hz = 5 dB) Kohde 4: $R'_{w} = 66$ dB; ($C_{50-3150}$ Hz = -7 dB) Kohde 4: $R'_{w} = 67$ dB; ($C_{50-3150}$ Hz = -9 dB)
 Huoneistojen välinen välipohja - Parketti tai muovimatto - Levylattia - Hiekka 50 mm - Havuvaner - Puupalkit + Mineraalivilla - Koolaus 48x47 - Akustiset jousirangat 2x kipsikartonkilevy 13 mm		Kohde 5: $L'_{n,w} = 48$ dB; ($C_{1,50-2500}$ Hz = 3 dB)
 Huoneistojen välinen väliseinä 2x kipsikartonkilevy 13 mm - Tolpparunko¹⁾ k600 + Mineraalivilla - Rako ¹⁾ Tolpan koko vähintään 45x70.		Kohde 6: $R'_{w} = 64$ dB; ($C_{50-3150}$ Hz = -6 dB) Kohde 7: $R'_{w} = 62$ dB; ($C_{50-3150}$ Hz = -5 dB) Kohde 8: $R'_{w} = 63$ dB; ($C_{50-3150}$ Hz = -3 dB) Kohde 8: $R'_{w} = 62$ dB; ($C_{50-3150}$ Hz = -4 dB)

$C_{1,50-2500}$ Hz = taajuusalueella 50-2500 Hz määritetyt askeläänenspektrisovitusmerkit.

$C_{50-3150}$ Hz = taajuusalueella 50-3150 Hz määritetyt ilmaäänenspektrisovitusmerkit.

Lähteet

Borelius J. - Lampio E. - Pesonen K. - Jauhiainen T. - Nuotio J. - Pyykkö I. 1982. Akustiikan perusteet. Insinööritieto Oy.

Gyproc Oy 2003. Gyproc Kevytrakennekäsikirja. Helsinki

Gyproc Oy 1992. Gyproc äänikirja. Helsinki.

Halme, A. 1976. Rakennus ja huoneakustiikka, Meluntorjunta. Espoo: Otakustantamo 378.

Heinonen, R. - Parmanen, J. - Sipari, P. 1998. Acoustic properties of wooden floor slabs. VTT, VTT Publications: 345. Espoo.

Parmanen, J. - Sipari P. 2000. Puukerrostalon ääneneristävyys todellisuudessa - Johtopäätöksiä mittauksista ja haastatteluista VTT Rakennustekniikka. Sisäinen raportti Nro RTE13-IR-26/2000.

Puurunkoisen asuinrakennuksen ääneneristävyyden suunnitteluohje 2000. Projekt: Puukerrostalon ääneneristävyys todellisuudessa osaraportti. VTT Rakennustekniikka. Espoo.

Rakentajain kalenteri 2003.

RT-kortti LVI 12-10237. Vesikeskuslämmityksen äänitekkinen suunnittelu ja äänenvaimennus.

RT-kortti LVI 20-10328. Vesi- ja viemärlaitteiden äänitekkinen suunnittelu ja äänenvaimennus. 2001.

RT-kortti 2003 R-36637. Lastulevyt.

RT-kortti 2000 R-35935. Sasmox-rakennuslevyt.

Suomen rakennusinsinöörien liitto 2003. RIL 129. Ääneneristuksen toteuttaminen.

TEKES-projekti "Puukerrostalon ääneneristävyys todellisuudessa"(1998 – 2000)

Uponor Suomi Oy 2001. Uponor HTP/dB-käsikirja.

Ympäristöministeriö 1998. RakMK C1 Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa. Määräykset ja ohjeet 1998.

Ympäristöministeriö 2003. Ympäristöopas 108, Rakennuksen julkisivun ääneneristävyyden mitoittaminen. Helsinki.



ÄÄNENERISTYS PUUTALOSSA

Puurakenteiset seinät ja välipohjat ovat painoltaan kevyitä. Siksi puurakenteiden hyvä ääneneristävyys toteutetaan eri periaatteilla kuin esim. raskaiden kivirakenteiden. Massiivisuuden sijaan puurakenteet ovat monikerroksellisia ja levypintaisia. Oikein suunnitelluilla ja toteutetuilla puurakenteilla voidaan täyttää korkeatkin ääneneristysvaatimukset.

Tämän ohjeen tarkoituksena on esittää kuinka nykyiset asuinrakennuksen ääneneristävyysvaatimukset toteutetaan levypintaisilla puurankarakenteilla. Ohjeen alussa esitetään äänitekniikan perusteoriaa liittyen lähinnä kaksinkertaisiin levypintaisiin rakenteisiin. Lisäksi ohjeessa esitetään muun muassa LVIS-laitteiden ääneneristämisperiaatteet puurunkoisessa asuinrakennuksessa ja rakennuksen ulkovaipan ääneneristävyuden määrittäminen. Ohjeen loppuun on kerätty rakennetyyppejä ja rakennedetaljeja, joilla voidaan täyttää RakMK:n osan C1 asuinrakennuksille määrittelemät ääneneristävyysvaatimukset.

Ohje on suunnattu rakennesuunnittelijoille, mutta se soveltuu tietolähteeksi myös rakennuttajille, arkkitehdeille ja viranomaisille.

Ohjeen on teettänyt Wood Focus Oy.