ÄÄNENERISTYS PUUTALOSSA

Tero Lahtela
Mikko Kylliäinen
Jesse Lietzén
Ville Kovalainen
Lauri Talus

2021

PUUINFO

ALKUSANAT

Ääneneristys puutalossa -ohjeeseen on koottu puurakennuksen ääneneristävyyden suunnittelussa tarvittava keskeinen tieto. Tarkoituksena on antaa käytännönläheisiä ohjeita ääneneristävyyden suunnitteluun ja havainnollistaa puurakenteisten rakennusosien akustista toimintaa. Ohjeessa käsitellään nykyisin käytössä olevia puurakennusten rakennusjärjestelmiä niin rankarakenteiden kuin massiivipuurakenteiden näkökulmasta. Ohje sisältää 1.1.2018 voimaan astuneen ympäristöministeriön asetuksen 796/2017 määräykset rakennuksen ääniympäristöstä sekä 1.4.2019 voimaan astuneessa ympäristöministeriön asetuksessa 360/2019 esitetyt muutokset.

Ääneneristys puutalossa -ohje on tarkoitettu arkkitehti-, rakenne- ja talotekniikkasuunnittelijoille suunnittelun apuvälineeksi, jolla ohjataan oikeanlaisten suunnitteluratkaisujen käyttöön jo esisuunnitteluvaiheessa. Tällä vähennetään uudelleensuunnittelua myöhemmissä vaiheissa ja poistetaan rakennusvirheitä. Ääneneristys puutalossa -ohje soveltuu hyvin myös opetusmateriaalina käytettäväksi alan oppilaitoksissa.

Tässä teoksessa rakennusosien yhteydessä esitetyt ääneneristävyyden lukuarvot ovat suuntaa-antavia ja laskennallisia eikä niitä täten voida sellaisenaan käyttää suunnitelmissa. Tämä johtuu siitä, että yksittäisen rakennusosan ääneneristävyyden lukuarvot eivät yksin kerro tilojen välisestä ääneneristävyydestä, koska rakenteelliset sivutiesiirtymät vaikuttavat ääneneristävyyteen merkittävästi. Sivutiesiirtymien vaikutus korostuu erityisesti puurakentamisessa, koska puurakennusjärjestelmiä on paljon ja jokaisessa niistä käytetään erilaisia rakennusosien liittymiä ja liitoselimiä. Edellisistä johtuen rakennuskohteen lopulliset suunnitteluratkaisut määritellään aina yhteistyössä akustiikkasuunnittelijoiden kanssa. Akustiikkasuunnittelija tulisi olla mukana kohteen suunnittelussa jo hyvin varhaisessa vaiheessa.

Tämän teoksen käsikirjoituksen on laatinut rakennusinsinööri Tero Lahtela. Teoksen tarkastuksen ja siinä esitetyt rakennusosien ääneneristävyyden laskennalliset tarkastelut on tehnyt TkT Mikko Kylliäinen, DI Jesse Lietzén, DI Ville Kovalainen ja TkK Lauri Talus. Työn on rahoittanut Rakennustuotteiden Laatu Säätiö sr sekä ympäristöministeriö. Parhaat kiitokset kaikille hankkeeseen osallistuneille ja sitä edistäneille.

Helsingissä toukokuussa 2021
Anu Turunen
projektipäällikkö, Puuinfo

Julkaisija ja kustantaja	Puuinfo Oy, Snellmaninkatu 13, 00170 Helsinki p. 010 212 7670, info@puuinfo.fi
Käsikirjoitus ja piirrokset	Insinööritoimisto Lahtela Oy
Tarkastus ja laskelmat	A-Insinöörit Suunnittelu Oy
Taitto	Punamusta Oy, Sisältö- ja suunnittelupalvelut, Eira Rantanen
Painopaikka	Punamusta Oy

SISÄLLYS

ALKUSANAT **1**

SISÄLLYS **2**

MÄÄRITELMIÄ **4**

1 AKUSTIIKAN KÄSITTEITÄ **6**

1.1 ÄÄNI 6

1.2 ÄÄNENPAINETASO 8

1.3 ÄÄNENTAAJUUS 8

1.4 KOINSIDENSSIN RAJATAAJUUS 10

1.5 OMINAISTAAJUUS 11

1.6 RESONANSSI-ILMIÖ 11

1.7 LEIKKAUSAALTOJEN RAJATAAJUUS 12

2 ÄÄNENERISTÄVYYS **13**

2.1 ILMAÄÄNENERISTÄVYYS 13

2.2 RAKENNUSOSAN ILMATIIVIYS 14

2.3 TILOJEN VÄLISEN ILMAÄÄNENERISTÄVYYDEN MITTAAMINEN 15

2.4 ILMAÄÄNENERISTÄVYYDEN MITTAUSTULOSTEN TULKINTA 15

2.5 VÄLIPOHJAN ASKELÄÄNENERISTÄVYYS 17

2.6 VÄLIPOHJAN ASKELÄÄNENERISTÄVYYDEN MITTAAMINEN 17

2.7 ASKELÄÄNENERISTÄVYYDEN MITTAUSTULOSTEN TULKINTA 18

3 RAKENNUSOSIEN AKUSTINEN TOIMINTA **20**

3.1 YKSINKERTAINEN RAKENNE 20

3.2 YKSINKERTAISEN RAKENTEEN ILMAÄÄNENERISTÄVYYS 20

3.3 YKSINKERTAISEN RAKENTEEN ASKELÄÄNENERISTÄVYYS 21

3.4 KAKSINKERTAINEN RAKENNE 23

3.5 KAKSINKERTAISEN SEINÄN ILMAÄÄNENERISTÄVYYS 23

3.5.1 Seinän levyjen vaikutus ilmaääneneristävyyteen 23

3.5.2 Kaksinkertaisen rankaseinän ohjauspuiden vaikutus ilmaääneneristävyyteen 31

3.5.3 Seinän ontelon täytteen vaikutus ilmaääneneristävyyteen 31

3.5.4 Seinän ontelon paksuuden vaikutus ilmaääneneristävyyteen 31

3.5.5 Kaksoisrunkoseinän runkopuoliskojen kytkentä (taulukot 5 ja 6 ovat tulossa) 31

3.6 KAKSINKERTAISEN VÄLIPOHJAN ASKELÄÄNENERISTÄVYYS 37

3.6.1 Jousirankakaton vaikutus askeläääneneristävyyteen 38

3.6.2 Kelluvan lattian vaikutus askeläääneneristävyyteen 40

3.6.3 Kiinteän pintalattian vaikutus askeläääneneristävyyteen 40

3.6.4 Lattiapinnoitteen vaikutus askeläääneneristävyyteen 42

3.6.5 Välipohjan rungon jäykkyyden vaikutus ilma- ja askeläääneneristävyyteen 48

3.6.6 Palkkirakenteisen välipohjan ontelon vaikutus ilma- ja askeläääneneristävyyteen 48

3.6.7 Asennuslattian vaikutus askeläääneneristävyyteen 49

3.7 TILAELEMENTTIEN VÄLIPOHJAT 51

3.7.1 Lattiarakenteen vaikutus ilma- ja askeläääneneristävyyteen 51

3.7.2 Kattorakenteen vaikutus ilma- ja askeläääneneristävyyteen 51

3.7.3 Välipohjan ontelon vaikutus ilma- ja askeläääneneristävyyteen 51

4 RAKENTEELLISET SIVUTIESIIRTYMÄT 55

5 MÄÄRÄYKSET JA OHJEET TILOJEN VÄLISELLE ÄÄNENERISTYKSELLE 60
5.1 PÄÄKÄYTTÖTARKOITUKSEN MUKAISTEN TILOJEN ÄÄNENERISTÄVYYS 60
5.2 MUIDEN TILOJEN ÄÄNENERISTÄVYYS 60
5.3 PARVEKKEET, VIHERHUONEET JA KATTOTERASSIT 60

6 TALOTEKNISTEN LAITTEIDEN AIHEUTTAMA MELU JA TÄRINÄ 66
6.1 LAITTEIDEN OMINAISUUDET 68
6.2 VAAKASUUNTAISET VIEMÄRIT 68
6.3 PYSTYSUUNTAISET VIEMÄRIT 75
6.4 KÄYTTÖVESI- JA LÄMMÖNJAKOJÄRJESTELMÄ 77
6.5 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ 77
6.6 ILMALÄMPÖPUMPPU 80
6.7 LÄPIVIENNIT 80
6.8 HISSI 80

7 ULOSKÄYTÄVÄ 83
7.1 HUONEISTON OVI 83
7.2 PORTAAT JA TASANTEET 83

8 ULKOVAIPAN ÄÄNENERISTÄVYYS 85
8.1 OHJEARVOT ULKOVAIPAN ÄÄNENERISTÄVYYDELLE 85
8.2 ULKOVAIPAN ÄÄNENERISTÄVYYDEN MÄÄRITTÄMINEN 86
8.3 ULKOSEINÄN ÄÄNENERISTÄVYYS 86
8.4 YLÄPOHJAN ÄÄNENERISTÄVYYS 88
8.5 IKKUNOIDEN ÄÄNENERISTÄVYYS 89
8.6 PARVEKE- JA TERASSINOVIEN ÄÄNENERISTÄVYYS 89
8.7 MUUT KEINOT ULKOISEN MELUN HALLINTAAN 89
8.8 MAALIIKENTEEN AIHEUTTAMA TÄRINÄ JA RUNKOMELU 89

9 TILAN HUONEAKUSTIIKKA 91
9.1 HUONEAKUSTIIKAN MERKITYS 91
9.2 TILAN HUONEAKUSTIIKAN VAIKUTUS KOETTUUN ÄÄNENERISTÄVYYTEEN 91
9.3 ABSORPTIOMATERIAALIT 91
9.4 JÄLKIKAIUNTA-AIKA JA PUHEENSIIRTOINDEKSI 93

10 KORJAUSRAKENTAMINEN 95
10.1 MÄÄRÄYKSET 95
10.2 PUURAKENTEISET JULKISIVUELEMENTIT 95
10.3 PUURAKENTEINEN LISÄKERROS 95
10.4 VÄLISEINÄN ÄÄNENERISTÄVYYDEN PARANTAMINEN 95

LISÄTIETOA 98
MÄÄRÄYKSET JA SUOSITUKSET 98
YLEISTEOKSIA 98
TUTKIMUSKIRJALLISUUTTA 98

LIITE 1 Rakennetyypit 101
LIITE 2 Rakennedetaljit 134

MÄÄRITELMIÄ

Tässä esitetään akustiikkaan liittyviä määritelmiä. Lisää akustiseen suunnitteluun liittyviä määritelmiä esitetään ympäristöministeriön ohjeessa Ääniympäristö.

ABSORPTIOALA
Absorptioala on tilan ääntä absorboivien pintojen pinta-ala kerrottuna pintojen absorptiosuhteella.

ABSORPTIOSUHDE
Pinnan absorboiman ja siihen kohdistuvan äänitehon suhde. Absorptiosuhde voi saada lukuarvon nollasta yhteen siten, että absorptiosuhde on 0 äänen heijastuessa pinnasta täysin ja 1 äänen absorboituessa pintaan täysin.

ASKELÄÄNI
Muihin tiloihin kuuluva runkoääni, jonka aiheuttaa esimerkiksi kulkeminen lattialla tai portaissa, esineiden putoaminen, huonekalujen siirtely tai tavaran kuljettaminen.

ASKELÄÄNENERISTYS
Rakennusosan, rakennusosien muodostaman kokonaisuuden tai materiaalin kyky eristää lattiarakenteeseen kohdistetun askelten ääntä tai esineen putoamista muistuttavan iskun vaikutuksesta leviävää ääntä.

ASKELÄÄNITASOLUKU $L'_{nT,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ [dB]
Askeläänitasoluku, jossa on mukana spektripainotustermi (SFS-EN ISO 717-2).

DESIBELI [dB]
Äänenvoimakkuutta kuvaava suhdeluku. Desibeliasteikko on logaritminen ja se yhdistää äänenpaineen suhteelliset muutokset kuulon vasteeseen.

ENIMMÄISÄÄNITASO $L_{AFmax,T}$ [dB]
Tarkasteluajanjaksona *T* esiintynyt voimakkuudeltaan suurin äänitaso määritellyllä aikapainotuksella F (fast) ja A-taajuuspainotuksella. Enimmäisäänitasoon sisältyy koko mitattava taajuusalue 20...20 000 Hz. Mittalukua $L_{AFmax,T}$ sovelletaan taloteknisten laitteiden akustisessa suunnittelussa ja vaatimusten todentamisessa.

ILMAÄÄNI
Äänilähteestä ympäristöön ilman välityksellä leviävä ääni, kuten puhe, musiikki, äänentoistolaitteiden ääni tai erilaisten taloteknisten laitteiden aiheuttama ääni.

ILMAÄÄNENERISTYS
Rakennusosan, rakennusosien muodostaman kokonaisuuden tai materiaalin kyky eristää äänilähteestä ympäristöön ilman välityksellä leviävää ääntä.

ILMAÄÄNENERISTÄVYYS *R* [dB]
Ilmaääneneristävyys ilmaisee tietyllä taajuuskaistalla tilasta toiseen tai rakennusosan kautta sen toiselle puolelle siirtyneen äänitehon suhteessa rakennusosan kohdanneeseen äänitehoon.

ILMAÄÄNENERISTYSLUKU R_w [dB]
Taajuuskaistoittain taajuusalueella 100...3150 Hz mitatuista tai mallinnetuista ilmaääneneristävyyksistä *R* laskettu mittasuure (SFS-EN ISO 717-1).

IMPULSSIMAINEN MELU
Melu on impulssimaista, jos siinä on kuulohavainnoin erotettavissa olevia melun haitallisuutta lisääviä lyhytkestoisia ja useasti päivä- tai yöaikaan toistuvia ääniä.

JATKUVA LAAJAKAISTAINEN ÄÄNI
Jatkuva keskeytymätön tai toistuva ääni, joka sisältää paljon taajuuksia laajahkolla taajuusalueella. Tällaista ääntä voi syntyä esimerkiksi poistoilmalaitteesta tai lämpöpattereista.

JÄLKIKAIUNTA-AIKA *T* [s]
Aika, jonka kuluessa äänilähteen huoneeseen tuottama äänenpainetaso äänilähteen vaiettua alenee 60 dB. Jälkikaiunta-ajat esitetään tavallisesti taajuuskaistoittain. Jälkikaiunta-ajan vaatimuksella tarkoitetaan pisintä oktaavikaistoilla 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz ja 2000 Hz esiintyvää jälkikaiunta-aikaa normaalisti kalustetussa huoneessa.

KAPEAKAISTAINEN MELU
Melu on kapeakaistaista, jos siinä on kuulohavainnoin erotettavissa olevia melun haitallisuutta lisääviä vinkuvia, ulisevia tai sireenimäisiä ominaisuuksia. Äänen kapeakaistaisuutta ei voida arvioida, jos tiedot ovat käytettävissä vain oktaavikaistoittain ja lähtökohtaisesti ne tulisi olla käytettävissä vähintään kolmasosaoktaavikaistoittain.

KESKIÄÄNITASO $L_{Aeq,T}$ [dB]
A-painotetun äänenpaineen keskimääräistä tehollisarvoa määritetyllä aikavälillä T vastaava äänitaso.

KOINSIDENSSI
Koinsidenssi on ilmiö, jossa levyn pintaan tietyssä kulmassa osuvan ääniaaltorintaman aiheuttama värähtely levyssä on aallonpituudeltaan samanlainen kuin ääniaaltorintaman levyn suuntaisen komponentin aallonpituus. Koinsidenssi-ilmiö on voimakkaimmillaan levylle ominaisella koinsidenssin rajataajuudella f_c.

PIENITAAJUINEN MELU
Pienitaajuisella melulla tarkoitetaan tässä ohjeessa taajuusalueella 20...200 Hz esiintyvää melua.

PUHEENEROTETTAVUUS
Puheen selvyyttä tilassa kuulijan kannalta kuvaava subjektiivinen käsite. Puheenerotettavuus on täydellinen, jos keskimäärin 100 % puhutuista sanoista kuullaan oikein.

PUHEENPEITTO
Puheäänen selvyyden vähenemistä tilassa kuulijan kannalta kuvaava käsite. Puheenpeitto on täydellinen, jos puheenerotettavuus häviää. Puheenpeittoa toteutetaan puheenpeittojärjestelmällä, johon ei sovelleta talotekniselle järjestelmälle asetettuja vaatimuksia.

PUHEENSIIRTOINDEKSI *STI*
Mittalaitteella mitattavissa tai laskennallisesti arvioitavissa oleva mittaluku, joka kuvaa huonetilan puheenerotettavuutta ja ottaa huomioon tilan kaiunnan, taustaäänitason puhetta peittävän vaikutuksen ja puheen äänenvoimakkuuden. Puheensiirtoindeksin arvo 0 tarkoittaa, että tilassa satunnaisesti luetelluista tavuista ei yhdestäkään saada selvää ja arvo 1, että jokaisesta tavusta saadaan selvää.

RUNKOÄÄNI
Rakenteesta tai muussa kiinteästä kappaleesta etenevä mekaaninen värähtely, joka aiheuttaa ilmaääntä.

SPEKTRIPAINOTUSTERMI *C*
Spektripainotustermi *C* ottaa huomioon raideliikenne- ja lentomelun puheäänestä poikkeavan luonteen. Ilmaääneneristyslukua $R_w + C$ käytetään rakennuksen ulkovaipan ääneneristävyyden mitoittamiseen raideliikenne- ja lentomelua vastaan (SFS-EN ISO 717-1).

SPEKTRIPAINOTUSTERMI C_{tr}
Spektripainotustermi C_{tr} ottaa huomioon tieliikennemelun puheäänestä poikkeavan luonteen. Ilmaääneneristyslukua $R_w + C_{tr}$ käytetään rakennuksen ulkovaipan ääneneristävyyden mitoittamiseen tieliikennemelua vastaan (SFS-EN ISO 717-1).

SPEKTRIPAINOTUSTERMI $C_{I,50\text{-}2500}$
Spektripainotustermi $C_{I,50\text{-}2500}$ laajentaa askeläääneneristävyyden mitattavaa taajuusaluetta taajuuskaistoille 50 Hz, 60 Hz ja 80 Hz sekä ottaa huomioon yksittäisillä taajuuskaistoilla koko taajuusalueella esiintyvät suuret poikkeamat vertailukäyrästä. Spektripainotustermi otetaan huomioon vain silloin, kun sen arvo on suurempi kuin nolla (SFS-EN ISO 717-2).

STANDARDISOITU ASKELÄÄNITASO L'_{nT} [dB]
Standardisoitu askeläänitaso kuvaa tietyllä taajuuskaistalla askeläänikojeella tuotetun äänen voimakkuutta toisessa tilassa, jonka jälkikaiunta-aika on 0,5 s (SFS-EN 16283-2).

STANDARDISOITU ASKELÄÄNITASOLUKU $L'_{nT,w}$ [dB]
Standardisoitu askeläänitasoluku kuvaa askeläänikojeella tuotetun äänen voimakkuutta toisessa tilassa, jonka jälkikaiunta-aika on 0,5 s. Askeläänitasoluku lasketaan taajuusalueella 100…3150 Hz mitatuista askeläänitasoista L'_{nT} (SFS-EN ISO 717-2).

STANDARDISOITU ÄÄNITASOERO D_{nT} [dB]
Standardisoitu äänitasoero ilmaisee lähetyshuoneessa mitatun äänenpainetason ja vastaanottohuoneessa mitatun äänenpainetason eron tietyllä taajuuskaistalla, kun vastaanottohuoneen jälkikaiunta-aika on 0,5 s (SFS-EN ISO 16283-1).

STANDARDISOITU ÄÄNITASOEROLUKU $D_{nT,w}$ [dB]
Taajuuskaistoittain taajuusalueella 100…3150 Hz mitatuista tai mallinnetuista äänitasoeroista D_{nT} laskettu mittasuure (SFS-EN ISO 717-1).

TAAJUUS [Hz]
Taajuus vastaa kuultavan äänen korkeutta. Äänen taajuus riippuu ilmamolekyylien värähtelynopeudesta ja sitä mitataan värähtelysyklien määränä sekunnissa eli hertseinä [Hz]. Ihmisen kuulon kannalta keskeinen taajuusalue on 20…20 000 Hz. Taajuutta tarkastellaan usein taajuuskaistoina.

TAAJUUSKAISTA
Tarkasteltava äänen taajuusjakauma voidaan jakaa pienempiin osiin eli taajuuskaistoihin. Tavallisesti käytetään oktaavikaistoja ja kolmannesoktaavikaistoja. Kun äänen korkeus kasvaa oktaavin, sen taajuus kaksinkertaistuu. Taloteknisten laitteiden äänitehotaso sekä rakennusmateriaalien absorptiosuhteet ja tilan jälkikaiunta-aika ilmoitetaan tavallisesti oktaavikaistoittain. Kolmannesoktaavikaistoittain ilmoitetaan ilmaääneneristävyys, standardisoitu äänitasoero ja standardisoitu askeläänitaso.

TÄRINÄ
Haitalliseksi koettu rakenteen tai rakennusosan värähtely, joka havaitaan tuntoaistin kautta.

ULKOVAIPAN ÄÄNENERISTYS ΔL_A [dB]
Ulko- ja sisätilan A-äänitasojen erotus. Kaavamääräyksenä, kaavamerkintänä tai lupaehtona asetettu lukuarvo.

ÄÄNI
Kimmoisassa väliaineessa vallitseva painevaihtelu, jonka taajuus on kuuloalueella. Ääni syntyy tavallisesti pinnan värähtelystä, joka aiheuttaa painevaihtelun ilmaan. Ääni etenee väliaineessa ääniaaltoina ja sitä voidaan kuvata äänenpaineen tai äänitehon avulla.

ÄÄNIOLOSUHDE
Tilan akustinen ominaisuus, kuten jälkikaiunta-aika, taustamelu tai puheenerotettavuus.

ÄÄNENPAINETASO L_p [dB]
Äänenpainetaso on hetkellisen äänen kokonaispaineen mitta tarkastelupisteessä.

ÄÄNITASO L_A [dB]
Eri taajuuskaistoilla mitatut A-painotetut äänenpainetasot summaava yksilukuarvo.

ÄÄNITEHOTASO L_W [dB]
Äänitehotaso on äänilähteen säteilemän hetkellisen äänienergian mitta aikayksikössä.

1 AKUSTIIKAN KÄSITTEITÄ

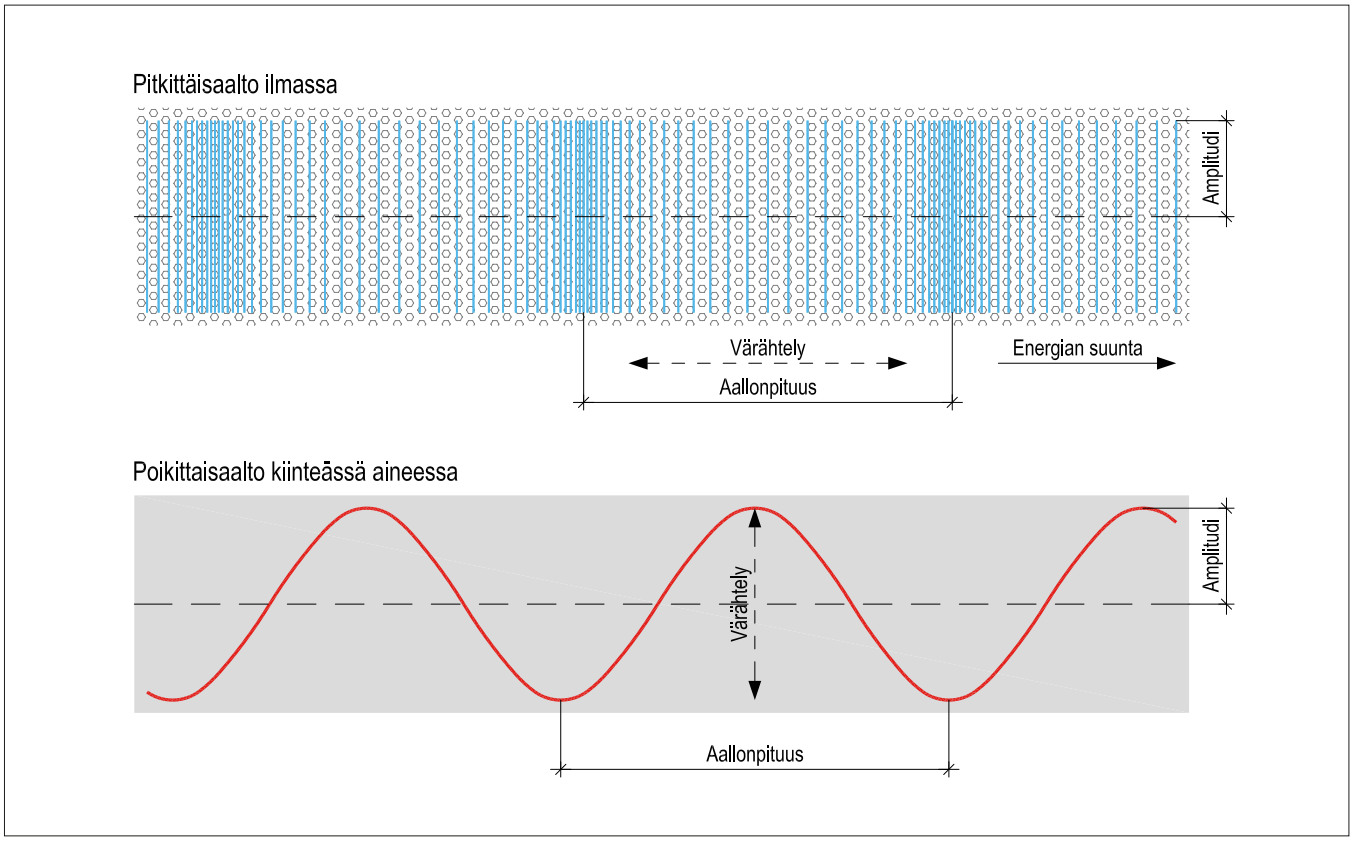
1.1 ÄÄNI

Ääni on väliaineessa etenevää aaltoliikettä. Väliaine voi olla kaasu, neste tai kiinteä aine. Ilmassa ääni etenee pitkittäisaaltona. Kiinteässä aineessa ääni etenee sekä poikittais- että pitkittäisaaltona. Äänelle annetaan nimityksiä sen perusteella, missä väliaineessa ääni etenee.

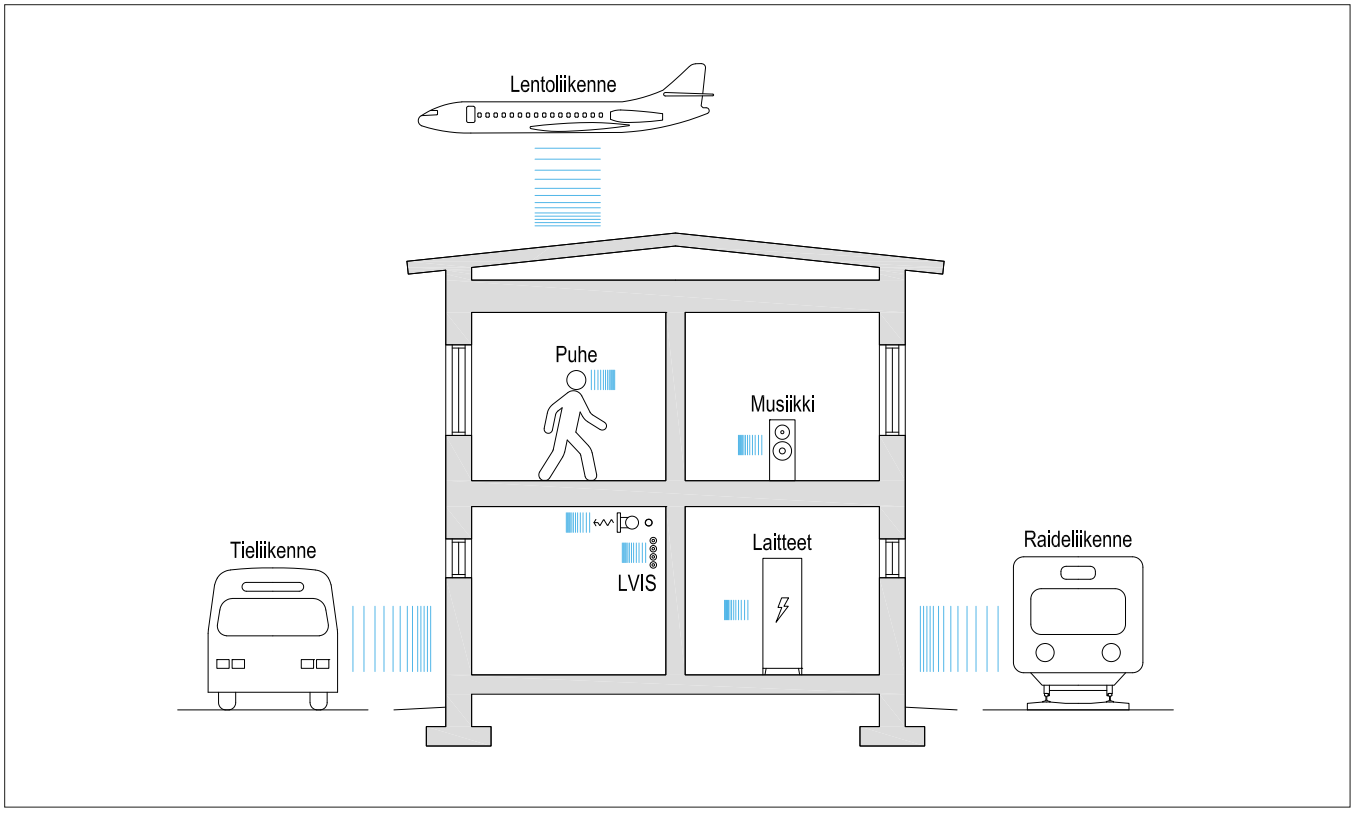
Ilmassa etenevää ääntä kutsutaan ilmaääneksi. Aistimme ilmaäänen ensisijaisesti kuulomme avulla, kun äänentaajuus on 20…20000 Hz. Voimakkaan pienitaajuisen värähtelyn aistimme myös kehollamme (tärinä). Ilmaääniä syntyy rakennuksen sisällä, mutta myös rakennuksen ulkopuolella syntyvät ilmaäänet tulee ottaa huomioon rakennuksen akustisessa suunnittelussa. Ulkoisen melun hallinta on merkittävässä osassa, kun rakennus sijaitsee liikenneväylien tai lentokentän läheisyydessä.

Rakennuksen rungossa etenevää ääntä kutsutaan runkoääneksi. Runkoäänen ja ilmaäänen välillä on keskinäinen yhteys, sillä runkoääni synnyttää ilmaääntä ja ilmaääni synnyttää runkoääntä. Käytännössä rakennusosan värähtely tuottaa rakennusosaa ympäröivään ilmaan värähtelyä, jolloin syntyy ilmaääntä. Vastaavasti rakennusosaan kohdistuva ilmaääni saa rakennusosan värähtelemään, jolloin syntyy runkoääntä, joka etenee rakennusosaa pitkin. Runkoääniä syntyy rakennuksen sisällä, mutta myös rakennuksen ulkopuolelta johtuvat runkoäänet tulee ottaa huomioon rakennuksen akustisessa suunnittelussa. Perusmaasta johtuva runkoääni saattaa olla hyvin merkittävässä osassa, kun rakennus sijaitsee esimerkiksi junaradan läheisyydessä.

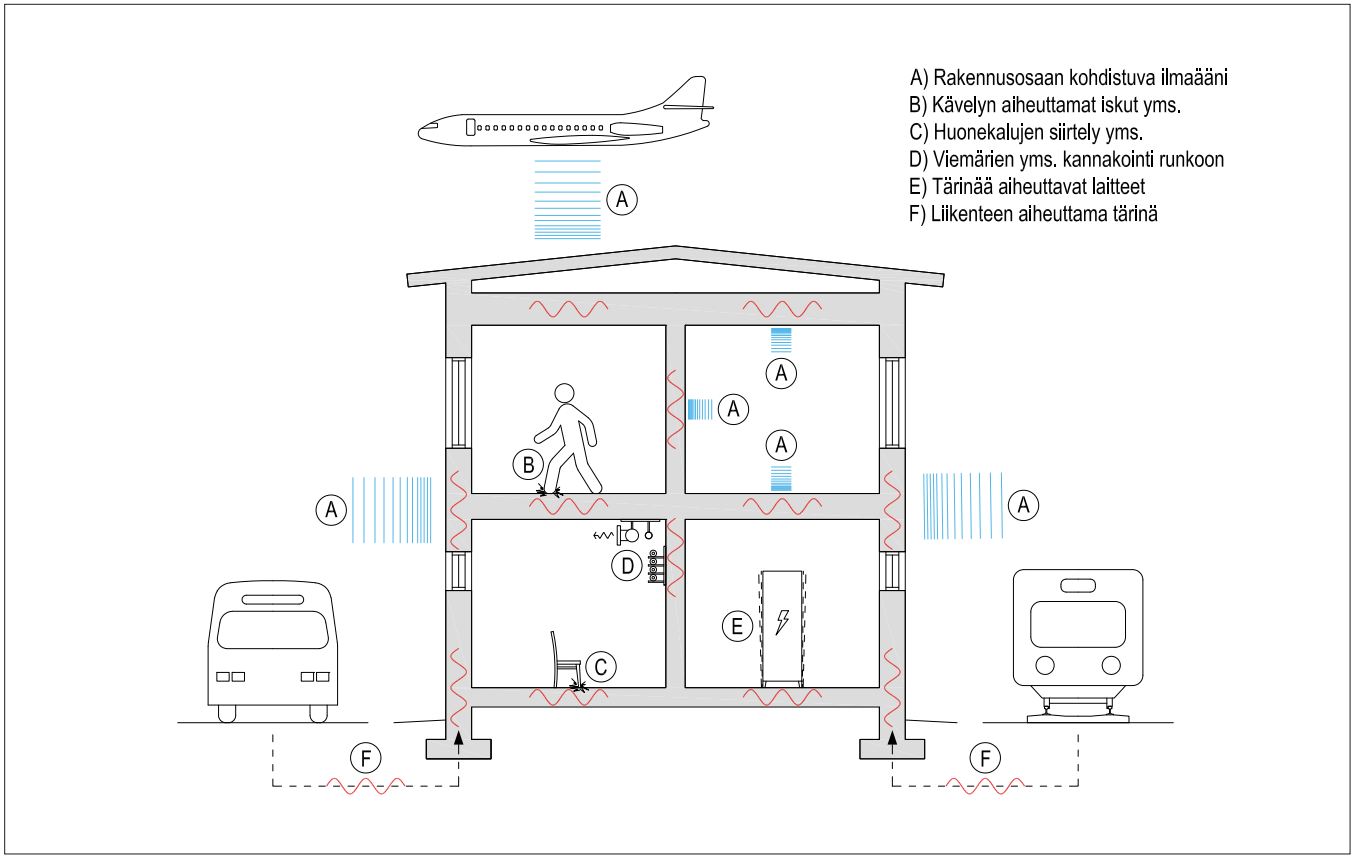
Rakennuksen sisällä ilma- ja runkoäänellä on useita etenemisreittejä. Tästä johtuen rakennuksen akustinen suunnittelu täytyy aina toteuttaa tarkastelemalla rakennusta kokonaisuutena siten, että otetaan huomioon kaikki äänilähteet ja äänien etenemisreitit. Pelkkä rakennusosakohtainen tarkastelu ei ole riittävä, koska esimerkiksi sivutiesiirtymät saattavat heikentää tilojen välistä ääneneristävyyttä merkittävästi.



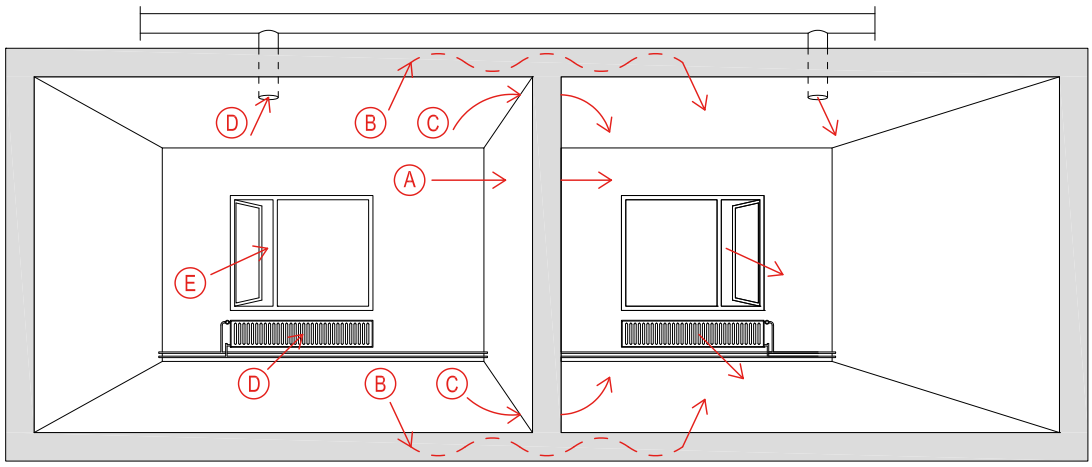
Kuva 1. Pitkittäis- ja poikittaisaallon periaate.



Kuva 2. Ilmaäänen lähteitä.



Kuva 3. Runkoäänen lähteitä.



A) Rakennusosan välityksellä
B) Sivuavaa rakennusosaa pitkin (rakenteellinen sivutiesiirtymä)
C) Rakennusosan ilmavuotojen kautta
D) Taloteknisiä laitteita pitkin (sivutiesiirtymä)
E) Avoimen ikkunan kautta (sivutiesiirtymä)

Kuva 4. Äänen etenemisreittejä tilojen välillä.

1.2 ÄÄNENPAINETASO

Äänenpaine p [Pa] on ilmanpaineen muutos staattiseen ilmanpaineeseen nähden. Mitä suurempi ilmanpaineen muutos on, sitä voimakkaampana aistimme äänen. Pienin ilmanpaineen muutos, jonka ihminen kuulee äänenä, on 0,00002 Pa. Tätä kutsutaan kuulokynnykseksi (p_0). Vastaavasti ihmisen kuulon kipukynnys saavutetaan ilmanpaineen muutoksella 20 Pa. Kuten edellisestä havaitaan, ihminen pystyy aistimaan äänenä hyvin pieniä ja suuria ilmanpaineen muutoksia.

Äänenpainetason L_p [dB] esittämiseen on kehitetty logaritminen desibeliasteikko, koska äänenpainetason esittäminen äänenpaineen p avulla on haasteellista. Tämä johtuu siitä, että äänenpaineen lukuarvot ovat hyvin pieniä ja niiden vaihteluväli on suuri. Esimerkiksi kuulokynnyksen ja kipukynnyksen äänenpaineiden suhde on miljoonakertainen. Logaritminen desibeliasteikko helpottaa käytännössä myös äänenpainetason hahmottamista. Esimerkiksi lukuarvona 60 dB kertoo äänenvoimakkuudesta enemmän kuin 0,02 Pa. Suuruusluokkatietona tulee kuitenkin ottaa huomioon, että äänenpaineen p kaksinkertaistaminen kasvattaa äänenpainetasoa L_p vain 6 dB. Äänenpainetason L_p logaritmisesta asteikosta seuraa myös se, että usean äänilähteen yhdessä tuottama äänenpainetaso $L_{p,\mathrm{tot}}$ määritetään kaavalla 1. Usean äänilähteen vaikutusta kokonaisäänenpainetasoon $L_{p,\mathrm{tot}}$ on havainnollistettu taulukossa 2.

1.3 ÄÄNENTAAJUUS

Äänentaajuudella tarkoitetaan ääniaallon värähtelyiden määrää sekunnissa. Taajuuden yksikkö on hertsi [Hz]. Mitä suurempi äänentaajuus on, sitä korkeampana kuulemme äänen. Äänentaajuuden ollessa riittävän pieni (infraääni) tai suuri (ultraääni), emme kuule ääntä ollenkaan. Ihminen voi kuitenkin aistia infraäänen tuntemuksena, kuten esimerkiksi tärinänä. Normaalin kuulon omaavan ihmisen kuuloalue on taajuusalueella 20…20000 Hz, kun taas esimerkiksi koiralla tämä taajuusalue on 70…100000 Hz. Ihmisen kuulo on herkimmillään taajuusalueella 1000…2000 Hz oleville äänille.

Äänentaajuudella on oleellinen merkitys akustisessa suunnittelussa. Äänilähteen tuottama äänenpainetaso, ääntä eristävän rakennusosan akustinen toiminta ja sen ääneneristyskyky ovat äänentaajuudesta riippuvia ilmiöitä. Edellisistä johtuen rakennusosan ääneneristävyyttä tarkastellaan akustisessa suunnittelussa taajuuskaistoittain. Suunnittelu on vaativaa, koska rakennusosan ääneneristävyys tulee olla riittävän hyvä suhteellisen laajalla taajuusalueella (100…3150 Hz).

Kaava 1.

$$L_{p,\mathrm{tot}} = 10\log_{10}\sum_{i=1}^{n} 10^{\frac{L_{p,i}}{10}}$$

$L_{p,\mathrm{tot}}$ = usean äänilähteen yhdessä tuottama äänenpainetaso [dB]

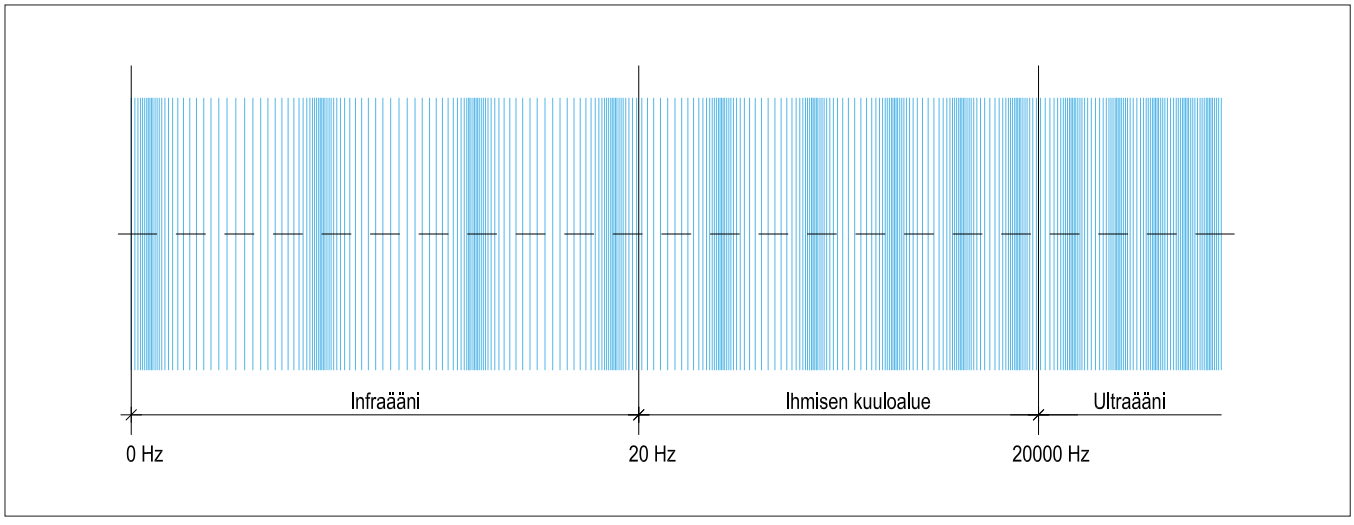
$L_{p,i}$ = yksittäisen äänilähteen tuottama äänenpainetaso [dB]

Taulukko 1. Äänenpaineen ja äänenpainetason vastaavuus.

Suuntaa-antava kuvaus	Äänenpaine p	Äänenpainetaso L_p $L_p = 20\log_{10}\frac{p}{p_0}$	Suhde kuulokynnykseen $\frac{p}{p_0}$
Kuulokynnys (p_0)	0,00002 Pa	0 dB	1
Hiljainen asuinhuoneisto	0,0002 Pa	20 dB	10
Toimistotyöympäristö	0,00356 Pa	45 dB	178
Normaali puhe	0,02 Pa	60 dB	1000
Katumelu	0,2 Pa	80 dB	10000
Piikkauskone	2 Pa	100 dB	100000
Kipukynnys	20 Pa	120 dB	1000000
Suihkumoottori	200 Pa	140 dB	10000000

Taulukko 2. Usean äänilähteen vaikutus kokonaisäänenpainetasoon $L_{p,tot}$

Äänilähteiden yhdistelmä				Äänilähteet yhdessä	Huomioitavaa
$L_{p,1}$	$L_{p,2}$	$L_{p,3}$	$L_{p,4}$	$L_{p,tot}$	
60 dB	60 dB	-	-	63 dB	Äänilähteiden kaksinkertaistaminen kasvattaa äänenpainetasoa 3 dB
60 dB	60 dB	60 dB	60 dB	66 dB	
80 dB	80 dB	40 dB	40 dB	83 dB	Suuren *ään*enpainetason omaavat äänilähteet ovat hallitsevia
80 dB	80 dB	-	-	83 dB	
-	80 dB	40 dB	40 dB	80 dB	Äänenpainetasoa alennettaessa tulee ensin poistaa suuren äänenpaineen omaavat äänilähteet
-	-	40 dB	40 dB	43 dB	



Kuva 5. Ihmisen kuuloalue on taajuusalueella 20...20000 Hz.

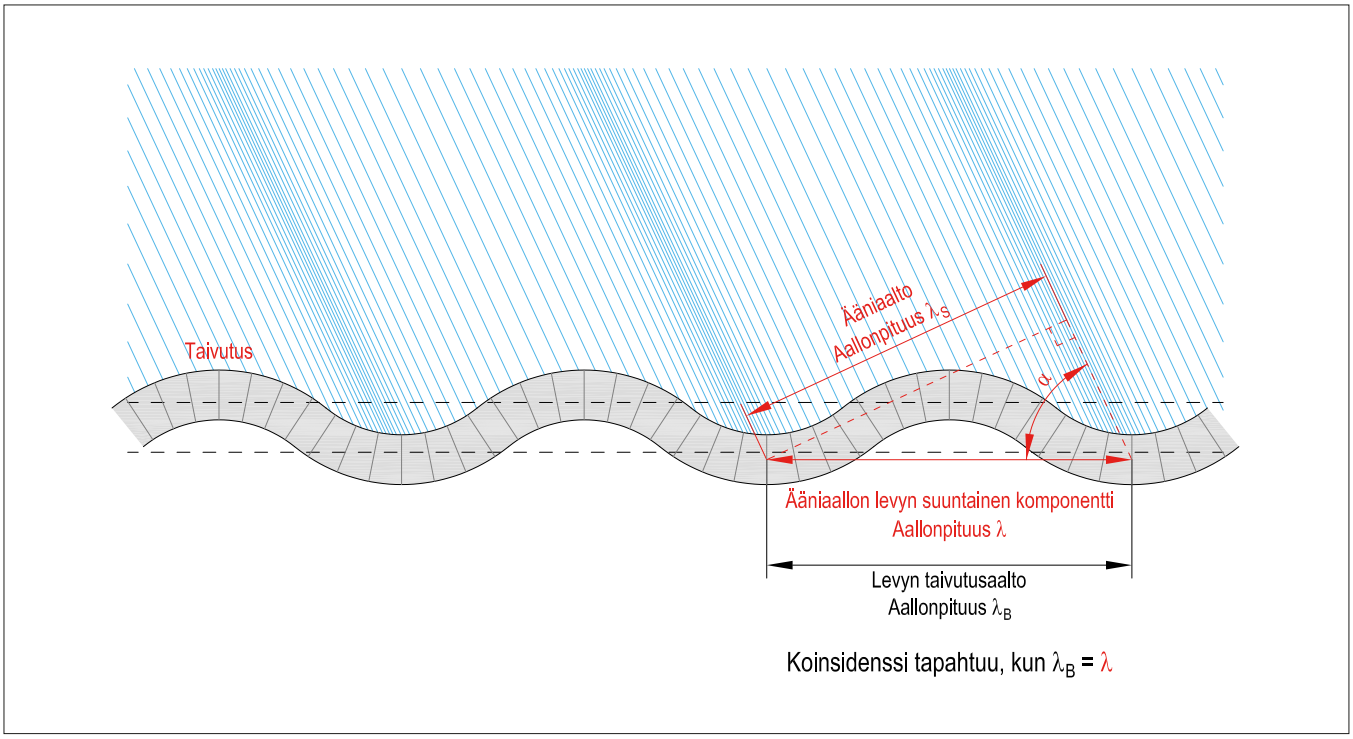
1.4 KOINSIDENSSIN RAJATAAJUUS

Koinsidenssin rajataajuudella tarkoitetaan taajuutta, jolla levyn (kipsilevy, puulevy, massiivipuulevy, betonilevy jne.) pintaan tietyssä kulmassa osuvan ääniaaltorintaman aiheuttama värähtely levyssä on aallonpituudeltaan samanlainen kuin ääniaaltorintaman levyn suuntaisen komponentin aallonpituus (kuva 6). Tällöin levyyn osuva ääniaaltorintama ja levyn taivutusaalto ovat samassa vaiheessa, jolloin ääniaallot ”lävistävät” levyn. Koinsidenssin rajataajuudella f_c [Hz] rakennusosan ilmaääneneristävyys heikkenee merkittävästi ja levyn ilmaääneneristävyys perustuu lähinnä levyn häviömekanismeihin. Koinsidenssin rajataajuuteen vaikuttavat levyn paksuus, tiheys, Poissonin luku ja kimmomoduuli. Ristiinlaminoiduissa puulevyissä (esim. vaneri, LVL, CLT) levyn tason eri suunnissa on erilaiset koinsidenssin rajataajuudet. Tämä johtuu siitä, että levyn poikkileikkauksen taivutusjäykkyys vaihtelee levyn eri suunnissa.

Koinsidenssin rajataajuus sijaitsee tavallisesti taajuusalueella 100…3150 Hz, joka on rakennusosien ilmaääneneristävyyden kannalta kiinnostavin taajuusalue. Tämän takia koinsidenssin rajataajuus tulisi saada pois kyseiseltä taajuusalueelta. Tämä ei ole kuitenkaan aina mahdollista, koska koinsidenssin rajataajuus riippuu levyn ominaisuuksista.

Taulukosta 3 havaitaan, miksi 13 mm paksu kipsikartonkilevy ja 200 mm paksu betonirakenne ovat kautta aikojen olleet ääntä eristävien rakennusosien rakennustuotteita. Kipsilevyn koinsidenssin rajataajuus on hyvin suuri, joten se on rakennusosan ilmaääneneristävyyden mittausalueen (100…3150 Hz) yläpäässä. Vastaavasti massiivisen betonirakenteen koinsidenssin rajataajuus on hyvin pieni, joten se on edellä mainitun mittausalueen alapäässä. Täten sekä ohuen kipsilevyn että massiivisen betonirakenteen koinsidenssin rajataajuudet ovat poissa taajuusalueelta 200…2000 Hz, joka on ihmisen kuuloaistin näkökulmasta merkityksellinen, kun tarkastellaan rakennusosan ilmaääneneristävyyttä. Lisäksi massiivisilla betonirakenteilla koinsidenssi-ilmiö ei ole niin merkittävä kuin kevyillä rakenteilla, koska massiivisilla betonirakenteilla on suhteellisen hyvä ilmaääneneristävyys pienillä taajuuksilla. Tämä kompensoi koinsidenssi-ilmiön heikentävää vaikutusta rakennusosan ilmaääneneristävyyteen.

Taulukosta 3 havaitaan myös kuinka levyn paksuus vaikuttaa koinsidenssin rajataajuuteen. Tämän takia kevyissä ääntä eristävissä rakennusosissa tulee käyttää levyjä, joiden tiheys ja jäykkyys johtavat suureen koinsidenssin rajataajuuteen. Useimmat rakennuslevyt ovat tällöin melko ohuita. Mikäli levytyksen massaa tarvitsee lisätä, käytetään useampaa ohutta levykerrosta päällekkäin mekaanisesti kiinnitettynä (naulat, ruuvit jne.). Päällekkäisiä levykerroksia ei tule liimata toisiinsa, koska tällöin niistä muodostuu yksi paksu levy, jonka seurauksena levyn koinsidenssin rajataajuus alenee. Edellä mainitusta periaatteesta voidaan poiketa, mikäli liimauksen vaikutus rakennusosan ääneneristävyyteen on tutkittu.



Kuva 6. Koinsidenssi-ilmiö levyssä.

Taulukko 3. Suuntaa-antavia levyjen koinsidenssin rajataajuuksia f_c.

Levy	t [m]	f_c [Hz]	Seuraus koinsidenssin rajataajuudesta
Kipsikartonkilevy	13	2500...4000	Ei yleensä heikennä ilmaääneneristävyyttä merkittävästi.
	15	2000...2500	
	18	2000...2500	
Kuusivanerilevy	15	1000...1600	Heikentää ilmaääneneristävyyttä suurilla taajuuksilla. Vaikutus ei ole niin merkityksellinen, koska suurilla taajuuksilla puulevyn ilmaääneneristävyys on suhteellisen hyvä.
	18	800...1250	
	21	630...1000	
OSB-levy	15	1600...3150	Heikentää ilmaääneneristävyyttä suurilla taajuuksilla. Vaikutus ei ole niin merkityksellinen, koska suurilla taajuuksilla puulevyn ilmaääneneristävyys on suhteellisen hyvä.
	18	1250...2500	
	22	1000...2000	
LVL-levy	27	500...1200	Heikentää ilmaääneneristävyyttä pienillä taajuuksilla tai keskitaajuuksilla. Vaikutus on merkityksellinen, koska pienillä taajuuksilla puulevyn ilmaääneneristävyys on suhteellisen heikko (massan ja jäykkyyden puute).
	33	400...1000	
	39	315...1000	
	75	160...500	
	120	100...315	
	144	80...250	
CLT-levy	60	200...1250	Heikentää ilmaääneneristävyyttä pienillä taajuuksilla tai keskitaajuuksilla. Vaikutus on merkityksellinen, koska pienillä taajuuksilla puulevyn ilmaääneneristävyys on suhteellisen heikko (massan ja jäykkyyden puute).
	80	160...500	
	100	125...630	
	120	100...630	
	140	100...400	
	180	80...315	
Betonilevy	100	125...250	Ei yleensä heikennä ilmaääneneristävyyttä merkittävästi.
	150	100...160	
	200	80...125	

1.5 OMINAISTAAJUUS

Ominaistaajuudella f [Hz] tarkoitetaan taajuutta, jolla värähtelijä värähtelee siten, että se saavuttaa suurimman amplitudin (värähtely on voimakkainta). Värähtelijällä on alin ominaistaajuus ja tämän yläpuolella olevia muita ominaistaajuuksia (monikertoja). Jokaisella ominaistaajuudella on myös ominaisvärähtelymuoto.

Ominaistaajuus on riippuvainen rakennusosan, rakennusosakokonaisuuden tms. systeemin massasta, jäykkyydestä ja mitoista. Rakentamisessa ominaistaajuutta tarvitaan mm. seuraavissa:

- Ääntä eristävien rakennusosien suunnittelussa.
- Välipohjan värähtelysuunnittelussa.
- Rakennuksen rungon värähtelysuunnittelussa.
- Tärinää aiheuttavien laitteiden perustusten suunnittelussa.

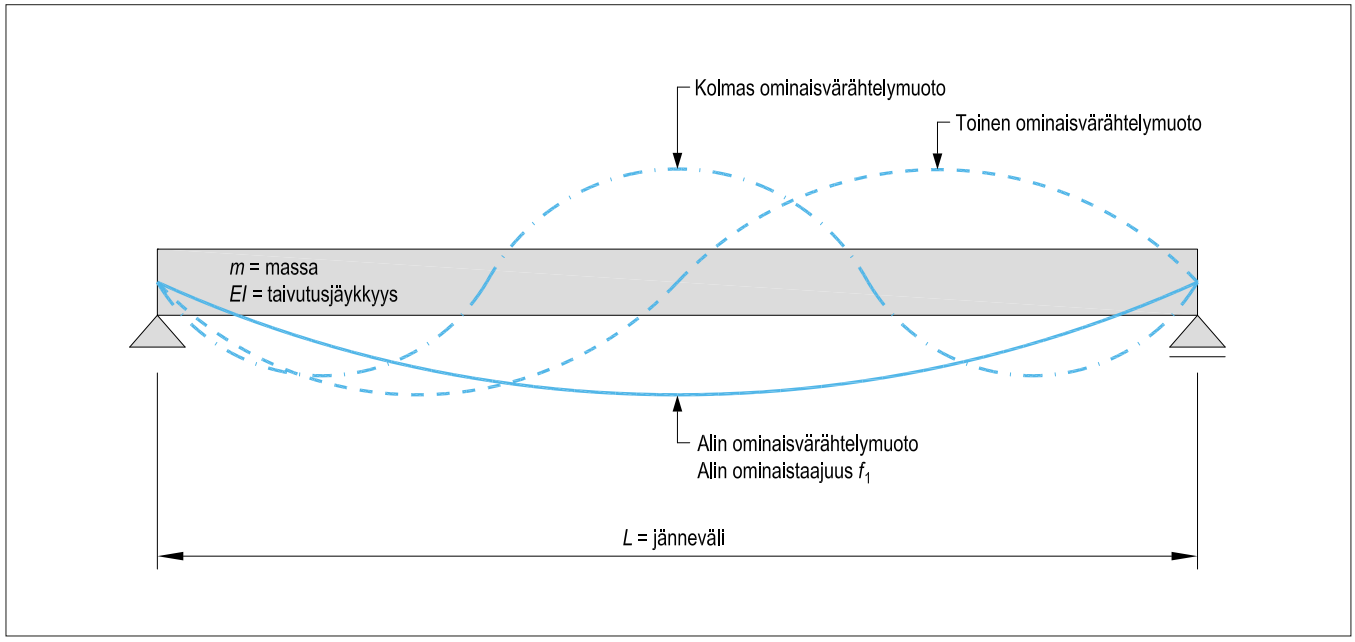
1.6 RESONANSSI-ILMIÖ

Värähtelijään syntyy resonanssi, kun siihen kohdistuu sen ulkopuolinen heräte, jonka taajuus vastaa värähtelijän ominaistaajuutta. Herätteen aiheuttaja voi olla esimerkiksi mekaaninen isku tai ääniaalto. Resonanssissa oleva värähtelijä värähtelee hyvin suurella amplitudilla. Tämä johtuu siitä, että värähtelijä saa koko ajan lisää energiaa samalla taajuudella olevasta ulkopuolisesta herätteestä.

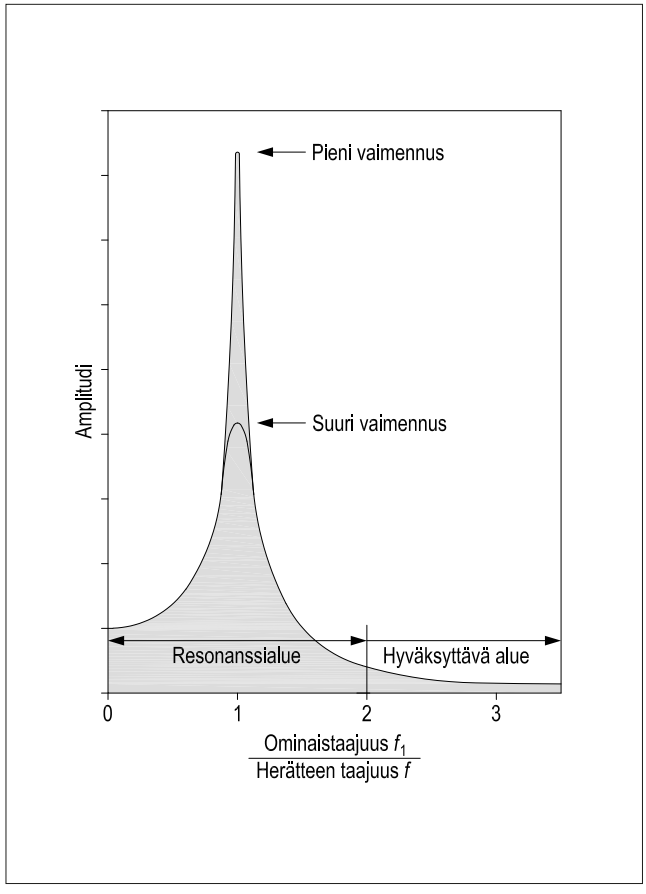
Resonanssivärähtelyn voimakkuuteen voidaan vaikuttaa vaimennuksella, mutta sen lisääminen rakennusosiin on käytännössä vaikeaa. Värähtelevässä rakennusosakokonaisuudessa on kuitenkin aina jonkin verran vaimennusta, kuten esimerkiksi rakennusosien liittymien jäykkyys. Värähtelevien rakennusosien ja rakennusosakokonaisuuksien suunnittelussa tulee estää resonanssin syntyminen. Pahimmassa tapauksessa resonanssissa oleva värähtelevä systeemi saattaa vaurioitua tai sortua värähtelyn voimakkuuden johdosta.

Resonanssi-ilmiö liittyy suoraan ominaistaajuuteen. Ominaistaajuuden alapuolella olevilla taajuuksilla värähtelijä värähtelee voimakkaammin kuin ominaistaajuuden yläpuolella olevilla taajuuksilla. Tästä johtuen ominaistaajuuden suhde herätteen taajuuteen tulee olla vähintään kaksi, jotta resonanssi-ilmiö voidaan välttää (kuva 8).

Ääntä eristävien rakennusosien suunnittelussa resonanssi-ilmiö on myös merkityksellinen, koska ääneneristävyys kasvaa tehokkaasti alimman ominaistaajuuden yläpuolella olevilla taajuuksilla. Tästä johtuen ääntä eristävän rakennusosan alin ominaistaajuus tulee olla mahdollisimman pieni, jotta rakennusosa eristää ääntä tehokkaasti taajuusalueella 100…3150 Hz. Materiaalista riippumatta ääntä eristävien rakennusosien alin ominaistaajuus on usein suhteellisen pieni, joten akustisen suunnittelun kannalta se ei ole niin merkityksellinen kuin koinsidenssin rajataajuus. Resonanssi-ilmiöön tulee kuitenkin kiinnittää erityisesti huomiota välipohjan kelluvaa lattiaa suunniteltaessa (ks. kohta 3.6.2).



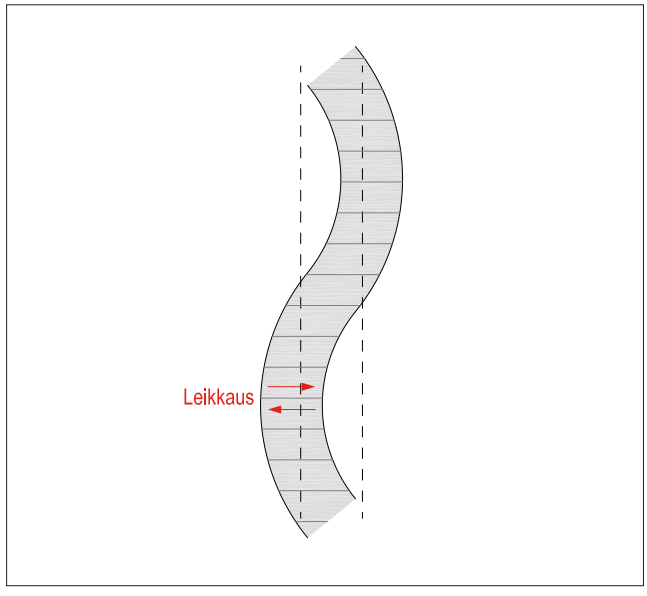
Kuva 7. Esimerkkejä yksiaukkoisen rakennusosan ominaisvärähtelymuodoista.



Kuva 8. Resonanssi-ilmiö.

1.7 LEIKKAUSAALTOJEN RAJATAAJUUS

Taivutusaaltojen lisäksi levyssä esiintyy leikkausaaltoja. Levyn leikkausaaltojen rajataajuuden f_h [Hz] yläpuolella olevilla taajuuksilla leikkausaalto heikentää rakennusosan ilmaääneneristävyyden kasvua. Leikkausaaltojen vaikutus ilmaääneneristävyyteen on merkityksellinen paksuilla levyillä suurien taajuuksien yhteydessä (esimerkiksi betoni- ja massiivipuulevyrakenteet).



Kuva 9. Leikkausaalto levyssä.

2 ÄÄNENERISTÄVYYS

2.1 ILMAÄÄNENERISTÄVYYS

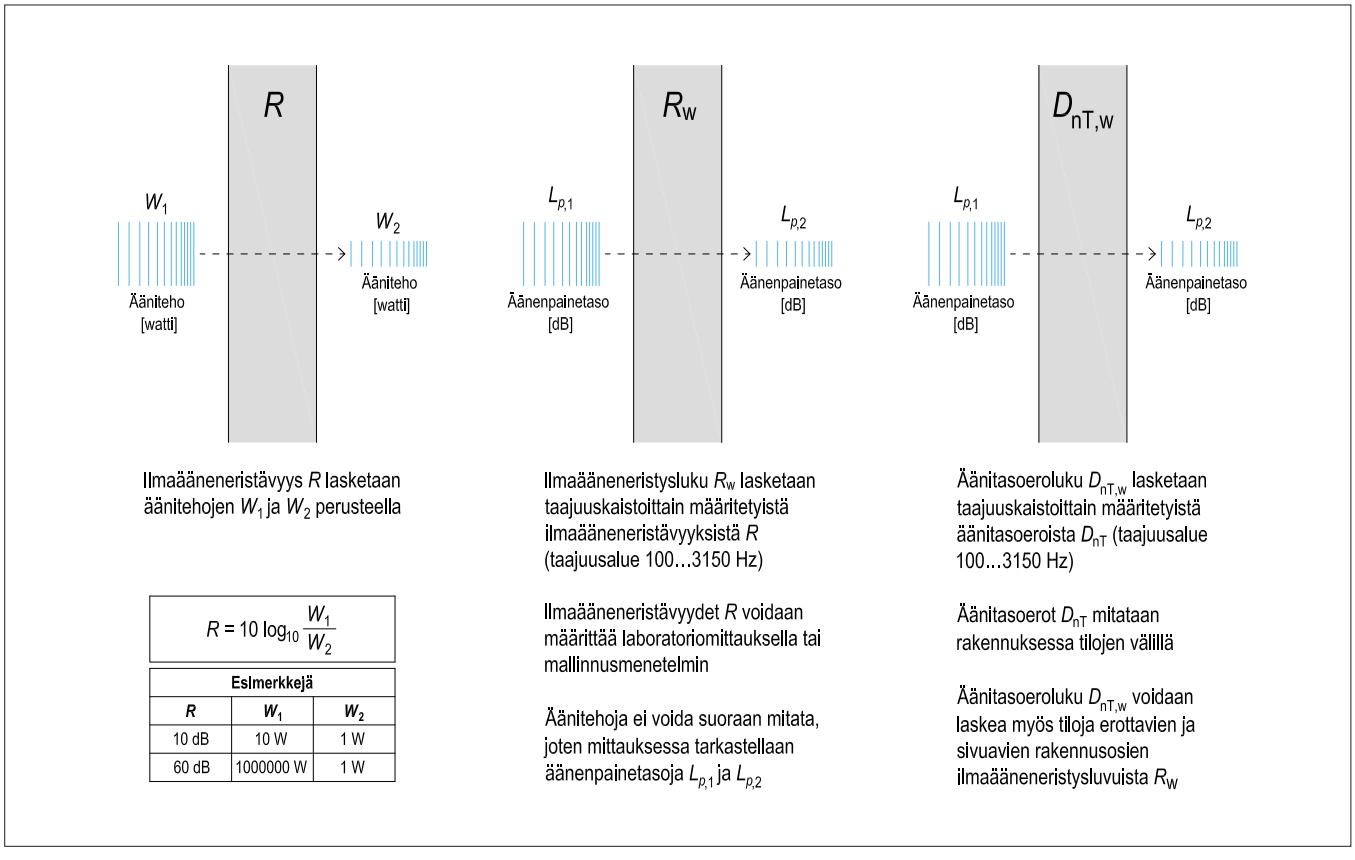
Ilmaääneneristyksen tarkoitus on vähentää ilmassa siirtyvän äänen kulkeutumista ääntä eristävän rakennusosan toiselle puolella. Rakennuksessa ilmaääntä tuottavat puhe, äänentoisto, tekniset laitteet jne.

Ilmassa siirtyvä ääni törmää ääntä eristäviin rakennusosiin ja saa ne värähtelemään äänitehon W_1 vaikutuksesta. Värähtely saa rakennusosan toisella puolella olevan ilman värähtelemään, jolloin rakennusosa välittää sen toiselle puolelle äänitehon W_2 (kuva 10). Tämän suuruus riippuu rakennusosan ilmaääneneristävyysominaisuuksista, joihin lukeutuu myös rakennusosan ilmatiiviys. Ääniteho W_1 saa myös ääntä eristävää rakennusosaa sivuavat rakennusosat värähtelemään, jolloin jokin ääniteho W_2 välittyy myös rakenteellisia sivutiesiirtymiä pitkin.

Ilmaääneneristävyys R on taajuudesta riippuva suure. Se lasketaan taajuuskaistoittain äänitehojen W_1 ja W_2 suhteen perusteella (kuva 10). Mitä suuremman arvon R saa, sitä parempi on ilmaääneneristävyys.

Rakennusosan ilmaääneneristyskyky ilmoitetaan ilmaääneneristysluvulla R_w (yksilukuarvo). Se lasketaan taajuuskaistoittain määritetyistä ilmaääneneristävyyksistä R (taajuusalue 100…3150 Hz). Ilmaääneneristysluku R_w voidaan määrittää laboratoriomittauksin tai mallinnusmenetelmin.

Tilojen välinen ilmaääneneristävyys ilmoitetaan äänitasoeroluvulla $D_{nT,w}$ (yksilukuarvo). Se lasketaan taajuuskaistoittain mitatuista tilojen välisistä äänitasoeroista D_{nT} (taajuusalue 100…3150 Hz). Äänitasoeroluku $D_{nT,w}$ voidaan laskea myös taajuuskaistoittain määritetyistä tiloja erottavien ja sivuavien rakennusosien ilmaääneneristysluvuista R_w (taajuusalue 100…3150 Hz). Äänitasoeroluku $D_{nT,w}$ ottaa huomioon tilojen välillä olevat rakenteelliset sivutiesiirtymät, ääntä eristävän rakennusosan pinta-alan, tilan jälkikaiunta-ajan ja tilan koon. Täten äänitasoeroluku $D_{nT,w}$ kuvaa ääneneristävyyttä todenmukaisemmin kuin ilmaääneneristysluku R_w.



Ilmaääneneristävyys R lasketaan äänitehojen W_1 ja W_2 perusteella

$$R = 10 \log_{10} \frac{W_1}{W_2}$$

Esimerkkejä		
R	W_1	W_2
10 dB	10 W	1 W
60 dB	1000000 W	1 W

Ilmaääneneristysluku R_w lasketaan taajuuskaistoittain määritetyistä ilmaääneneristävyyksistä R (taajuusalue 100…3150 Hz)

Ilmaääneneristävyydet R voidaan määrittää laboratoriomittauksella tai mallinnusmenetelmin

Äänitehoja ei voida suoraan mitata, joten mittauksessa tarkastellaan äänenpainetasoja $L_{p,1}$ ja $L_{p,2}$

Äänitasoeroluku $D_{nT,w}$ lasketaan taajuuskaistoittain määritetyistä äänitasoeroista D_{nT} (taajuusalue 100...3150 Hz)

Äänitasoerot D_{nT} mitataan rakennuksessa tilojen välillä

Äänitasoeroluku $D_{nT,w}$ voidaan laskea myös tiloja erottavien ja sivuavien rakennusosien ilmaääneneristysluvuista R_w

Kuva 10. Rakennusosan ilmaääneneristävyyden määrittämisen periaatteet.

2.2 RAKENNUSOSAN ILMATIIVIYS

Rakennusosan ilmatiiviys on ilmaääneneristävyyden perusedellytys, koska ääni kulkee ilman välityksellä. Rakennusosassa olevalla avoimella raolla on jonkin verran ääneneristävyyttä, mutta käytännössä siihen kohdistuvan äänen voidaan olettaa kulkevan raon kautta tilasta toiseen. Taulukossa 4 on havainnollistettu seinässä olevan avoimen raon vaikutus seinän ilmaääneneristävyyteen.

Puurakentamisessa rakennusosien ja näiden välisten saumojen tiivistyksessä käytetään yleensä seuraavia tiivistystuotteita:

- Elastinen tiivistysmassa.
- Tiivistysteippi.
- Profiilitiivistenauha (EPDM, polyeteeni).
- Paisuva saumanauha (polyuretaani).

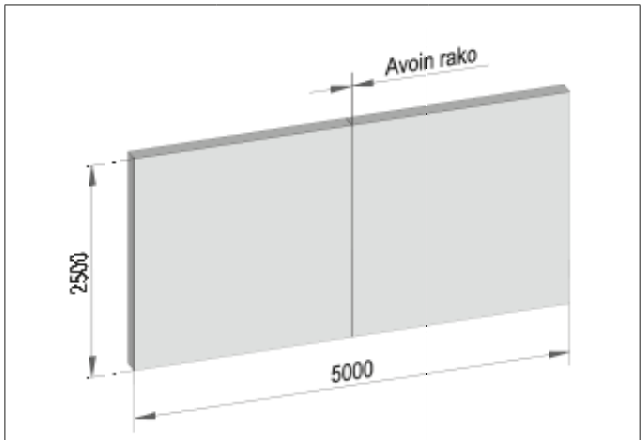
Tiivistysmassoja käytettäessä sauma tulee toteuttaa siten, että tiivistysmassalle on riittävän leveä rako, johon tiivistysmassa voidaan tarvittaessa uusia. Tiivistysmassan tulee olla riittävän elastista ja sen tarttuvuus tiivistettävään materiaaliin tulee varmistaa. Tiivistysteippien yhteydessä tulee myös varmistua teippauksen pysyvyydestä.

Profiilitiivistenauhat muodostavat rakenteiden liitoksiin joustavan katkon, joka voidaan katsoa akustiseksi eduksi. Polyuretaanipohjaisten paisuvien saumanauhojen etu on niiden mukautuminen sauman muotoon ja mahdolliseen sauman liikkeeseen (esim. kosteuseläminen). Saumauhoja käytettäessä tulee kiinnittää huomiota näiden jatkoksiin, koska jatkoksissa tapahtuva ilmavuoto muodostaa merkittävän heikennyksen rakennusosien ilmaääneneristävyyteen.

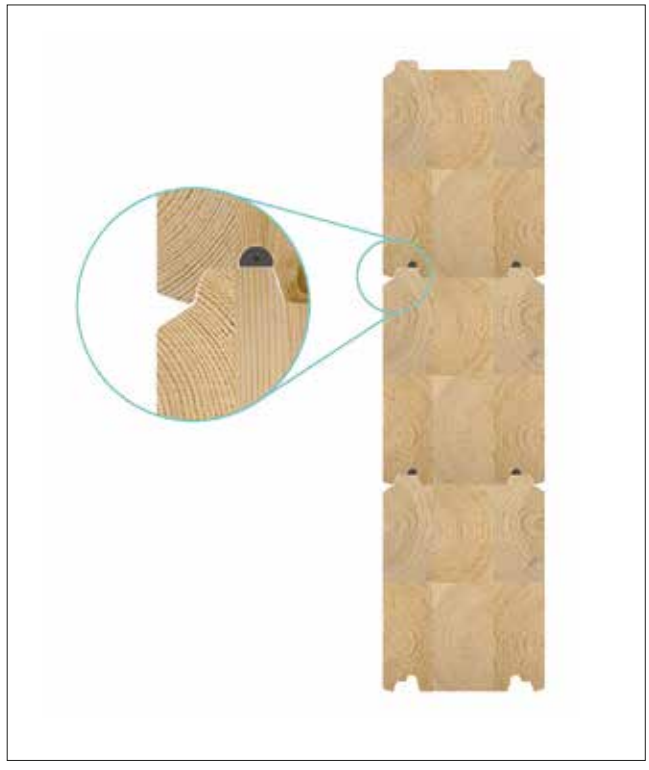
Ääntä eristävissä rankarakenteisissa kipsilevyseinissä ja vastaavissa rakennuslevyjen saumat tehdään rankojen kohdalle ja päällekkäisten levykerrosten saumat limitetään siten, että ne ovat eri rankojen kohdilla. Tällöin levyjen saumoihin eri tarvita erillistä akustista tiivistystä. Tarvittaessa rakennuslevyjen saumoja voidaan tiivistää myös kalvomaisilla ilmansulkutuotteilla.

Hirsiseinissä tulee kiinnittää huomiota hirsien välisten saumojen ilmatiiviyteen. Tämä korostuu erityisesti tapauksessa, jossa seinä koostuu pelkästään hirsistä eikä siihen tehdä levytyksiä tai muita erillisiä ilmatiiviitä kerroksia. Kuvassa 12 on esitetty kuinka hirsiseinän saumoissa olevat raot heikentävät seinän ilmaääneneristävyyttä suurilla taajuuksilla. Nykyisin on kuitenkin saatavilla hirsituotteita, joissa on profiilitiivisteet (kuva 11). Tällöin hirsiseinä voidaan katsoa akustisesti riittävän ilmatiiviiksi pelkkänä hirsiseinänä.

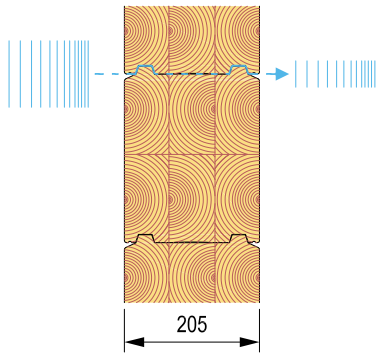
Taulukko 4. Esimerkkejä avoimen raon vaikutuksesta seinän ilmaääneneristävyyteen.



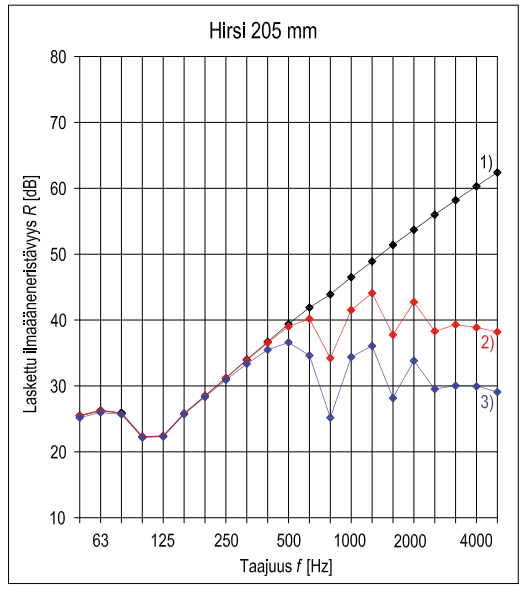
Tiivis seinä R_w	Raon leveys	Seinässä rako R_w
60 dB	5 mm	40 dB
60 dB	0,5 mm	49,5 dB
60 dB	0,05 mm	57 dB
60 dB	0,005 mm	59,5 dB
60 dB	0,0005 mm	60 dB
60 dB	0,00005 mm	60 dB



Kuva 11. Teollisesti valmistettu hirsi, jossa profiilitiivisteet. Kuva: Kontituote.



	Esimerkkejä	R_w	$R_w + C$	$R_w + C_{tr}$
1)	Tiivis hirsiseinä 205 mm	42 dB	40 dB	36 dB
2)	Rako yhdessä hirsisaumassa (1 mm x 2500 mm)	39 dB	37 dB	34 dB
3)	Rako joka kolmannessa hirsisaumassa (1 mm x 2500 mm)	32 dB	30 dB	30 dB



Kuva 12. Hirsien välisten rakojen vaikutus ilmaääneneristävyyteen, kun hirsien välisessä saumassa ei ole profiilitiivistettä.

2.3 TILOJEN VÄLISEN ILMAÄÄNENERISTÄVYYDEN MITTAAMINEN

Ilmaääneneristävyyden mittaukset voidaan toteuttaa kahdessa erilaisessa ympäristössä, jotka ovat laboratoriomittaus ja kenttämittaus. Kenttämittaus voidaan tehdä koerakennuksessa tai todellisessa rakennuksessa.

Ilmaääneneristävyys mitataan voimassa olevien standardien mukaisesti ja mittaukset suorittaa tähän erikoistunut yritys. Lähetystilassa äänilähteenä käytetään tavallisesti ympärisäteilevää pallokaiutinta, joka tuottaa kohinaa äänenpainetasolla 90…100 dB. Kohina on sellaista, että sen tuottama äänenpainetaso on suunnilleen samanlaista taajuuskaistoittain alueella 100…3150 Hz.

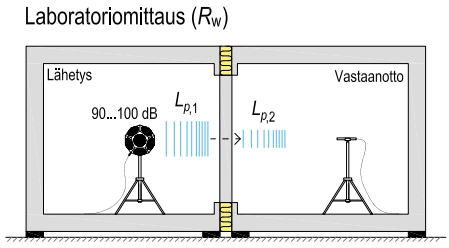
Laboratoriomittauksessa tutkittava rakennusosa (seinä, ikkuna, ovi jne.) asennetaan kahden toisistaan erillään olevan mittauskammion välillä olevaan aukkoon. Tällä tavalla voidaan mitata pelkkää rakennusosaa ilman rakenteellisten sivutiesiirtymien vaikutusta. Todellisuudessa myös laboratoriossa esiintyy rakenteellisia sivutiesiirtymiä, mutta ne ovat merkityksettömän pieniä. Laboratoriomittauksella määritettyjä mittasuureita ei tule käyttää suunnittelussa, mikäli rakenteellisten sivutiesiirtymien vaikutusta ei ole erikseen otettu mittasuureissa huomioon.

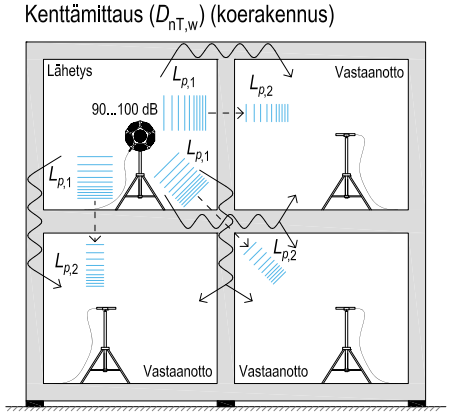
Todellisilla rakenteilla toteutettujen koerakennusten avulla voidaan mitata rakennusosia sekä näiden liittymien ja liitoselimien vaikutusta ilmaääneneristävyyteen. Koerakennuksessa määritetyt mittasuureet sisältävät täten myös rakenteellisten sivutiesiirtymien vaikutuksen ilmaääneneristävyyteen. Uusia rakennusjärjestelmiä kehitettäessä on suositeltavaa tutkia ilmaääneneristävyyttä koerakennuksen avulla, koska tällöin voidaan mitata hallituissa olosuhteissa erilaisia rakennusosia sekä rakennusosien välisiä liittymiä. Mikäli ilmaääneneristävyyttä tutkitaan koerakennuksella, tulee lähetys-/vastaanottotilan pinta-ala olla vähintään 12 m^2 ja tilavuus vähintään 30 m^3. Lisäksi tulee varmistaa, että koerakennuksen ulkovaippa on ilmaääneneristävyydeltään riittävä, jotta ääni ei kierrä ulkokautta tilasta toiseen.

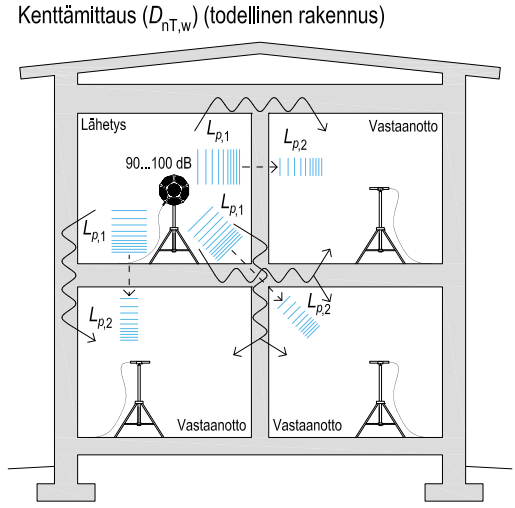
Todellisessa rakennuksessa toteutettujen mittausten avulla saadaan paras käsitys rakennusosien ilmaääneneristävyydestä. Todellisten tilojen mittauksella määritetyt mittasuureet sisältävät rakenteellisten sivutiesiirtymien lisäksi myös mahdollisten rakennusvirheiden sekä talotekniikan vaikutuksen ilmaääneneristävyyteen. Uusia rakennusjärjestelmiä kehitettäessä on suositeltavaa tutkia ilmaääneneristävyyttä myös todellisessa rakennuksessa, jotta rakennusosien ja näiden liittymien sekä valmistustekniikoiden toimivuudesta saadaan varmuus.

2.4 ILMAÄÄNENERISTÄVYYDEN MITTAUSTULOSTEN TULKINTA

Tilojen välinen standardisoitu äänitasoeroluku $D_{nT,w}$, määritetään taajuuskaistoittain mitatuista äänitasoeroista D_{nT} (mittausalue 100…3150 Hz) käyttäen standardin ISO-717-1 mukaista vertailukäyrämenetelmää. Vertailukäyrä on luotu tutkimusten perusteella ja edustaa ihmisen kuuloaistin näkökulmasta edullista äänimaailmaa rakennuksessa. Standardisoitu äänitasoeroluku $D_{nT,w}$ luetaan vertailukäyrältä 500 Hz:n kohdalta. Vertailukäyrän paikka määritetään siirtämällä sitä 1 dB:n pykälin siten, että vertailukäyrän arvojen ja sen alapuolelle jäävien mitattujen arvojen poikkeamien summa on enintään 32 dB. Mitä suuremman lukuarvon $D_{nT,w}$ saa, sitä parempi on tilojen välinen ilmaääneneristävyys.



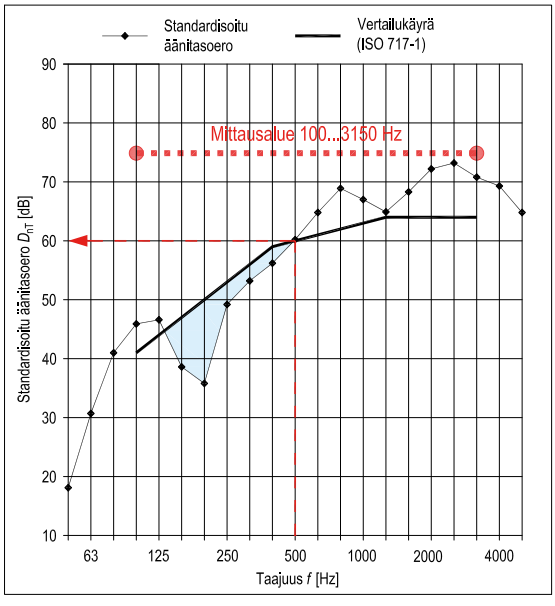




Laboratoriomittaus R_w
Voidaan määrittää ilmaääneneristävyys yksittäiselle rakennusosalle

Kenttämittaus $D_{nT,w}$
Voidaan määrittää tilojen välinen ilmaääneneristävyys, johon sisältyy tiloja erottavan rakennusosan kautta sekä sitä sivuavien rakennusosien kautta sivutiesiirtymänä kulkeva ääni

Kuva 13. Rakennusosien ilmaääneneristävyyden mittausympäristöjä.



Standardin ISO 717-1 mukaisesti määritetty mittaluvut

Standardisoitu äänitasoeroluku $D_{nT,w}$ (C ; C_{tr}) 60 (-5; -10) dB

Laskenta perustuu kolmannesoktaavikaistaisiin kenttämittauksiin.

= Vertailukäyrän arvojen ja mitattujen arvojen poikkeamien summa enintään 32 dB.

$D_{nT,w}$ = Tilojen välisen ääneneristävyyden määrittelyssä käytettävä mittasuure, johon summataan spektripainotustermi tarkasteltavan rakennusosan mukaan.

C = Spektripainotustermi, joka ottaa huomioon raideliikenne- ja lentomelun poikkeavan luonteen puheääneen verrattuna. C-termiä käytetään ulkovaipan ääneneristävyyden mitoittamisessa raideliikenne- ja lentomelua vastaan. Lukuarvo summataan etumerkkeineen äänitasoerolukuun.

C_{tr} = Spektripainotustermi, joka ottaa huomioon tieliikennemelun poikkeavan luonteen puheääneen verrattuna. C_{tr}-termiä käytetään ulkovaipan ääneneristävyyden mitoittamisessa tieliikennemelua vastaan. Lukuarvo summataan etumerkkeineen äänitasoerolukuun.

Kuva 14. Rakennusosan ilmaääneneristävyyden mittaustulos.

2.5 VÄLIPOHJAN ASKELÄÄNENERISTÄVYYS

Askeläänieristyksen tarkoitus on vähentää välipohjaan kohdistuvien iskujen tuottamaa äänenpainetasoa välipohjan alapuolelle ja sen viereisissä tiloissa. Rakennuksessa välipohjaan kohdistuu iskuja kävelystä, siivouksesta, huonekalujen siirtelystä jne. Askeläänieristys rakennuksessa on monimutkainen ilmiö, koska kysymyksessä on runkoääni, joka voi kulkeutua rakennuksen rungossa hyvinkin pitkiä matkoja aiheuttaen ilmaääntä muihin tiloihin. Asiaa monimutkaistaa lisäksi se, että käytännössä rakennusosiin kohdistuvien iskujen voimakkuudet ja toistuvuudet ovat erilaisia.

Rakennusosaan kohdistuvat iskut tuottavat runkoääntä. Runkoäänen aiheuttama rakennusosan värähtely saa rakennusosaa ympäröivän ilman värähtelemään, jolloin syntyy ilmaääntä. Tästä on kysymys myös välipohjan askeläänieristävyydessä. Esimerkiksi välipohjan päällä kävely aiheuttaa välipohjaan iskuja (runkoääntä), jotka havaitaan välipohjan alapuolella ilmaäänenä. Välipohjaan kohdistuvat iskut saavat myös välipohjaa sivuavat rakennusosat värähtelemään, jolloin runkoääntä välittyy myös rakenteellisia sivutiesiirtymiä pitkin. Näin tapahtuu myös välipohjan tason suunnassa, mikäli välipohja jatkuu tilasta toiseen.

Välipohjan askeläänieristävyyttä ei voida määrittää äänitehojen W_1 ja W_2 suhteen perusteella, kuten ilmaääneneristävyyden yhteydessä tehdään (kuva 10). Tämä johtuu siitä, että välipohjan alapuolelle syntyvä ilmaääni syntyy välipohjan yläpintaan kohdistuvista iskuista eikä välipohjan yläpuolella olevasta ilmaäänestä. Täten askeläänieristävyydessä tarkastellaan askeläänitasoa L, joka syntyy yleensä alapuoliseen tilaan välipohjan päällä olevasta askeläänikojeesta, joka tuottaa välipohjaan kohdistavia iskuja. Mitä pienemmän arvon L saa, sitä parempi on askeläänieristävyys.

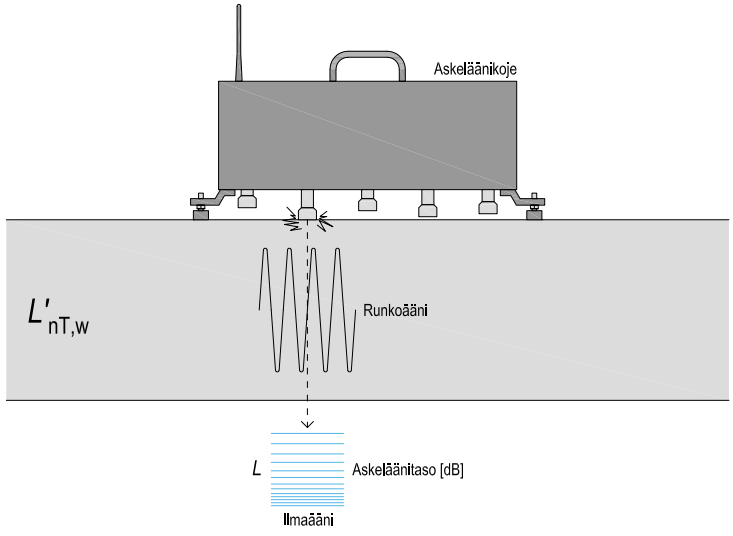
Askeläänikojeen viisi vasaraa aiheuttavat välipohjaan 10 iskua sekunnissa. Askeläänikojeen tuottamat iskut eivät kuvaa kävelyä välipohjan päällä, vaan tarkoituksena on tuottaa välipohjaan jatkuvia samankaltaisia iskuja, jotta niiden tuottamat askeläänitasot voidaan mitata toisesta tilasta. Askeläänikoje mahdollistaa myös mittauksen objektiivisuuden, koska välipohjaan kohdistuvat iskut ovat aina samankaltaisia.

Tilojen välinen askeläänieristävyys ilmoitetaan askeläänitasoluvulla $L'_{nT,w}$ (yksilukuarvo). Se lasketaan taajuuskaistoittain mitatuista, askeläänikojeen tuottamista, askeläänitasoista L'_{nT} (taajuusalue 50…3150 Hz). Askeläänitasoluku $L'_{nT,w}$ ottaa huomioon myös tilojen välillä olevat rakenteelliset sivutiesiirtymät. Laboratoriomittauksin voidaan määrittää yksittäisen rakennusosan tuottamat normalisoidut askeläänitasot, joiden merkintä tällöin on L_n. Laboratoriossa mitatuista askeläänitasoista määritetyn askeläänitasoluvun merkintä on $L_{n,w}$. Askeläänieristävyyttä voidaan arvioida nykyisin myös mallinnusmenetelmin.

2.6 VÄLIPOHJAN ASKELÄÄNENERISTÄVYYDEN MITTAAMINEN

Askeläänieristävyyden mittaukset voidaan toteuttaa kahdessa erilaisessa ympäristössä, jotka ovat laboratoriomittaus ja kenttämittaus. Kenttämittaus voidaan tehdä koerakennuksessa tai todellisessa rakennuksessa.

Laboratoriomittauksessa tutkittava välipohja asennetaan kahden toisistaan erillään olevan mittauskammion välillä olevaan aukkoon. Tällä tavalla voidaan mitata pelkkää rakennusosaa ilman rakenteellisten sivutiesiirtymien vaikutusta. Todellisuudessa myös laboratoriossa esiintyy rakenteellisia sivutiesiirtymiä, mutta



Askeläänitasoluku $L'_{nT,w}$ lasketaan taajuuskaistoittain mitatuista, askeläänikojeen tuottamista, askeläänitasoista L'_{nT} (taajuusalue 50...3150 Hz)

Askeläänitasot L'_{nT} mitataan rakennuksessa tilojen välillä

Kuva 15. Välipohjan askeläänieristävyyden määrittämisen periaatteet.

ne ovat merkityksettömän pieniä. Laboratoriomittauksella määritettyjä mittasuureita ei tule käyttää suunnittelussa, mikäli rakenteellisten sivutiesiirtymien vaikutusta ei ole erikseen otettu mittasuureissa huomioon.

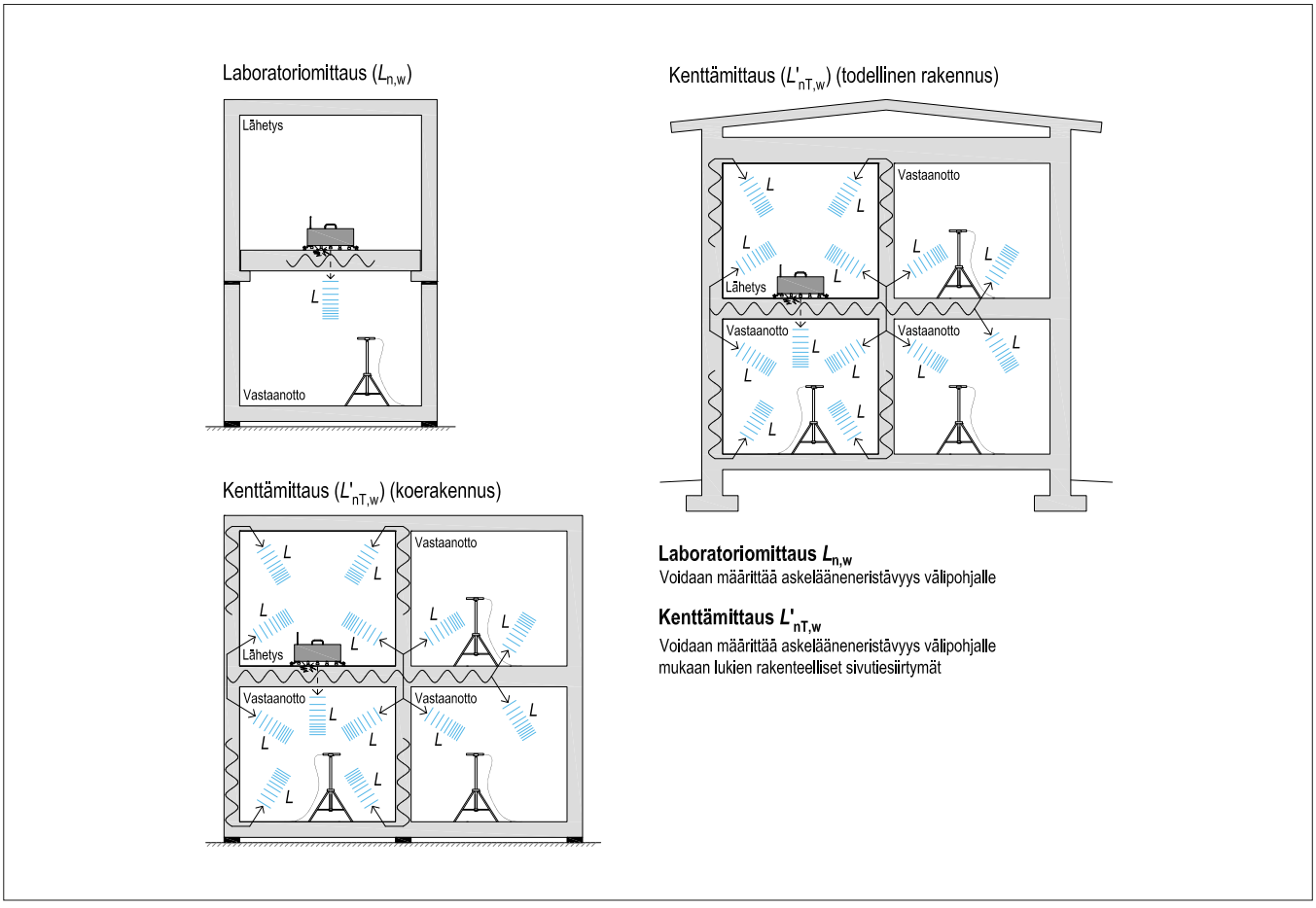
Todellisilla rakenteilla toteutettujen koerakennusten avulla voidaan mitata välipohjan sekä tämän liittymien ja liitoselimien vaikutusta askeläänieneristävyyteen. Koerakennuksessa määritetyt mittasuureet sisältävät täten myös rakenteellisten sivutiesiirtymien vaikutuksen askeläänieneristävyyteen. Uusia rakennusjärjestelmiä kehitettäessä on suositeltavaa tutkia askeläänieneristävyyttä koerakennuksen avulla, koska tällöin voidaan mitata hallituissa olosuhteissa erilaisia välipohjia sekä välipohjan ja muiden rakennusosien välisiä liittymiä. Mikäli askeläänieneristävyyttä tutkitaan koerakennuksella, tulee lähetys-/vastaanottotilan pinta-ala olla vähintään 12 m² ja tilavuus vähintään 30 m³. Lisäksi tulee varmistaa, että koerakennuksen ulkovaippa on ilmaääneneristävyydeltään riittävä, jotta ääni ei kierrä ulkokautta tilasta toiseen.

Todellisessa rakennuksessa toteutettujen mittausten avulla saadaan paras käsitys välipohjan askeläänieneristävyydestä. Todellisten tilojen mittauksella määritetyt mittasuureet sisältävät rakenteellisten sivutiesiirtymien lisäksi myös mahdollisten rakennusvirheiden vaikutuksen askeläänieneristävyyteen. Uusia rakennusjärjestelmiä kehitettäessä on suositeltavaa tutkia askeläänieneristävyyttä myös todellisessa rakennuksessa, jotta välipohjien ja näiden liittymien sekä valmistustekniikoiden toimivuudesta saadaan varmuus.

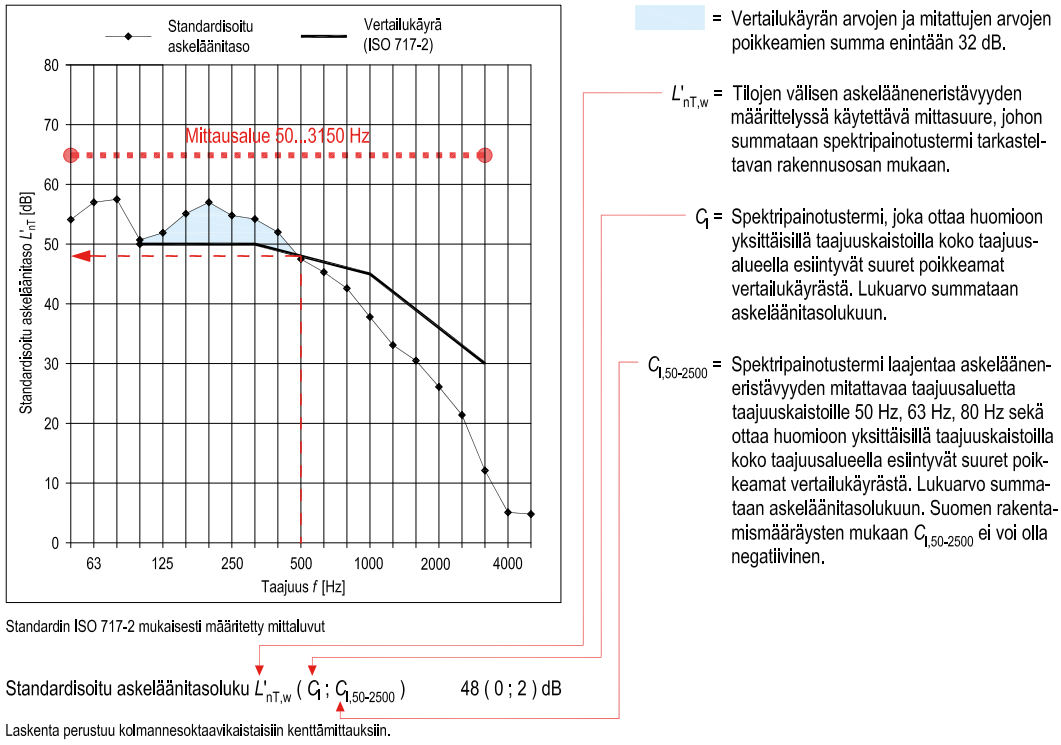
2.7 ASKELÄÄNENERISTÄVYYDEN MITTAUSTULOSTEN TULKINTA

Tilojen välinen standardisoitu askeläänitasoluku $L'_{nT,w}$ määritetään taajuuskaistoittain mitatuista askeläänitasoista L'_{nT} (taajuusalue 50…3150 Hz) käyttäen standardin ISO-717-2 mukaista vertailukäyrämenetelmää. Vertailukäyrä on luotu tutkimusten perusteella ja edustaa ihmisen kuuloaistin näkökulmasta edullista äänimaailmaa rakennuksessa. Standardisoitu askeläänitasoluku $L'_{nT,w}$ luetaan vertailukäyrältä 500 Hz:n kohdalta. Vertailukäyrän paikka määritetään siirtämällä sitä 1 dB:n pykälin siten, että vertailukäyrän arvojen ja sen yläpuolelle jäävien mitattujen arvojen poikkeamien summa on enintään 32 dB. Mitä pienemmän lukuarvon $L'_{nT,w}$ saa, sitä parempi on tilojen välinen askeläänieneristävyys.

Askeläänitasolukuun tulee määräysten mukaan sisällyttää myös spektripainotustermi $C_{I,50\text{-}2500}$, joka ottaa huomioon alle 100 Hz:n taajuuksia (kuva 17). Täten suunnittelussa käytettävä askeläänitasoluku esitetään muodossa $L'_{nT,w} + C_{I,50\text{-}2500}$.



Kuva 16. Välipohjan askeläänieneristävyyden mittausympäristöjä.



Kuva 17. Välipohjan askeläänieristävyyden mittaustulos.

3 RAKENNUSOSIEN AKUSTINEN TOIMINTA

3.1 YKSINKERTAINEN RAKENNE

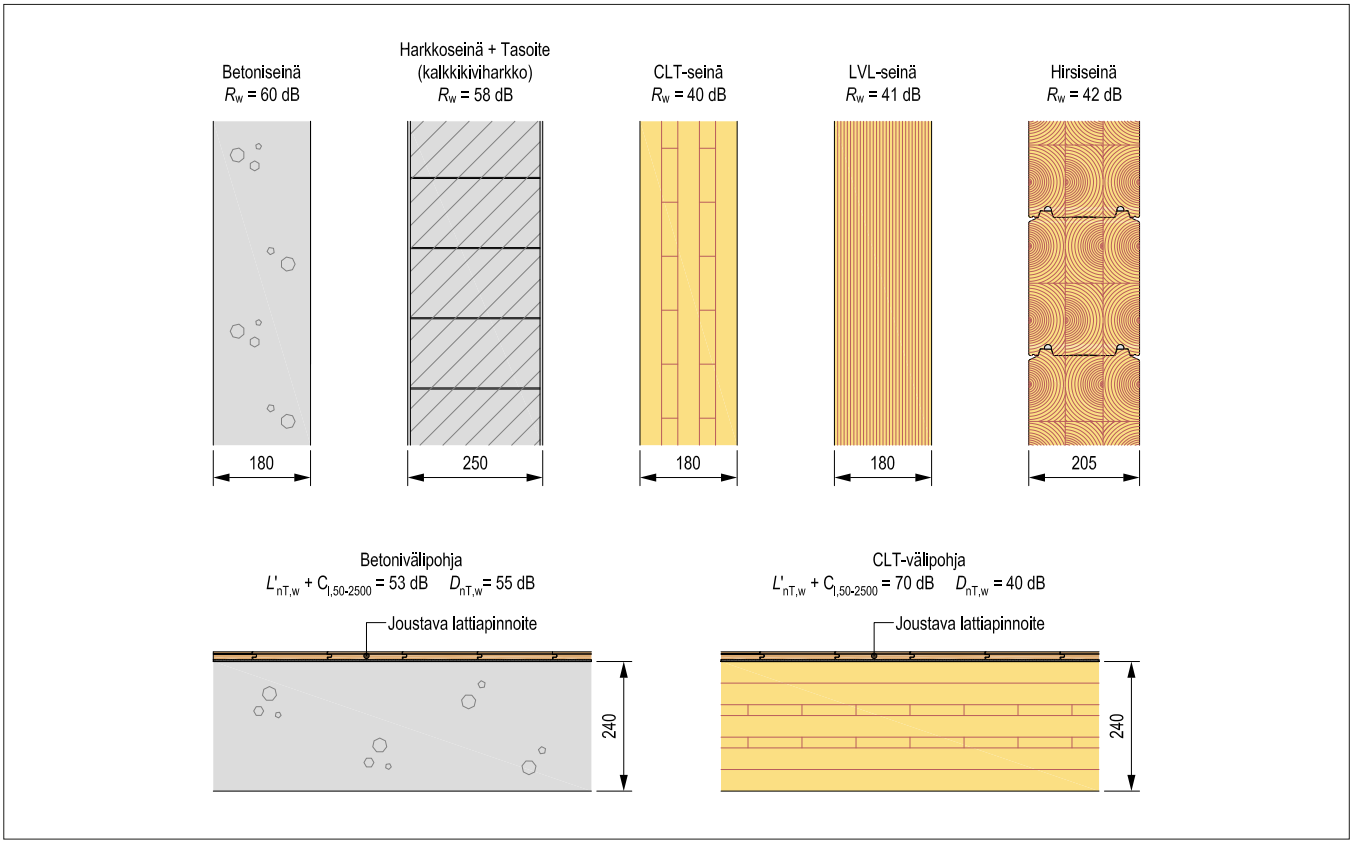
Akustisesti rakenne on yksinkertainen, kun se on kauttaaltaan samaa materiaalia tai kun eri materiaalikerrokset ovat niin kiinteässä yhteydessä toisiinsa, että ne värähtelevät yhtenä kokonaisuutena. Yksinkertaisen rakenteen ilmaääneneristävyyden suunnittelussa merkityksellisiä tekijöitä ovat rakenteen massa, jäykkyys, ilmatiiviys ja rakenteellisten sivutiesiirtymien vaikutus. Yksinkertaisen rakenteen askeläääneneristävyyden suunnittelussa edellisten lisäksi merkityksellinen tekijä on myös pintarakenteen joustavuus (esim. lattiapinnoite).

3.2 YKSINKERTAISEN RAKENTEEN ILMAÄÄNENERISTÄVYYS

Ilmatiiviin yksinkertaisen rakenteen ilmaääneneristävyys perustuu pääasiassa massaan ja jäykkyyteen. Massalain mukaan rakenteen ilmaääneneristävyys kasvaa noin 6 dB, kun rakenteen massa kaksinkertaistuu. Näin tapahtuu myös massalain taajuusalueella (kuva 19), kun tarkasteltava äänentaajuus kaksinkertaistuu. Edellisistä johtuen rakenteen massan lisääminen on hyvin tehokas keino yksinkertaisen rakenteen ilmaääneneristävyyden parantamiseen.

Betonirakenteen, jonka massa on ≥ 300 kg/m^2, koinsidenssin rajataajuus on hyvin pieni (kuva 19). Tällaisen betonirakenteen ilmaääneneristävyys kasvaa koinsidenssin rajataajuuden yläpuolella hyvin tehokkaasti leikkausaaltoalueelle saakka. Leikkausaaltoalueella ilmaääneneristävyyden kasvu taajuuden mukaan ei ole enää yhtä voimakasta, koska leikkausaaltojen vaikutus heikentää ilmaääneneristävyyttä suurilla taajuuksilla. Erityisesti tämä korostuu betonirakenteilla, joiden massa on > 500 kg/m^2. Tulee myös ottaa huomioon, että koinsidenssi-ilmiö heikentää betonirakenteen ilmaääneneristävyyttä merkittävästi, kun rakenteen massa < 300 kg/m^2.

CLT-levyn lamellirakenne on erilainen levyn eri suunnissa, joten CLT-levyllä on kaksi koinsidenssin rajataajuutta. Kuvasta 19 olevasta CLT-rakenteesta havaitaan kuinka koinsidenssin rajataajuudet heikentävät ilmaääneneristävyys, mutta niiden yläpuolella ilmaääneneristävyys kasvaa hyvin tehokkaasti leikkausaaltoalueelle saakka. Puurakenteen alhaisesta massasta ja jäykkyydestä joh-



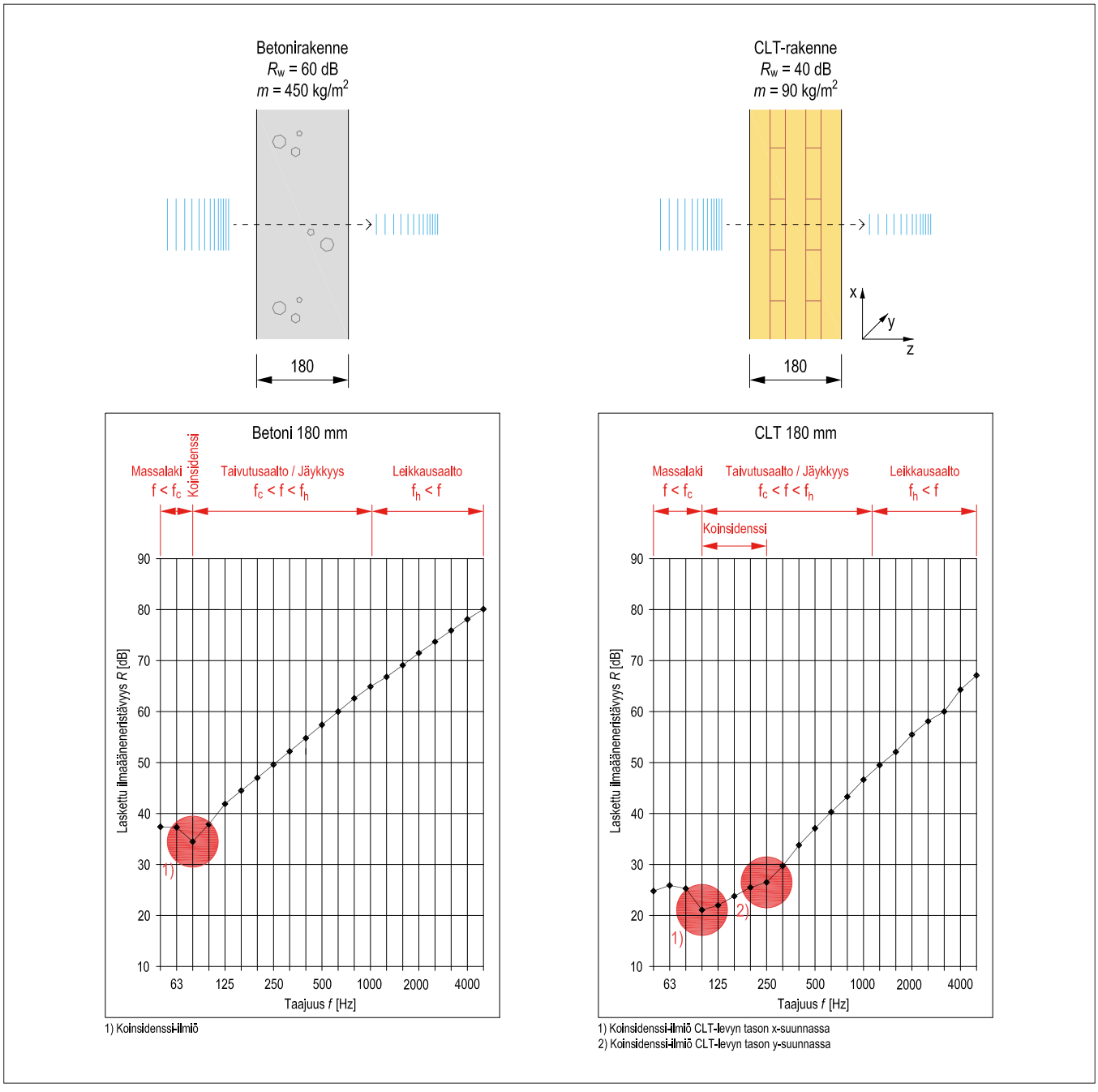
Kuva 18. Esimerkkejä yksinkertaisista rakenteista.

tuen sen ilmaääneneristävyys on kuitenkin taajuuskaistoittain merkittävästi alhaisempi verrattuna vastaan paksuiseen betonirakenteeseen. Jotta massiivisella puurakenteella voitaisiin saavuttaa samanlainen ilmaääneneristävyys kuin 180 mm paksulla betonirakenteella, tulisi puurakenteen olla paksuudeltaan lähes 600 mm.

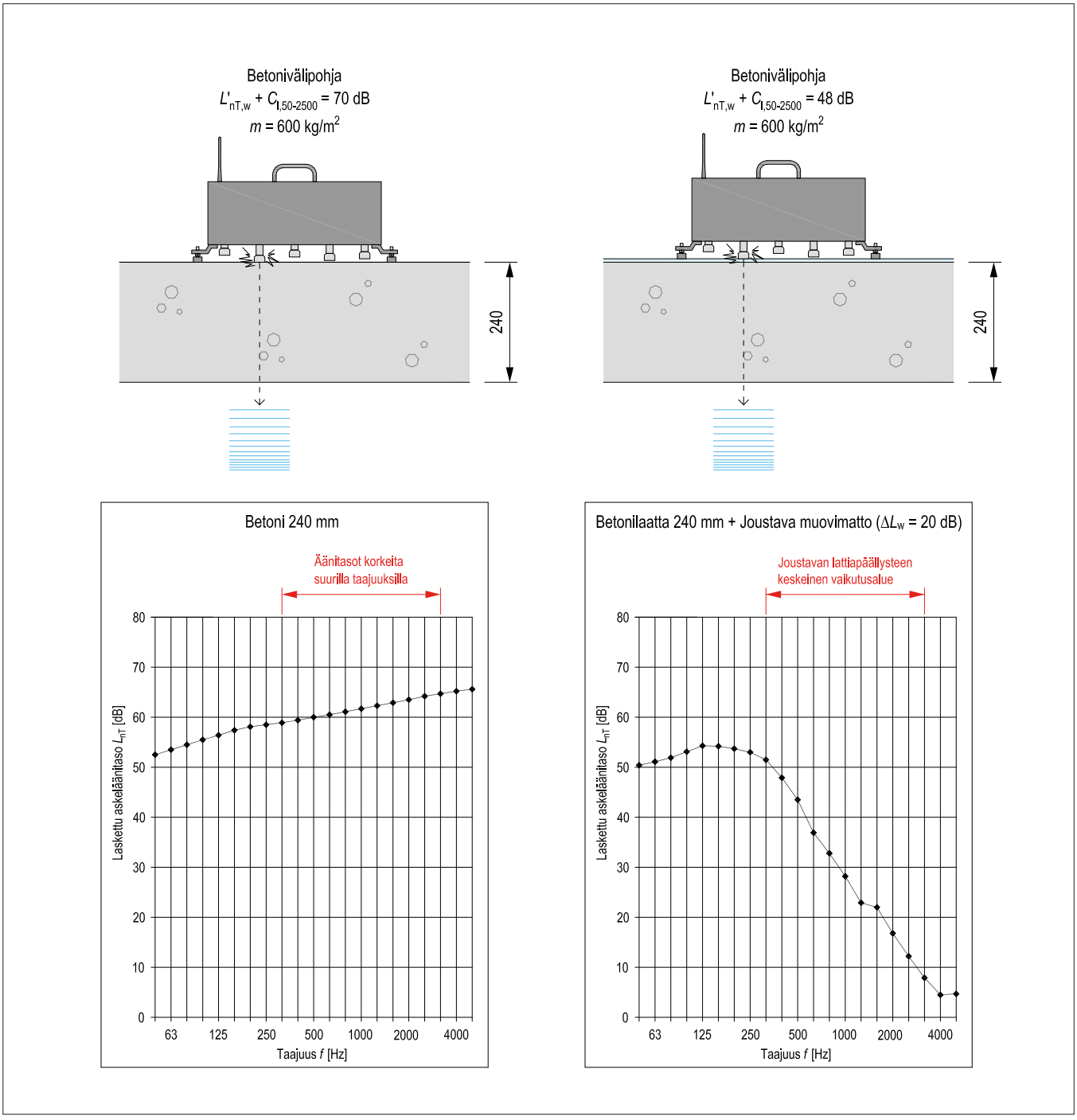
3.3 YKSINKERTAISEN RAKENTEEN ASKELÄÄNENERISTÄVYYS

Ilmatiiviin yksinkertaisen rakenteen askeläänieristävyys perustuu pääasiassa sen massaan, jäykkyyteen ja joutavaan lattiapinnoitteeseen. Yksinkertaisen betonivälipohjan tuottamat askeläänitasot ovat pienillä taajuuksilla alhaisia, mutta suurilla taajuuksilla askeläänitasot kasvavat (kuva 20). Tästä johtuen yksinkertaisen betonivälipohjan päällä tarvitaan tavallisesti joustava lattiapinnoite tai kelluva pintalaatta alentamaan askeläänitasoja suurilla taajuuksilla (kuva 20).

Joustavan lattiapinnoitteen yhteydessä, tulee tarkastella lattiapinnoitteen askeläänenparannuslukua ΔL_w. Kyseinen luku ilmoittaa kuinka paljon lattiapinnoite alentaa välipohjan askeläänitasolukua. Esimerkiksi joustavalla muovimatolla ja kelluvalla lautaparketilla (joustava aluskerros) $\Delta L_w = 18…20$ dB.



Kuva 19. Esimerkkejä yksinkertaisen rakenteen ilmaääneneristävyyden muodostumisesta.



Kuva 20. Esimerkkejä yksinkertaisen välipohjarakenteen askeläääneneristävyyden muodostumisesta.

3.4 KAKSINKERTAINEN RAKENNE

Kuvasta 18 havaitaan, että yksinkertaisilla massiivisilla puurakenteilla ei useinkaan pystytä saavuttamaan riittävää ääneneristävyyttä. Tästä johtuen ääntä eristävästä puurakenteisesta rakennusosasta tulee lähes aina muodostaa akustisesti kaksinkertainen rakenne. Tämä pätee sekä seinä- että välipohjarakenteille.

Akustisesti rakenne on kaksinkertainen, kun se on koostuu kahdesta levymäisestä massasta (m_1 ja m_2) sekä näiden välissä olevasta ilmavälistä (k). Kaksinkertaisen rakenteen ilmaväliä kutsutaan jouseksi, jonka toiminta on riippuvainen ilmavälin paksuudesta. Ilmaväli toimii jousena, kun sen paksuus on suurempi kuin rakenteeseen kohdistuvan äänen aallonpituus. Mitä löysempi jousi on, sitä vähemmän se siirtää värähtelyä levymäisten massojen m_1 ja m_2 välillä ja sitä parempi on rakenteen ilmaääneneristävyys. Toisin sanoen ohut ilmaväli ei toimi jousena, vaan se kytkee levymäiset massat toisiinsa, jolloin rakenteen ilmaääneneristävyys heikkenee.

Levymäiset massat voivat olla kiinni samassa rungossa (rankarunko), jolloin massat ovat mekaanisesti kytkeytyneet toisiinsa rungon välityksellä. Tällaisella rakenteella ei saavuteta merkittävää ilmaääneneristävyyttä, johtuen edellä mainitusta mekaanisesta kytkennästä.

Ideaalinen kaksinkertainen rakenne on sellainen, jossa levymäiset massat ovat täysin erillään toisistaan (kaksoisrunko) ja massat kytkeytyvät toisiinsa vain niiden välillä olevan suuren ilmavälin (k) välityksellä. Tällainen rakenne on ideaalinen massa-ilma-massa-systeemi, jolla voidaan saavuttaa erittäin tehokas ilmaääneneristävyyden kasvu systeemin resonanssitaajuuden yläpuolella, vaikka rakenne on kevyt. Rakennuksessa ei ole kuitenkaan helppoa toteuttaa ideaalista kaksinkertaista rakennetta, koska levymäisten massojen mekaanista kytkentää saattaa esiintyä esimerkiksi rakennusosien liitosalueilla. Samoin joissakin välipohjatyypeissä kantava runko kytkee väistämättä levymäisiä massoja lievästi toisiinsa.

Kaksinkertaisen rakenteen ilmaääneneristävyyden suunnittelussa merkityksellisiä tekijöitä ovat seuraavat:

- Levymäisten massojen paino, koinsidenssin rajataajuus ja ilmatiiviys.
- Massa-jousi-massa-systeemin resonanssitaajuus.
- Levymäisten massojen mekaaninen kytkentä.
- Ilmavälin paksuus (jousen jäykkyys).
- Rakenteellisten sivutiesiirtymien vaikutus.

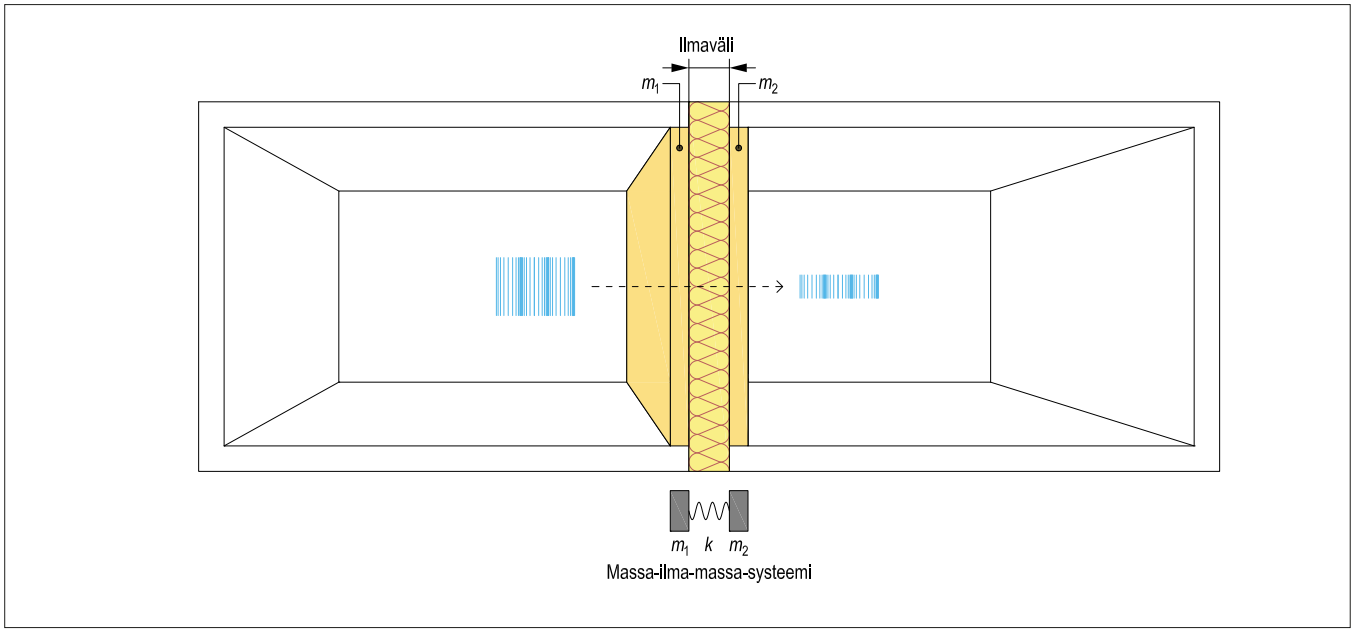
3.5 KAKSINKERTAISEN SEINÄN ILMAÄÄNENERISTÄVYYS

Kaksikertainen seinä voidaan toteuttaa rankarakenteisena, massiivipuulevyrakenteisena, hirsirakenteisena tai näiden yhdistelmänä. Puurakenteiset kaksinkertaiset seinät ovat akustisesta näkökulmasta kevyitä levymäisiä rakenteita, vaikka seinä koostuisi massiivipuulevyistä.

3.5.1 Seinän levyjen vaikutus ilmaääneneristävyyteen

Kaksinkertaisen rankaseinän rakennuslevyjen tulisi olla ohuita, jotta levyn koinsidenssin rajataajuus saataisiin mahdollisimman suureksi (kohta 1.4). Tavallisesti kaksinkertaisessa rankaseinässä tarvitaan kaksi rakennuslevykerrosta päällekkäin, jotta levytykseen saadaan riittävästi massaa ilmaääneneristävyyden näkökulmasta. Päällekkäiset levykerrokset tulee kiinnittää mekaanisesti (naulat, ruuvit, hakaset), jotta levyt toimivat koinsidenssin rajataajuuden näkökulmasta itsenäisinä. Päällekkäisiä levykerroksia ei tule liimata toisiinsa, koska tällöin niistä muodostuu yksi paksu levy. Tästä seuraa koinsidenssin rajataajuuden aleneminen ja seinän ilmaääneneristävyyden heikkeneminen.

Kipsilevyt soveltuvat hyvin ääntä eristäviin rakennusosiin, koska niiden koinsidenssin rajataajuus on suuri. Rankaseinissä voidaan kuitenkin käyttää myös puulevyn ja kipsilevyn yhdistelmiä. Kuvassa 23 on esitetty, kuinka rakennuslevyjen tyyppi vaikuttaa kaksinkertaisen rankaseinän ilmaääneneristävyyteen.

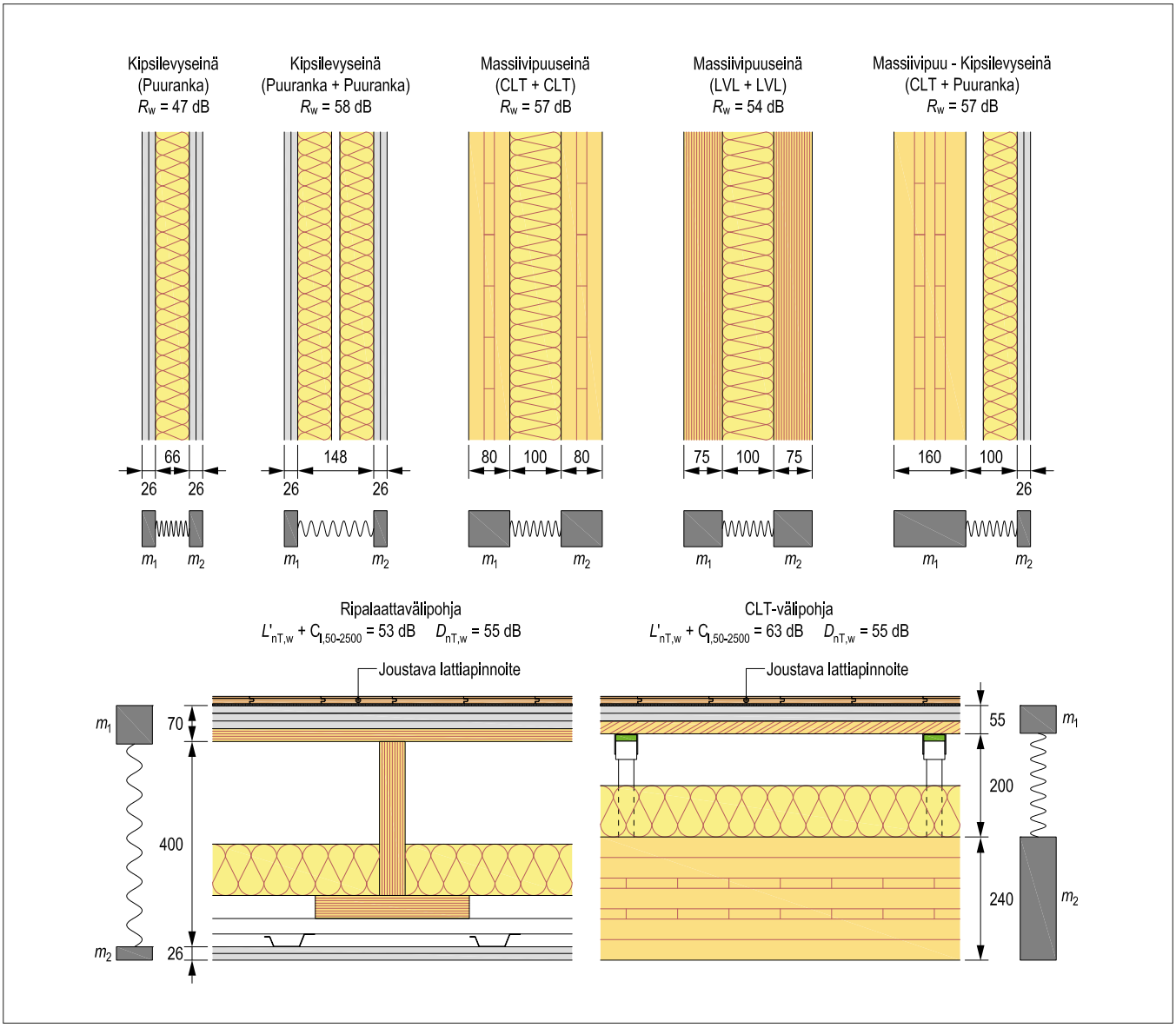


Kuva 21. Ideaalisen kaksinkertaisen rakenteen periaate rakennuksessa.

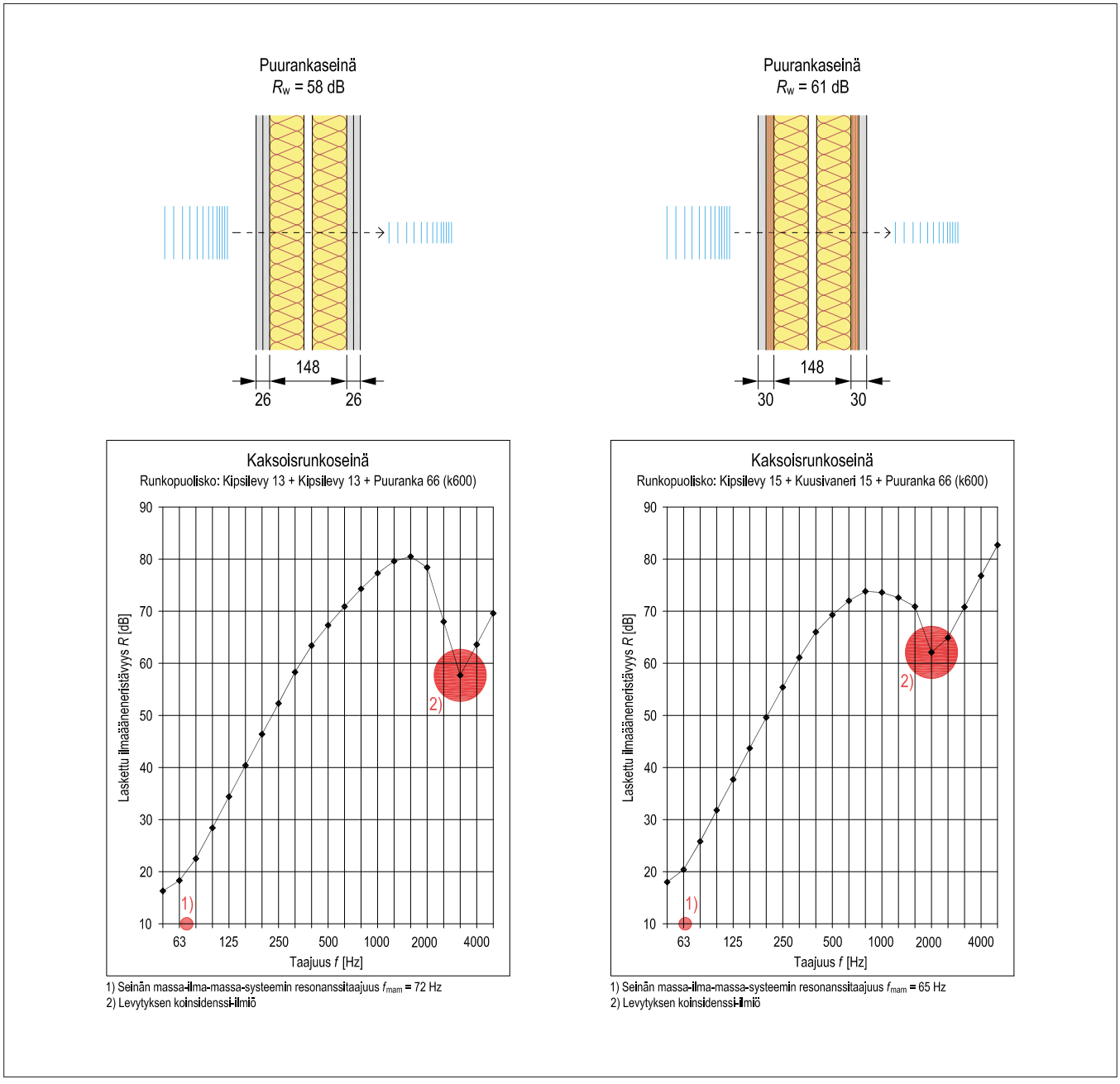
CLT-levyissä, LVL-levyissä ja vastaavissa massiivipuutuotteissa on paljon massaa, mutta koinsidenssi-ilmiö heikentää kyseisten tuotteiden ilmaääneneristävyyttä pienillä taajuuksilla (kuva 24). Massiivipuulevystä koostuvaan kaksinkertaiseen seinään tarvitaankin usein kipsilevytys ilmaääneneristävyyden näkökulmasta. Kipsilevytys tuo rakennusosaan lisää massaa ja vähentää koinsidenssi-ilmiön heikentävää vaikutusta ilmaääneneristävyyteen (kuva 24). Kyseinen kipsilevytys voidaan asentaa akustisesta näkökulmasta katsoen myös massiivipuulevyn taustapuolelle eli ilmavälin puolelle. Tällöin tulee huolehtia, että suunniteltu ilmaväli (k) toteutuu levyjen välillä (kuva 21).

Kuvasta 25 havaitaan, että massiivipuulevyjen paksuuden lisääminen ei ole tehokas keino massiivipuulevyistä koostuvan kaksinkertaisen seinän ilmaääneneristävyyden parantamiseen. Kaksinkertaiset massiivipuurakenteet tulisi toteuttaa siten, että käytetään ohuita rakennekerroksia, joiden välissä on suuri ilmaväli. Tällaisten paksujen huoneistojen välisten seinien toteuttaminen on nykyisin mahdollista, koska niistä lasketaan rakennusoikeuteen vain 200 mm. Tulee myös ottaa huomioon, että rakenteen kantavuuden näkökulmasta tarvitaan riittävän paksu massiivipuutuote.

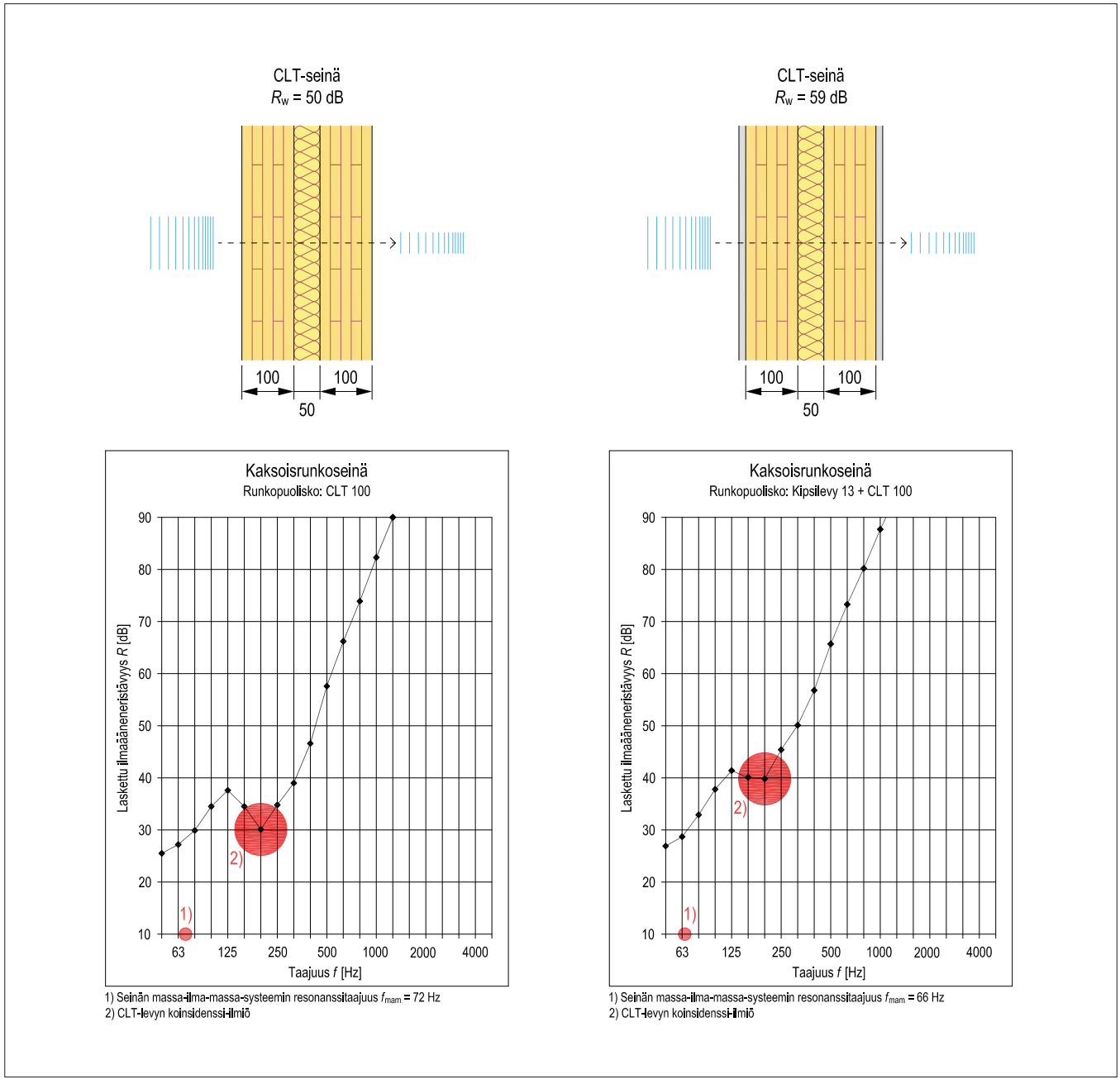
Massiivipuurakenteisten seinien ilmaääneneristävyyttä voidaan parantaa myös tekemällä seinän toiselle puolelle erillinen levypintainen rankaseinä, jolloin rakennusosasta muodostuu kaksinkertainen rakenne. Tällöin seinä ei ole molemmin puolin samannäköinen, mutta hyvällä tilasuunnittelulla myös kyseisten seinien käyttö on mahdollista. Rankaseinän rankarunko voi olla kiinni massiivipuuseinässä, mutta tällöin seinän ilmaääneneristävyys heikkenee merkittävästi (kuvat 27 ja 28).



Kuva 22. Esimerkkejä kaksinkertaisista puurakenteista.



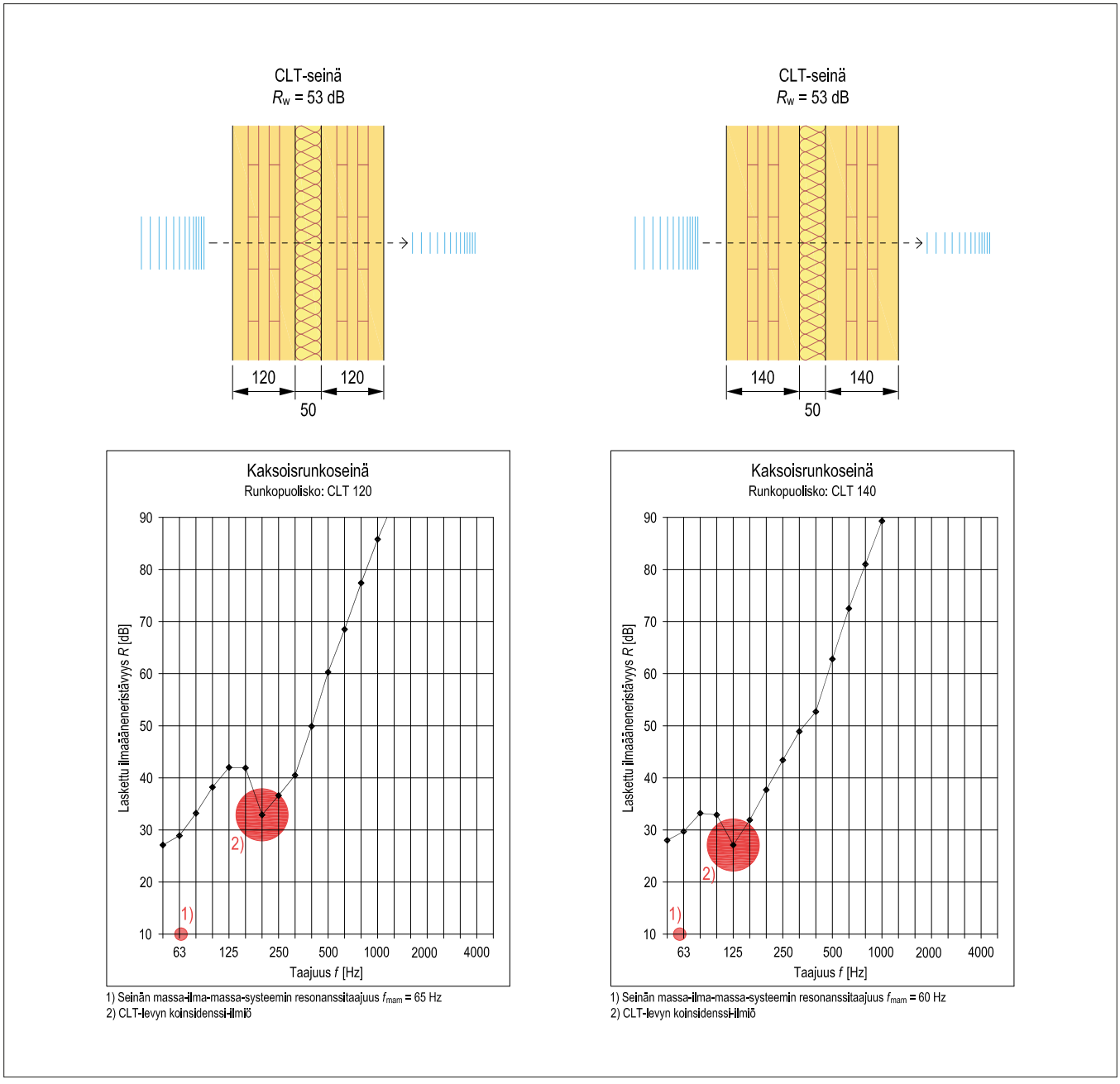
Kuva 23. Esimerkki levytyyppien vaikutuksesta kaksinkertaisen rankaseinän ilmaääneneristävyyteen.



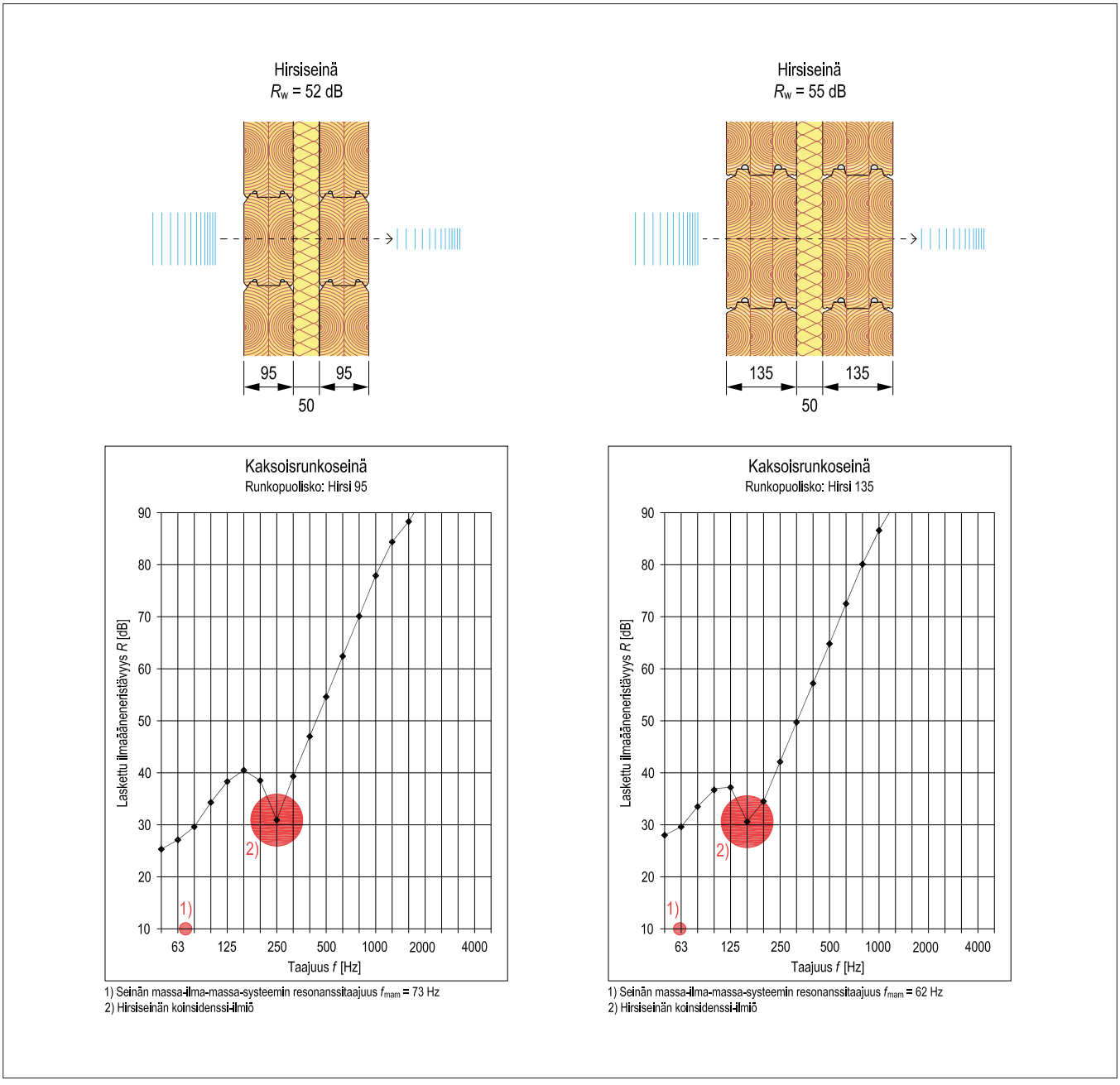
1) Seinän massa-ilma-massa-systeemin resonanssitaajuus f_{mam} = 72 Hz
2) CLT-levyn koinsidenssi-ilmiö

1) Seinän massa-ilma-massa-systeemin resonanssitaajuus f_{mam} = 66 Hz
2) CLT-levyn koinsidenssi-ilmiö

Kuva 24. Esimerkki kipsilevyn vaikutuksesta kaksinkertaisen CLT-seinän ilmaääneneristävyyteen (koskee myös LVL-seinää).



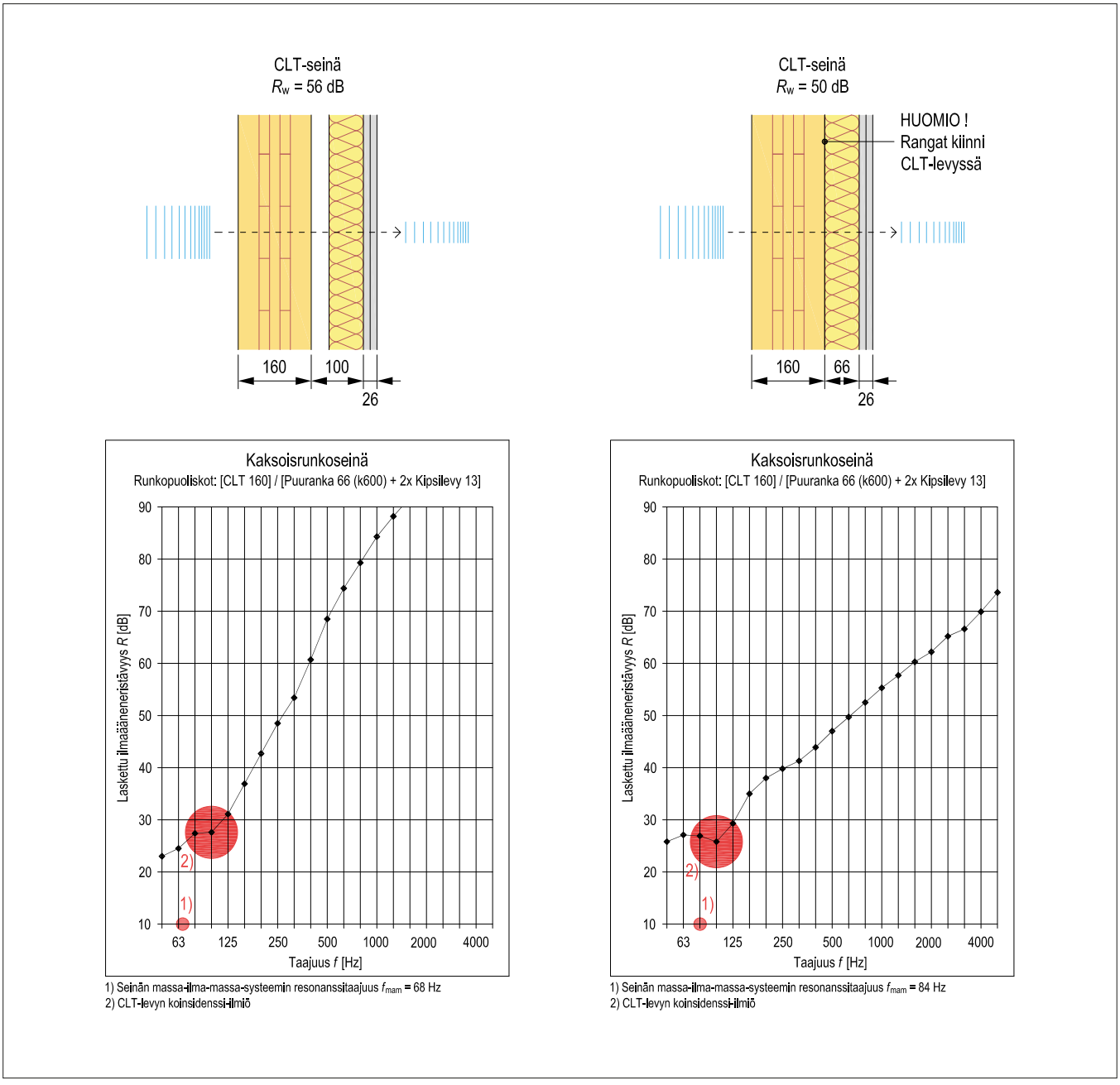
Kuva 25. Esimerkki CLT-levyn paksuuden vaikutuksesta kaksinkertaisen CLT-seinän ilmaääneneristävyyteen (koskee myös LVL-seinää).



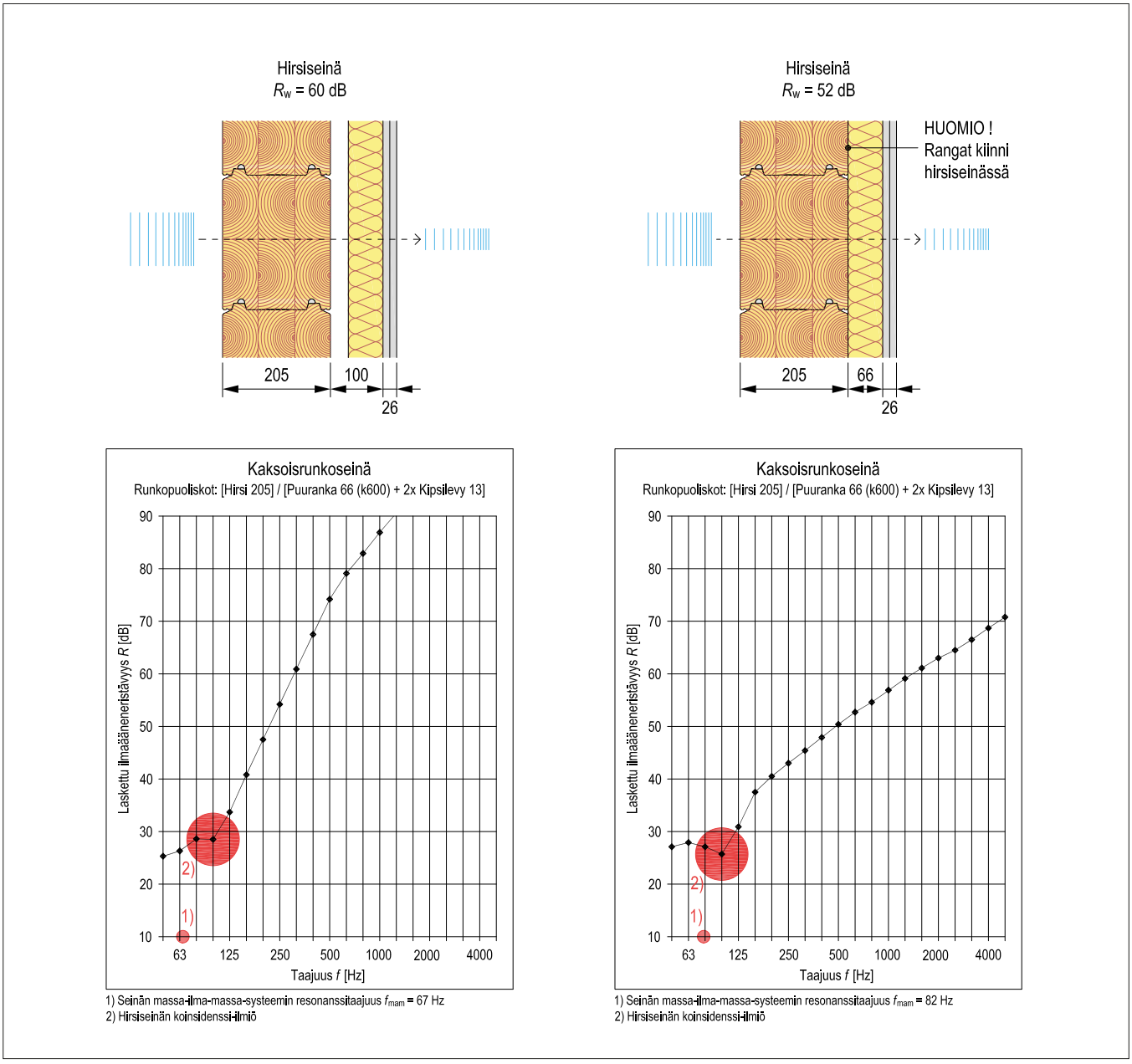
1) Seinän massa-ilma-massa-systeemin resonanssitaajuus f_{mam} = 73 Hz
2) Hirsiseinän koinsidenssi-ilmiö

1) Seinän massa-ilma-massa-systeemin resonanssitaajuus f_{mam} = 62 Hz
2) Hirsiseinän koinsidenssi-ilmiö

Kuva 26. Esimerkki hirren paksuuden vaikutuksesta kaksinkertaisen hirsiseinän ilmaääneneristävyyteen.



Kuva 27. Esimerkki rankarungon kiinnityksen vaikutuksesta kaksinkertaisen CLT-seinän ilmaääneneristävyyteen (koskee myös LVL-seinää).



Kuva 28. Esimerkki rankarungon kiinnityksen vaikutuksesta kaksinkertaisen hirsiseinän ilmaääneneristävyyteen.

3.5.2 Kaksinkertaisen rankaseinän ohjauspuiden vaikutus ilmaääneneristävyyteen

Käytännössä kantavissa kaksinkertaisissa rankaseinissä saatetaan joutua käyttämään hyvinkin järeitä rankoja. Seinän paksuus halutaan kuitenkin usein pitää mahdollisimman ohuena, joten järeiden rankojen tapauksessa joudutaan käyttämään niin sanottua *siksak*-runkoa. Tällaisessa rungossa rangat limittyvät seinän paksuuden suunnassa. *Siksak*-rungon järeiden rankojen limittymisen periaate on esitetty kuvan 30 oikeanpuoleisessa rakennetyypissä. Rankojen koon kasvaessa kasvaa myös niiden jäykkyys, mutta tämän vaikutusta kaksinkertaisen rankaseinän ilmaääneneristävyyteen voidaan pitää lähes merkityksettömänä.

Siksak-runkoa käytettäessä tulee huolehtia, että runkopuoliskojen järeät rangat eivät kytke runkopuoliskoja toisiinsa ohjauspuiden välityksellä. Näin tapahtuu, jos järeä ranka tukeutuu molempiin erillisiin rinnakkain oleviin ohjauspuihin. Tällöin seinän ilmaääneneristävyys heikkenee merkittävästi. Liitteessä 1 *Rakennetyypit* on esitetty kuinka *siksak*-rungon ala- ja yläohjauspuut toteutetaan siten, että runkopuoliskot eivät kytkeydy toisiinsa.

Kaksinkertaisessa rankaseinän tukipainekestävyyden ja seinän elementoinnin näkökulmasta olisi edullista, että seinässä voitaisiin käyttää koko seinäontelon levyistä yhtä ohjauspuuta, johon molempien runkopuoliskojen rangat kiinnitetään. Tällöin runkopuoliskot kytkeytyvät hyvin voimakkaasti toisiinsa ja seinän ilmaääneneristävyys heikkenee todella merkittävästi (kuva 30). Kytkennän heikentävää vaikutusta voidaan kompensoida lisäämällä levytyksen massaa ja/tai suurentamalla levyjen välistä ilmaväliä (k). Edellä mainitut menetelmät johtavat kuitenkin hyvin paksuihin seinärakenteisiin, mikäli halutaan täyttää asuinrakennuksen ilmaääneneristävyysvaatimus. Kaksinkertaisen seinän runkopuoliskojen kytkentää seinän reuna-alueilla on käsitelty tarkemmin kohdassa 3.5.5.

3.5.3 Seinän ontelon täytteen vaikutus ilmaääneneristävyyteen

Kaksinkertaisen seinän tyhjässä ilmavälissä (ontelossa) syntyy ilman ominaisvärähtelyä. Seinän ilmavälissä ääni heijastuu levymäisten pintojen välillä, jolloin pintojen välille syntyy voimakkaita seisovia ääniaaltoja ilman ominaisvärähtelyiden alimmilla ominaistaajuuksilla ja näiden monikerroilla. Käytännössä ääni kaikuu tyhjässä ilmavälissä, jolloin seinän ilmaääneneristävyys heikkenee. Kaksinkertaisen seinän ilmavälin ominaisvärähtelyiden ominaistaajuudet ovat pieniä seinän pituus- ja korkeussuunnassa ja suuria seinän paksuussuunnassa, joten ilmavälin kaiunta heikentää seinän ilmaääneneristävyyttä kokonaisvaltaisesti taajuusalueella 100…3150 Hz (mittausalue).

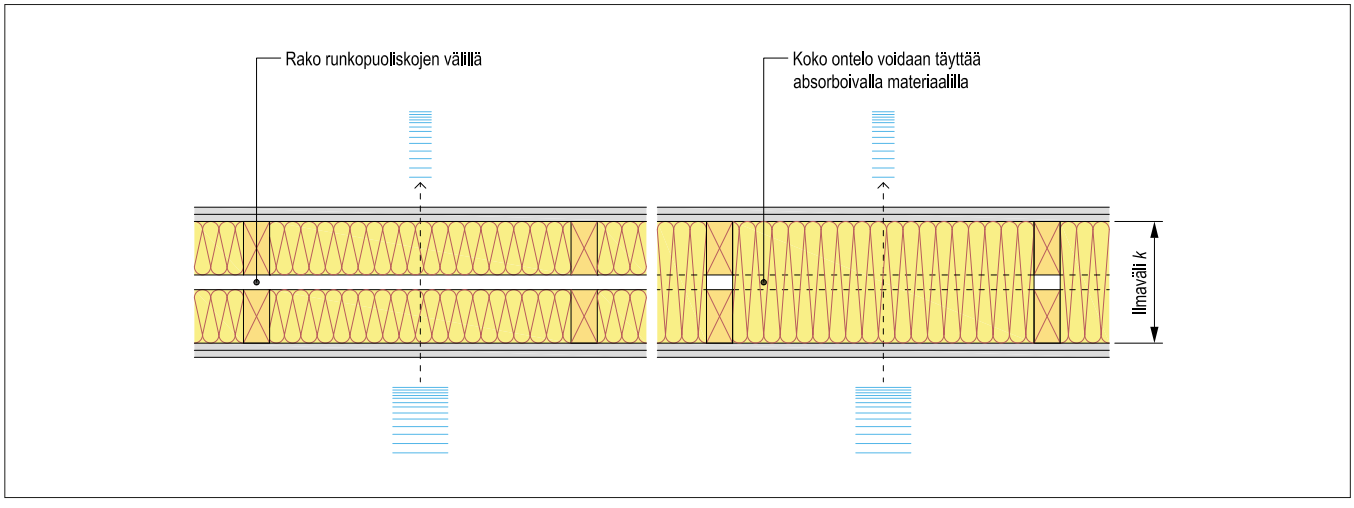
Ilmavälin kaiunnan estämiseksi kaksoisrunkoseinän ilmavälissä tulee olla ääntä absorboivaa materiaalia (absorptiosuhde suurilla taajuuksilla 0,8…0,9) vähintään puolet ilmavälin paksuudesta. Absorboivassa materiaalikerroksessa saa olla rakoja yms. epäjatkuvuuskohtia. Tavallisesti absorboivana materiaalina käytetään villaa. Materiaalivalinnassa tulee ottaa huomioon myös palotekniset vaatimukset. Kuvassa 31 on esitetty kuinka merkittävä vaikutus ilmavälin absoptiomateriaalilla on kaksinkertaisen seinän ilmaääneneristävyyteen.

3.5.4 Seinän ontelon paksuuden vaikutus ilmaääneneristävyyteen

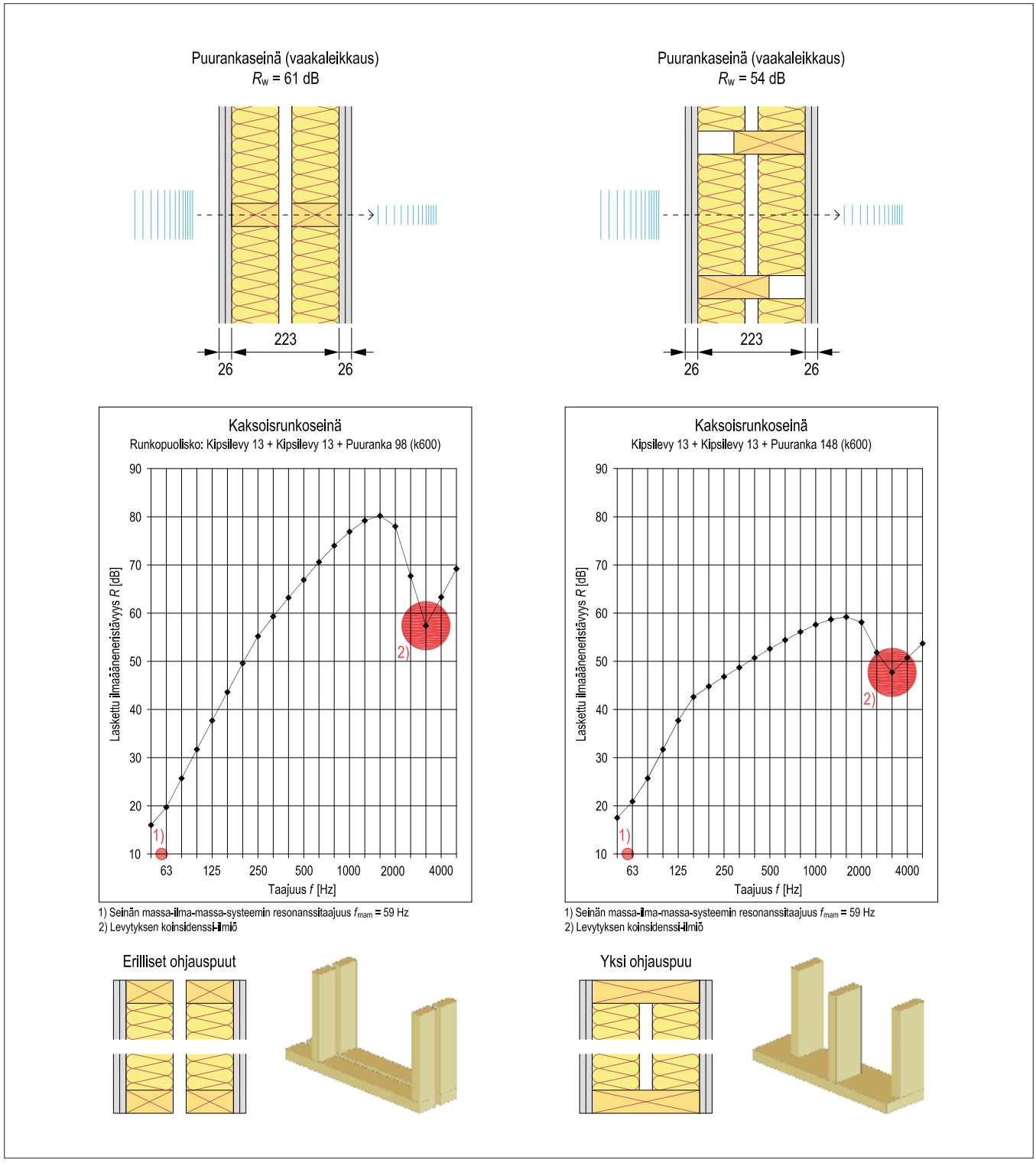
Kaksinkertaisen seinän ilmavälin (k) paksuuden lisääminen parantaa seinän ilmaääneneristävyyteen merkittävästi (kuvat 32 ja 33). Mitä paksumpi ilmaväli on, sitä vähemmän se kytkee runkopuoliskojen levymäisiä massoja toisiinsa. Rankaseinässä ilmaväli on levypintojen välinen etäisyys ja koko ilmaväli voidaan täyttää absorptiomateriaalilla (kuva 29). Kaksinkertaisen seinän ilmaväliä ei saa katkaista esimerkiksi seinän ontelossa olevalla levytyksellä, koska tällöin seinään muodostuisi useampia ohuita ilmavälejä (k). Tästä olisi seurauksena seinän ilmaääneneristävyyden heikkeneminen.

3.5.5 Kaksoisrunkoseinän runkopuoliskojen kytkentä

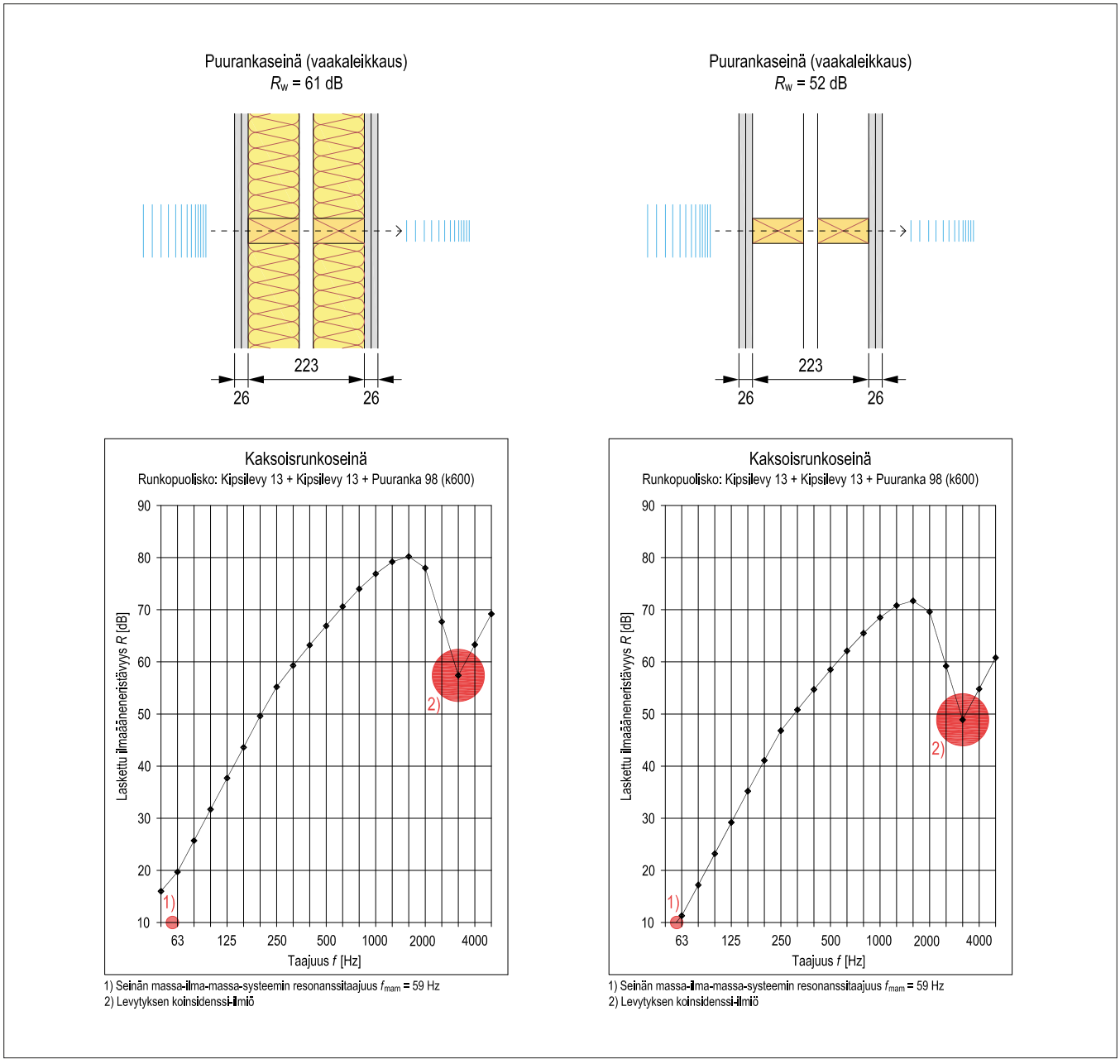
Kaksoisrunkoseinän akustisen toiminnan kannalta on erittäin tärkeää, että runkopuoliskojen välillä ei ole kytkentää. Käytännössä tätä ei voida täysin välttää, sillä seinän liitosalueilla esiintyy jonkinasteista kytkentää. Taulukoissa 5 ja 6 on esitetty erilaisten kytkentöjen vaikutus kaksinkertaisen seinän ilmaääneneristävyyteen.



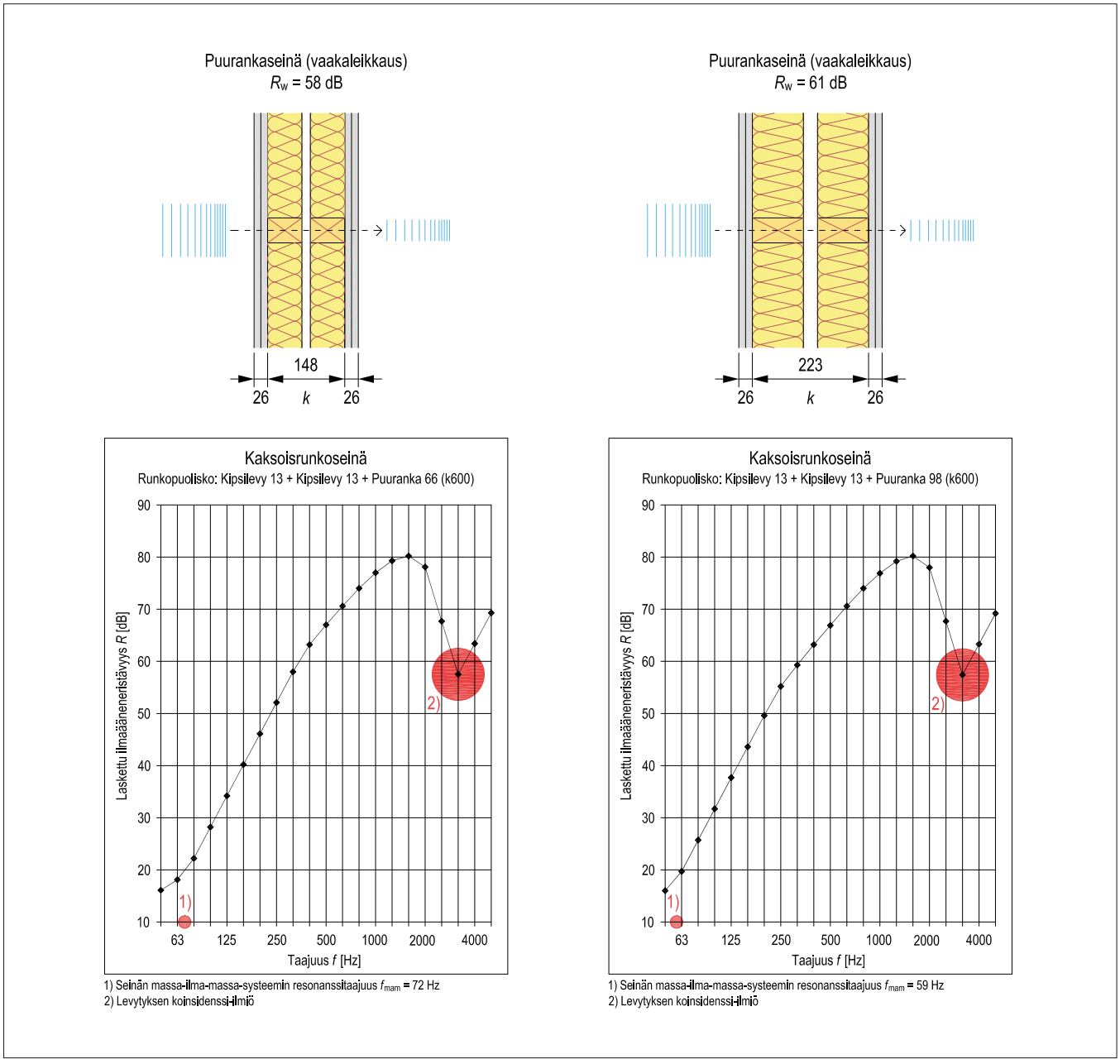
Kuva 29. Rankaseinän ilmaväli.



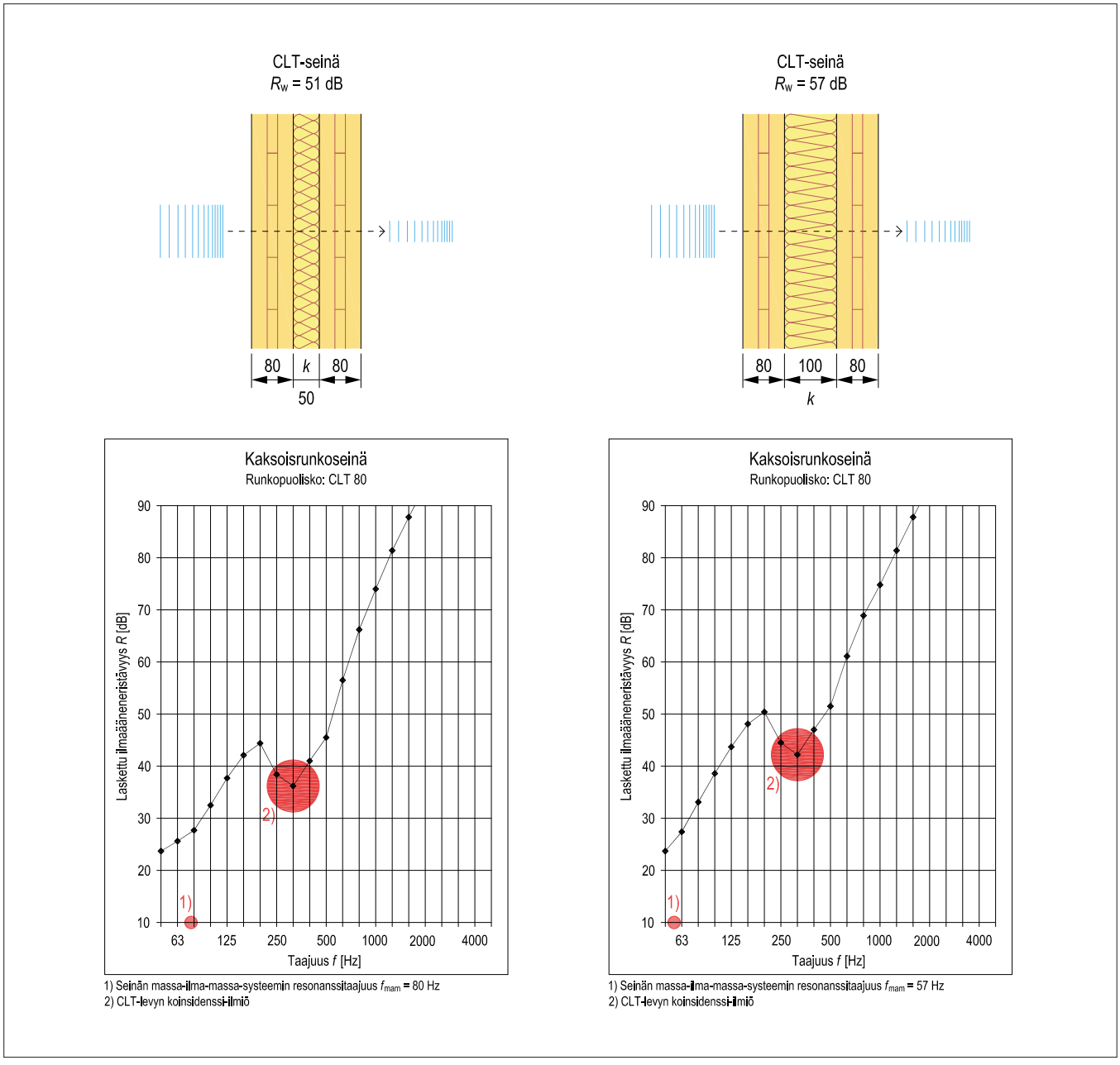
Kuva 30. Esimerkki ohjauspuiden välityksellä tapahtuvan kytkennän vaikutuksesta kaksinkertaisen rankaseinän ilmaääneneristävyyteen.



Kuva 31. Esimerkki ilmavälin absorptiomateriaalin vaikutuksesta kaksinkertaisen rankaseinän ilmaääneneristävyyteen.



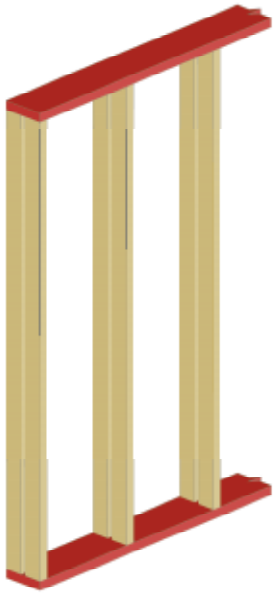
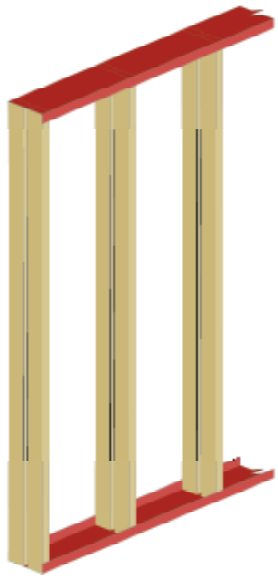
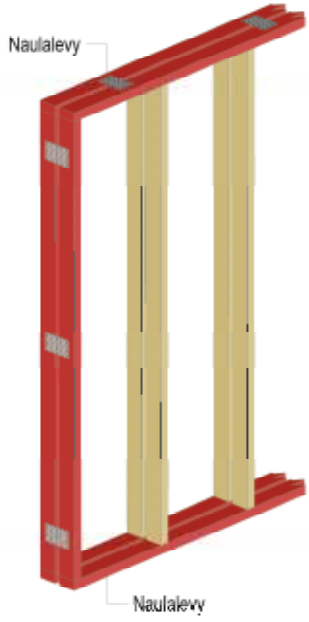
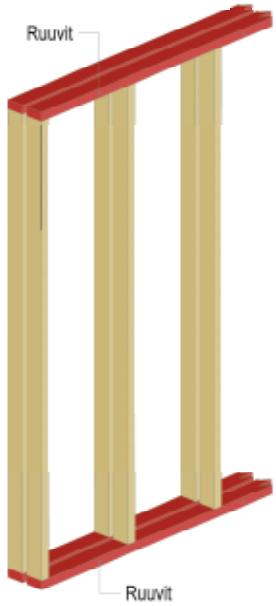
Kuva 32. Esimerkki ilmavälin paksuuden vaikutuksesta kaksinkertaisen rankaseinän ilmaääneneristävyyteen.



Kuva 33. Esimerkki ilmavälin paksuuden vaikutuksesta kaksinkertaisen CLT-seinän ilmaääneneristävyyteen (koskee myös LVL-seinää).

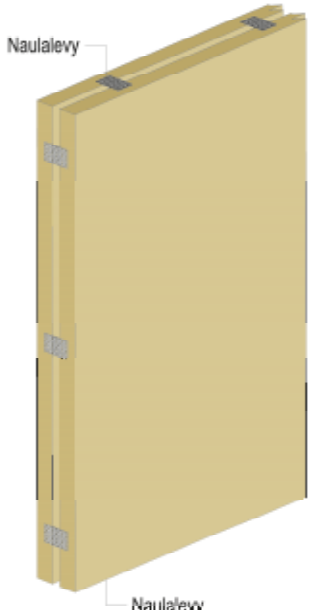
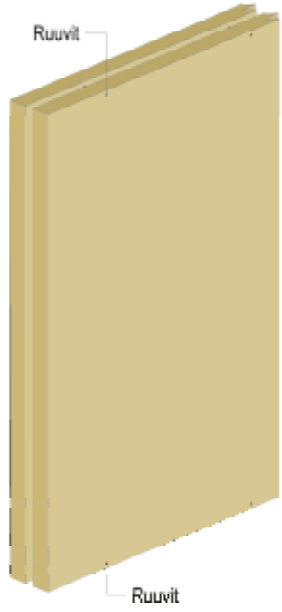
RAKENNUSOSIEN AKUSTINEN TOIMINTA

Taulukko 5. Rankarakenteisen kaksoisrunkoseinän reunojen kytkennän vaikutus ilmaääneneristävyyteen.

Runkopuoliskoilla sama ohjauspuu **Puupalkki**	$D_{nT,w}$ heikennys **- 5...-10 dB**	Runkopuoliskoilla sama ohjausranka **Peltiranka**	$D_{nT,w}$ heikennys **- 4...-8 dB** [1]
			
Kytkentä ohjauspuissa sekä pystyreunoissa **Naulalevy k-jaolla ≥ 1000**	$D_{nT,w}$ heikennys **- 2...-5 dB**	Kytkentä ohjauspuissa **Ruuvit k-jaolla ≥ 1000**	$D_{nT,w}$ heikennys **- 2...-5 dB**
			

[1] Riippuu peltirangan jäykkyydestä

Taulukko 6. Massiivipuulevyrakenteisen kaksoisrunkoseinän reunojen kytkennän vaikutus ilmaääneneristävyyteen.

Kytkentä ala- ja yläreunassa sekä pystyreunoissa **Naulalevy k-jaolla ≥ 1000**	$D_{nT,w}$ heikennys **vähintään -10 dB**	Kytkentä ala- ja yläreunassa **Ruuvit k-jaolla ≥ 1000**	$D_{nT,w}$ heikennys **vähintään -10 dB**
			

HUOMIO!
Kytkennät heikentävät massiivipuulevyrakenteiden ääneneristävyyttä merkittävästi. Tämän takia massiivipuulevyjen yhteydessä käytetään yleensä tärinäeristimiä.

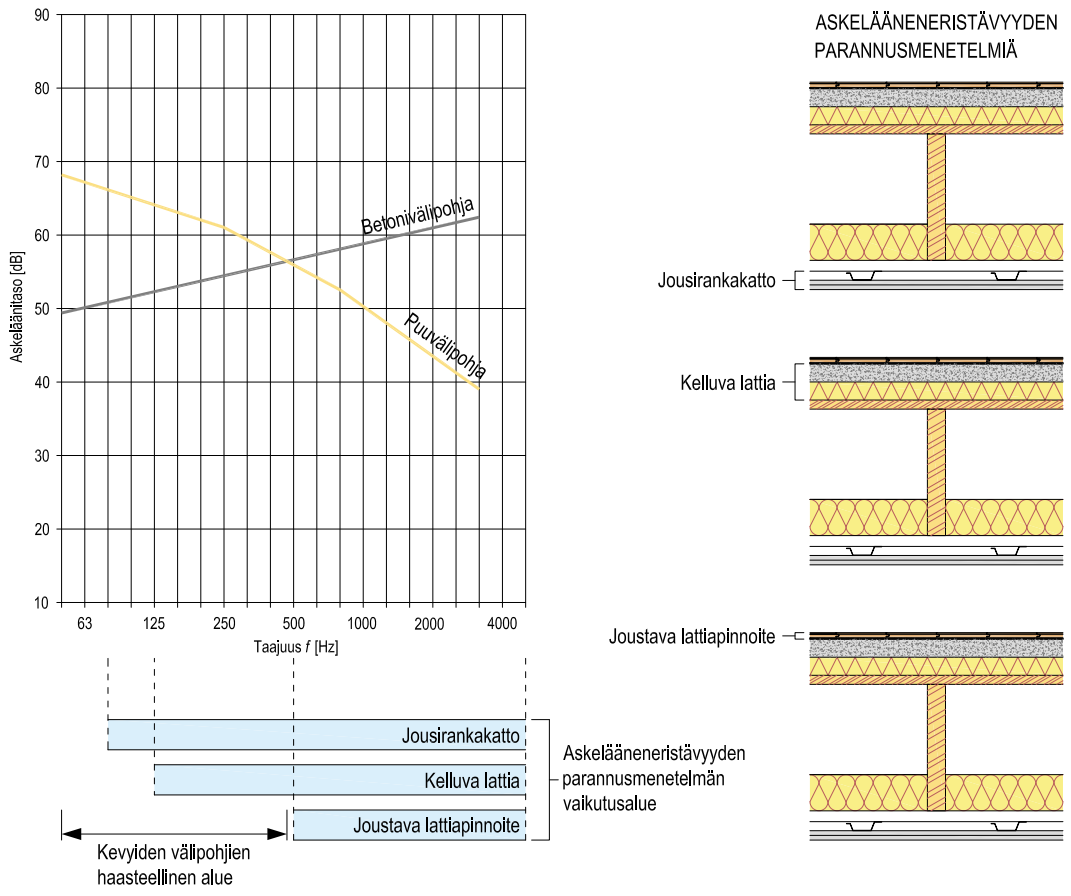
3.6 KAKSINKERTAISEN VÄLIPOHJAN ASKELÄÄNENERISTÄVYYS

Välipohjien akustisessa suunnittelussa keskeisintä on askeläänеneristävyyden toteuttaminen. Välipohjan ilmaääneneristävyys ei yleensä ole haaste, kun askeläänеneristävyysvaatimukset saadaan täytettyä. Tämä ei kuitenkaan aina pidä paikkaansa massiivipuulevyrakenteisten välipohjien tapauksessa. Ilmaääneneristävyyden näkökulmasta kaksinkertaisessa välipohjassa pätevät samat akustiset seikat, mitä on esitetty kohdassa 3.5 kaksinkertaisen seinän osalta.

Kaksikertainen välipohja voidaan toteuttaa rankarakenteisena, massiivipuulevyrakenteisena, liittorakenteisena tai näiden yhdistelmänä. Puurakenteiset kaksinkertaiset välipohjat ovat akustisesta näkökulmasta kevyitä levymäisiä rakenteita, vaikka välipohja koostuisi massiivipuulevyistä.

Puuvälipohjan askeläänitasot ovat pienillä taajuuksilla korkeita ja suurilla taajuuksilla matalia (kuva 34). Päällystämättömällä betonivälipohjalla tilanne on päinvastainen. Betonivälipohjan tapauksessa askeläänitasoja voidaan kuitenkin alentaa tehokkaasti suurilla taajuuksilla joustavan lattiapäällysteen avulla. Edellä mainituista akustisista eroista johtuen puu- ja betonivälipohjien askeläänеneristävyyden parantamisessa ei voida suoraan käyttää samanlaisia menetelmiä. Esimerkiksi joustava lattiapinnoite ei ole puuvälipohjan tapauksessa yhtä tehokas keino kuin betonivälipohjan tapauksessa.

Puuvälipohjan askeläänеneristävyyttä voidaan parantaa tehokkaimmin akustisten jousirankojen varaan asennetun kipsilevykaton avulla (jousirankakatto). Lisäksi puurakenteisissa välipohjissa tarvitaan massaa matalien taajuuksien eristämiseen. Tyypillisesti massanlisäys toteutetaan valulattialla (betoni-, kipsi- tai plaano) tai paksulla kipsilevylattialla. Edellä mainitut lattiatyypit voivat olla kelluvia tai kiinteitä.



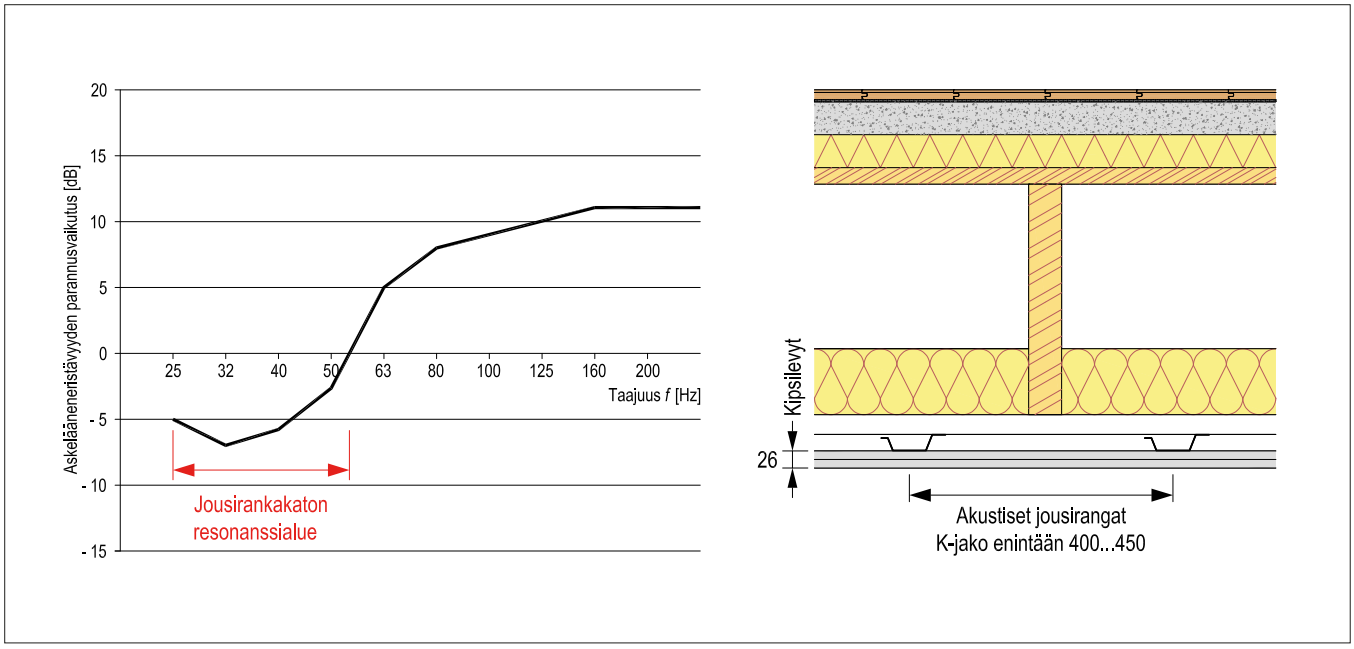
Kuva 34. Kevyen ja raskaan päällystämättömän välipohjan eroavaisuuksia askeläänieristävyyden näkökulmasta.

3.6.1 Jousirankakaton vaikutus askeläänieristävyyteen

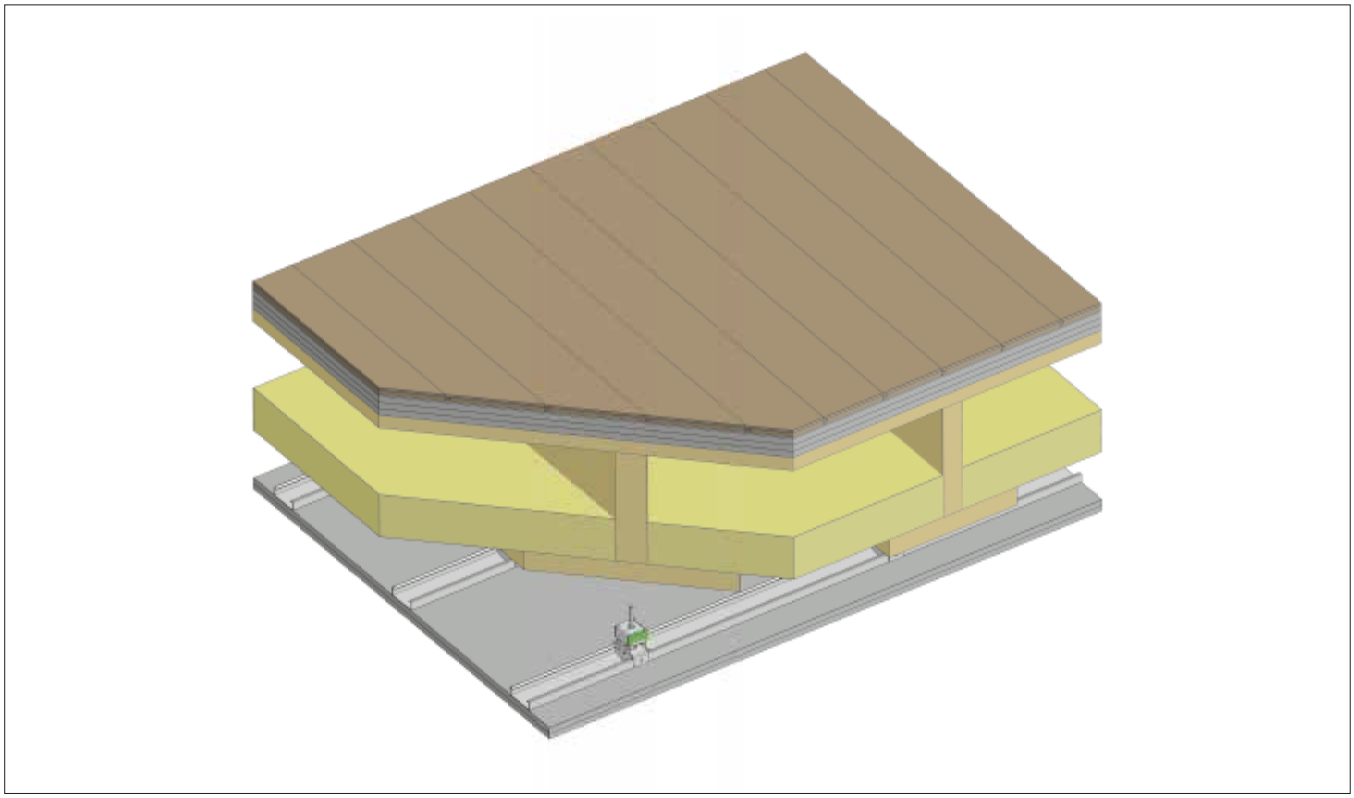
Akustisten jousirankojen varaan asennettu kipsilevykatto (jousirankakatto) tekee puuvälipohjasta lähes ideaalisen kaksinkertaisen rakenteen, koska kattolevytys saadaan irrotettua akustisesti välipohjan rungosta. Akustiset jousirangat parantavat välipohjan ilma- ja askeläänieristävyyttä merkittävästi ja jousirankakaton parannusvaikutus askeläänieristävyyteen alkaa jo noin 50 Hz:n kohdalta (kuva 35). Mitä joustavampi ja raskaampi jousirankakatto on, sitä parempi ilma- ja askeläänieristävyys saavutetaan.

Akustinen jousirankakatto voidaan toteuttaa erilaisilla tähän tarkoitukseen kehitetyillä tuotteilla. Suunnittelussa ja toteutuksessa tulee noudattaa jousiranka- ja kipsilevyvalmistajan ohjeita. Huomiota tulee kiinnittää myös jousirankojen kantokykyyn. Jousirankojen tulee olla irti ympäröivistä rakennusosista, jotta välipohjan ääneneristävyys ei heikkene jousirankojen kytkeytymisen takia. Kuvassa 36 ja 37 on esitetty erilaisia akustisia jousirankoja.

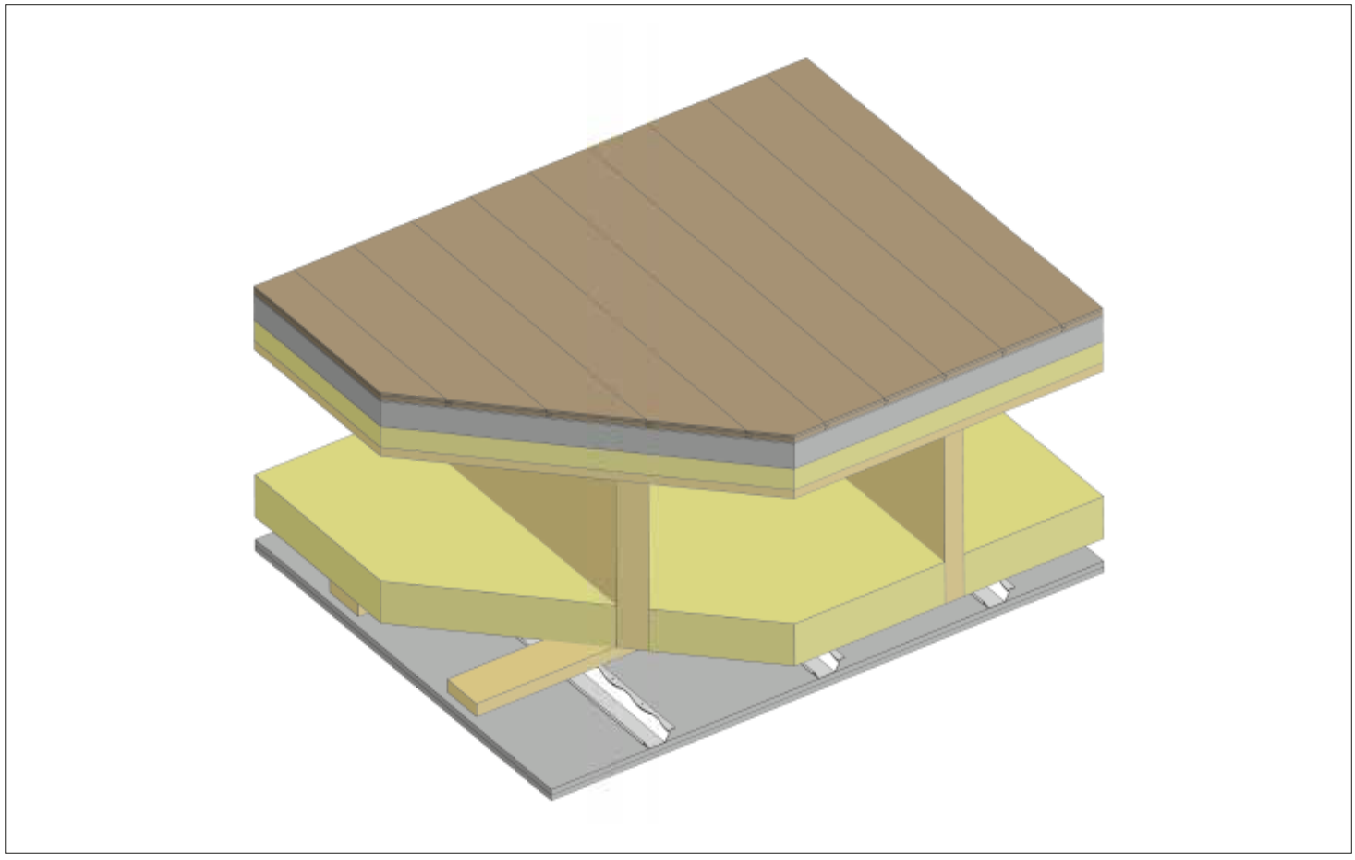
Akustisten jousirankojen toiminnan kannalta on tärkeää, että kipsilevytyksen massa suhteessa jousirankojen joustavuuteen on määritelty oikein. Tyypillisesti jousirankakatossa on kaksi päällekkäistä kipsilevykerrosta, jotka kiinnitetään ruuveilla. Päällekkäisiä levykerroksia ei tule liimata toisiinsa koinsidenssi-ilmiön takia. Kuvasta 40 havaitaan, että jousirankakaton vaikutus välipohjan askeläänieristävyyteen on merkittävä.



Kuva 35. Jousirankakaton parannusvaikutuksen kehittyminen puuvälipohjassa.



Kuva 36. Jousirankakatto toteutettuna tärinäeristimillä varustetuilla akustisilla jousirangoilla.



Kuva 37. Jousirankakatto toteutettuna peltirangasta valmistetuilla akustisilla jousirangoilla.

3.6.2 Kelluvan lattian vaikutus askelääneneristävyyteen

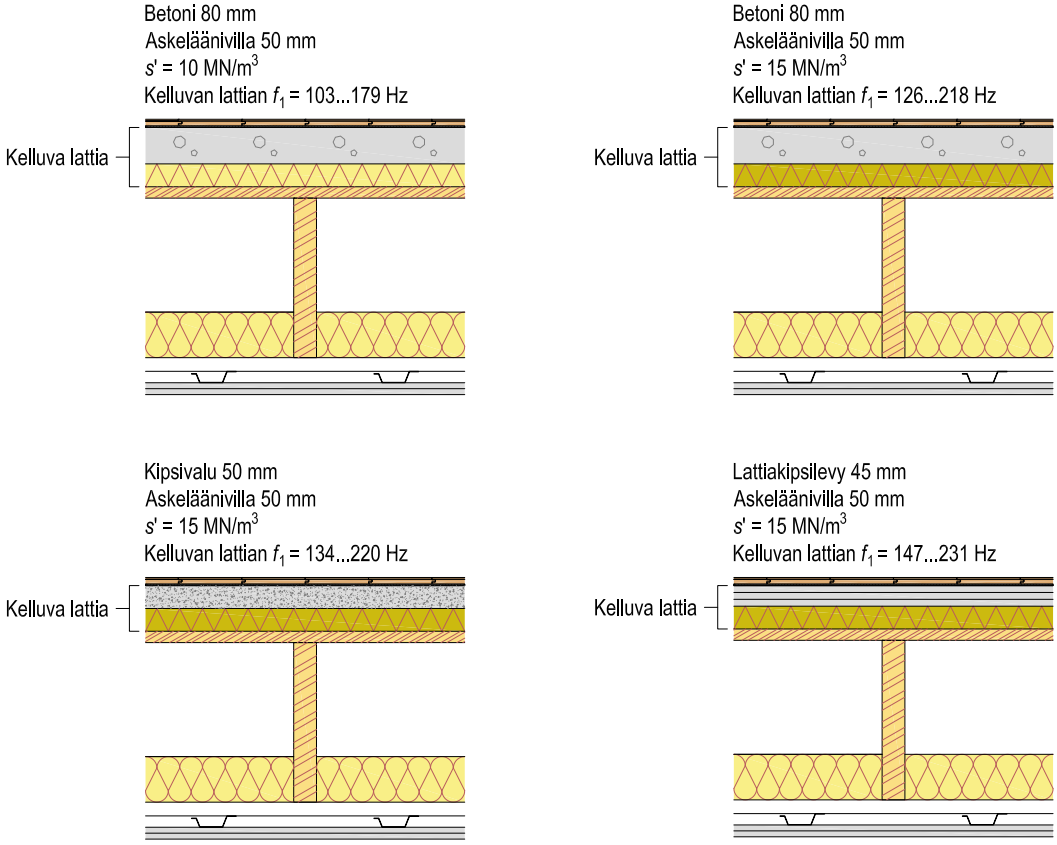
Kelluva lattia toteutetaan yleensä askeläänneneristeen päälle joko valulattiana (betoni-, kipsi- tai plaano) tai kipsilevylattiana. Askeläänneneristeenä käytetään tähän tarkoitukseen kehitettyjä tuotteita, kuten esimerkiksi mineraalivillaa tai elastisoitua polystyreeniä.

Kelluva lattia toimii ääneneristeenä sen resonanssialueen yläpuolisilla taajuuksilla, kuten ääntä eristävät rakenneosat yleensä. Tästä johtuen kelluvan lattian akustisessa suunnittelussa tulee tarkastella sen alinta ominaistaajuutta f_1 [Hz]. Mitä pienempi kelluvan lattian alin ominaistaajuus on, sitä parempi ääneneristävyys saavutetaan. Kelluvan lattian alimman ominaistaajuuden tulisi olla < 50 Hz, jotta resonanssi-ilmiön aiheuttamasta ääneneristävyyden heikentymisestä olisi mahdollisimman vähän haittaa. Kuvasta 38 havaitaan, kuinka askeläänneneristeen dynaaminen jäykkyys ja kelluvan lattian massa vaikuttavat kelluvan lattian alimpaan ominaistaajuuteen f_1. Myös palkkijako vaikuttaa kelluvan lattian ominaistaajuuteen, jonka takia kuvassa 38 alimmalle ominaistaajuudelle esitetään vaihteluväli. Kuvista 41 ja 42 havaitaan kuinka askelääänitasot kasvavat kelluvan lattian alimman ominaistaajuuden vaikutusalueella.

Kelluvan lattian suunnittelussa ja toteutuksessa tulee olla erittäin huolellinen, koska vähäinenkin kelluvan lattian kytkentä välipohjan kantavaan runkoon tai kelluvaa lattiaa ympäröiviin rakennusosiin heikentää välipohjan ääneneristävyyttä merkittävästi. Lisäksi välipohjan värähtelymitoituksessa tulee tarkastella erityisen huolellisesti kelluvan lattian massaa ja jäykkyyttä sekä askeläänneneristeen jäykkyyttä. Liian kevyt ja joustava kelluva lattia tekee välipohjasta epämukavan kävelyn näkökulmasta, koska kelluva lattia saattaa värähdellä kantavan rakenteen päällä. Taulukkoon 7 on koottu kelluvan lattian suunnittelussa ja toteutuksessa huomioitavia seikkoja.

3.6.3 Kiinteän pintalattian vaikutus askeläänneneristävyyteen

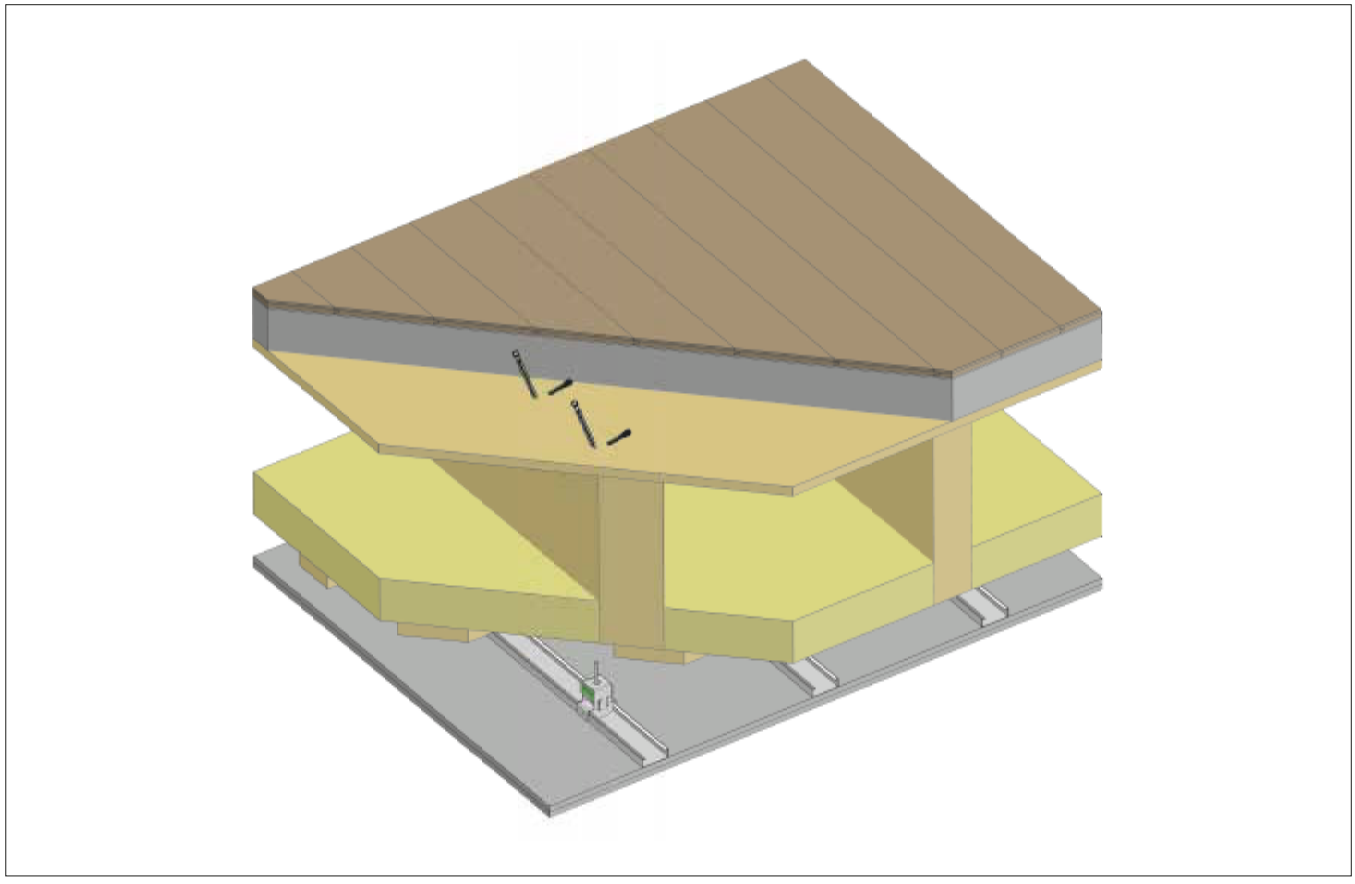
Käytettäessä kiinteänä pintalattiana riittävän raskasta valulattiaa (betoni-, kipsi- tai plaano), tehokasta jousirankakattoa ja joustavaa lattiapinnoitetta, voidaan saavuttaa erittäin hyvä askeläänneneristävyys (kuva 43). Betonirakenteinen kiinteä pintalattia voi olla myös liittorakenteinen puuvälipohjan rungon kanssa (kuva 39). Tällöin välipohjasta saadaan jäykempi ja saavutetaan pidempi jänneväli verrattuna tavalliseen palkkivälipohjaan.



Kuva 38. Esimerkkejä kelluvien lattioiden alimmista ominaistaajuuksista.

Taulukko 7. Kelluvan lattian suunnittelussa huomioitavia seikkoja.

Huomioitava seikka	Vaikutus
Kelluvan lattian irrotus sitä ympäröivistä rakennusosista	• Kytkennän estäminen
Valusuoja askeläänieneristeen päällä	• Kytkennän estäminen • Valettavan massan ja sen sisältämän veden valumisen estäminen
Riittävän jäykkä lattia askeläänieneristeen päällä	• Pistekuormituskestävyys • Taipuma
Riittävän raskas lattia askeläänieneristeen päällä	• Ääneneristävyys • Kävelyn aiheuttama värähtely
Riittävä jäykkä askeläänieneriste	• Kuormituskestävyys • Painuma • Kävelyn aiheuttama värähtely
Valulattian riittävä raudoitus ja paksuus	• Kelluvan laatan käyristymisen estäminen (kuivuu yhteen suuntaan)
Pintalaatan reunojen tiivistys	• Veden pääsyn estäminen pintalaatan alle käyttötilanteessa



Kuva 39. Esimerkki liittorakenteisesta puuvälipohjasta.

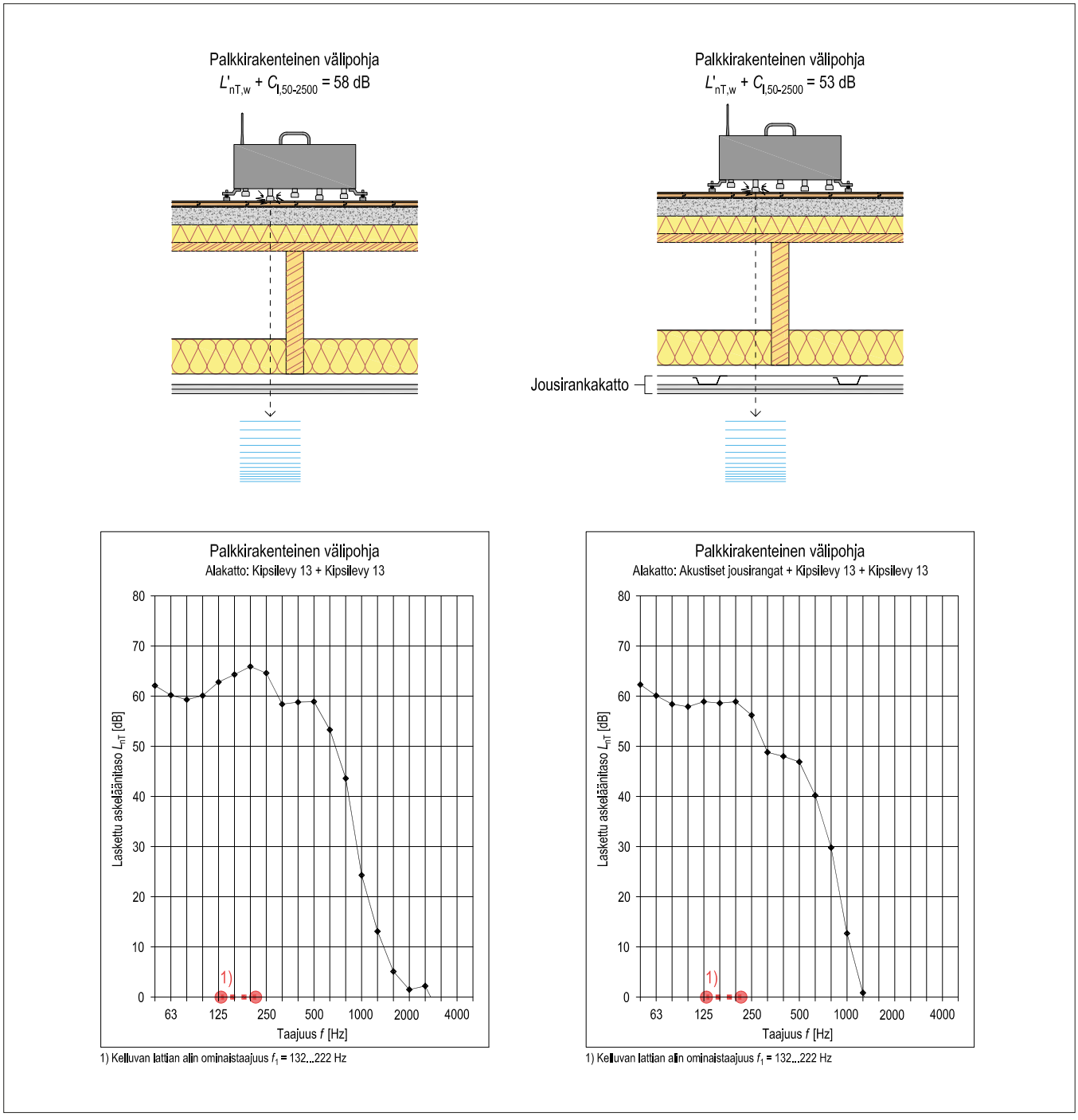
3.6.4 Lattiapinnoitteen vaikutus askelääneneristävyyteen

Lattiapinnoite ei vaikuta merkittävästi välipohjan ilmaääneneristävyyteen. Sen sijaan yksinkertaisen raskaan betonivälipohjan tapauksessa joustavalla lattiapinnoitteella on suuri merkitys askelääneneristävyyteen. Puuvälipohjissa joustavalla lattiapinnoitteella on vaikutusta askelääneneristävyyteen, kun välipohjassa on kiinteä pintalattia.

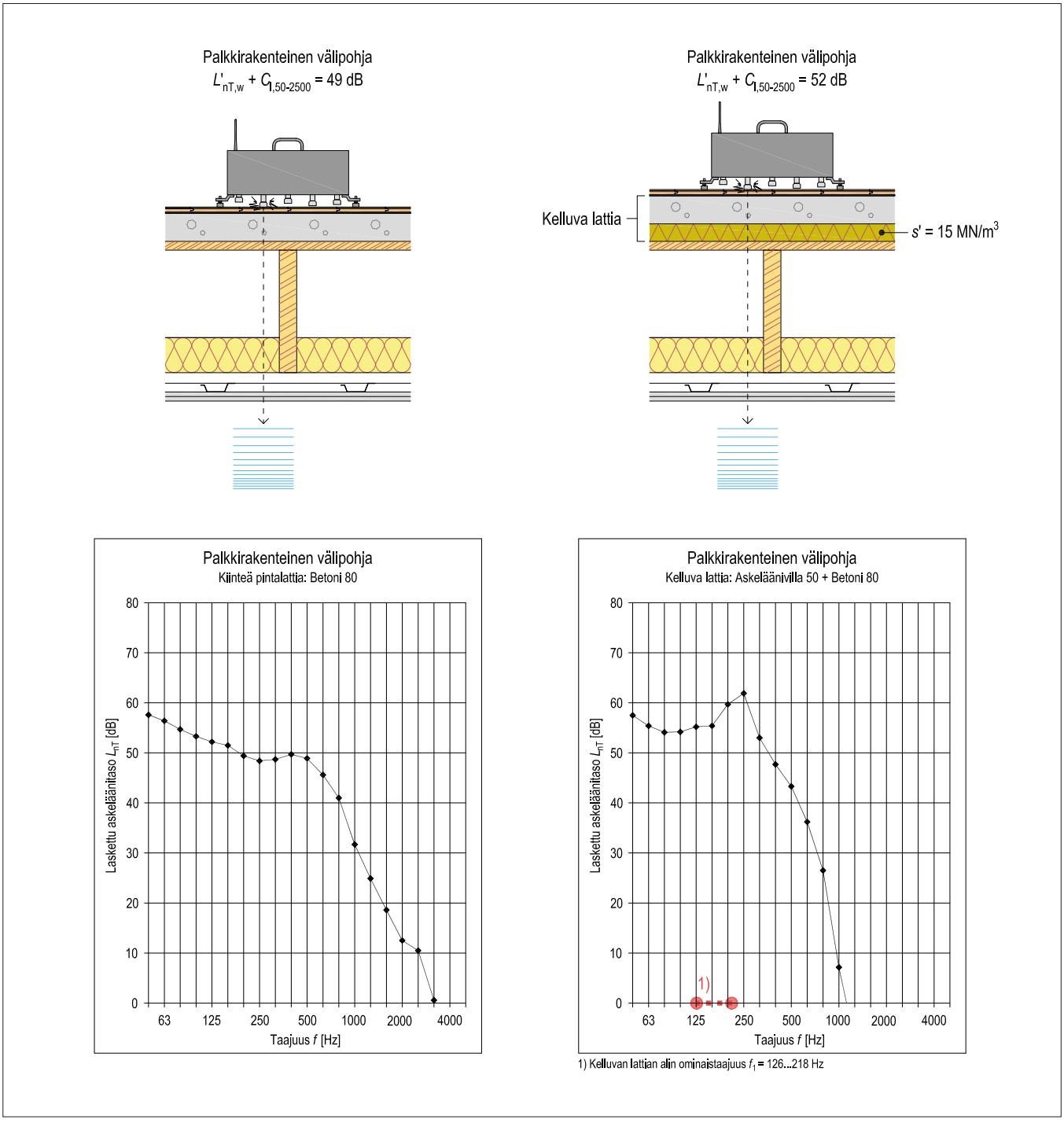
Kelluvan lattian tapauksessa joustavan lattiapinnoitteen vaikutus askelääneneristävyyteen on lähes merkityksetön. Tämä johtuu siitä, että kelluva lattia on joustavuutensa ansiosta merkittävässä asemassa, jolloin lattiapinnoitteen vähäinen joustavuus ei tuo merkittävää hyötyä kokonaisuuteen.

Joustava lattiapinnoite voidaan toteuttaa esimerkiksi muovimatolla, kokolattiamatolla tai joustavan aluskerroksen päällä olevalla parketilla/laminaatilla. Joustavien lattiapinnoitteiden askeläänenparannusluku ΔL_w on määritetty raskaalle yksinkertaiselle betonirakenteiselle välipohjalle, joten puurakenteisten välipohjien tapauksessa joustavan lattiapinnoitteen parannusvaikutus askelääneneristävyyteen ei ole yhtä hyvä. Tästä johtuen lattiapinnoitteiden ΔL_w-arvoja ei voida sellaisenaan soveltaa puurakenteisiin välipohjiin.

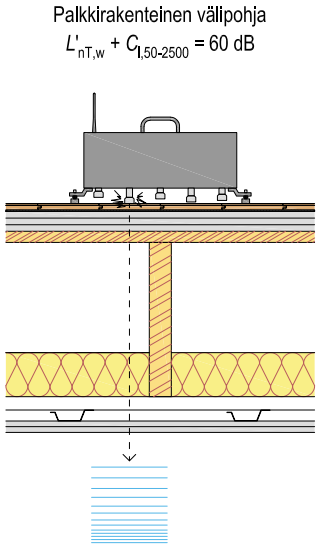
Kovia lattiapinnoitteita (esim. keraaminen laatta) käytettäessä välipohjassa joudutaan yleensä käyttämään kelluvaa lattiaa, jotta askelääneneristävyysvaatimukset saadaan täytettyä. Tämä koskee myös raskaita betonivälipohjia. Kuvasta 44 havaitaan, että lattiapinnoitteen joustavuudella on erittäin suuri merkitys askeläänitasoihin kiinteää pintalattiaa käytettäessä.

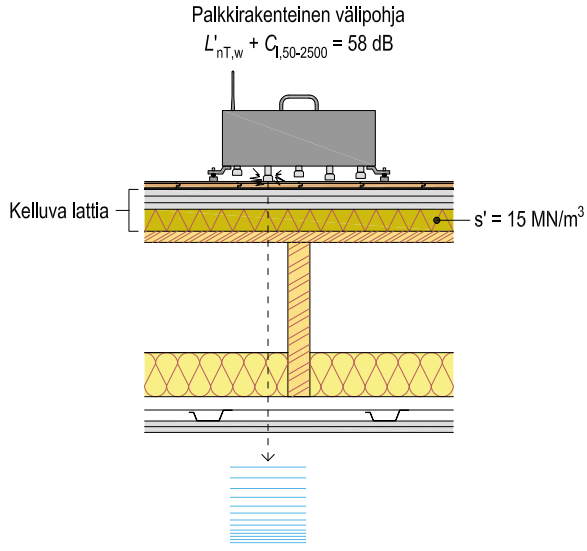


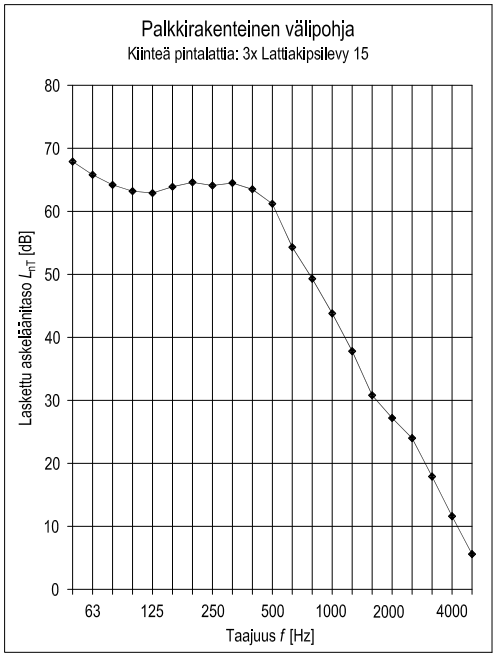
Kuva 40. Esimerkki jousirankakaton vaikutuksesta palkkivälipohjan askeläänieristävyyteen.

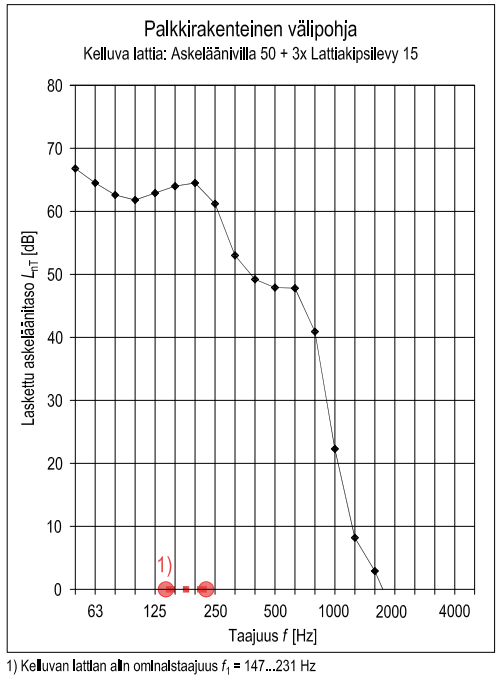


Kuva 41. Esimerkki raskaan kelluvan lattian vaikutuksesta palkkivälipohjan askeläänieneristävyyteen.





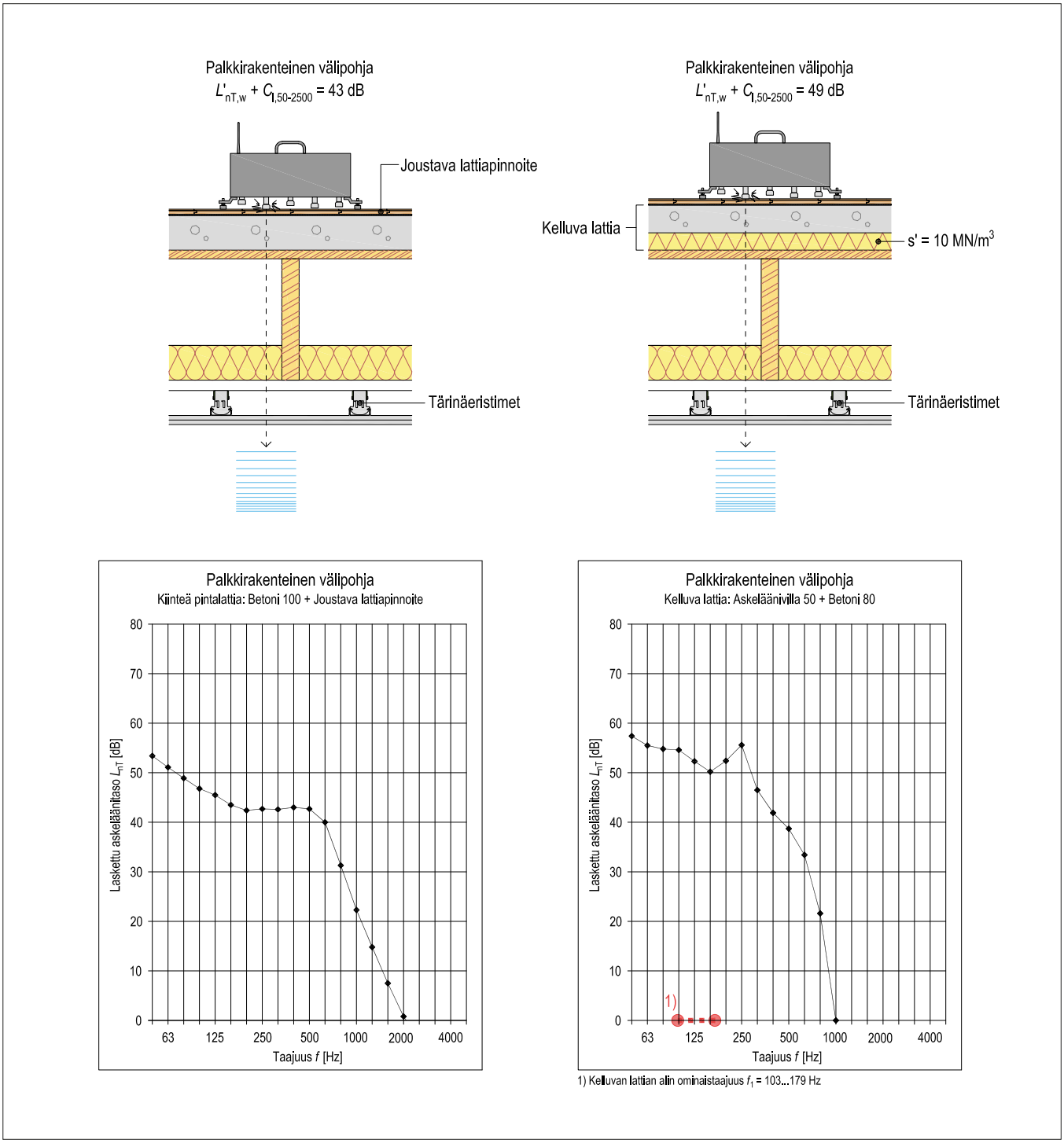




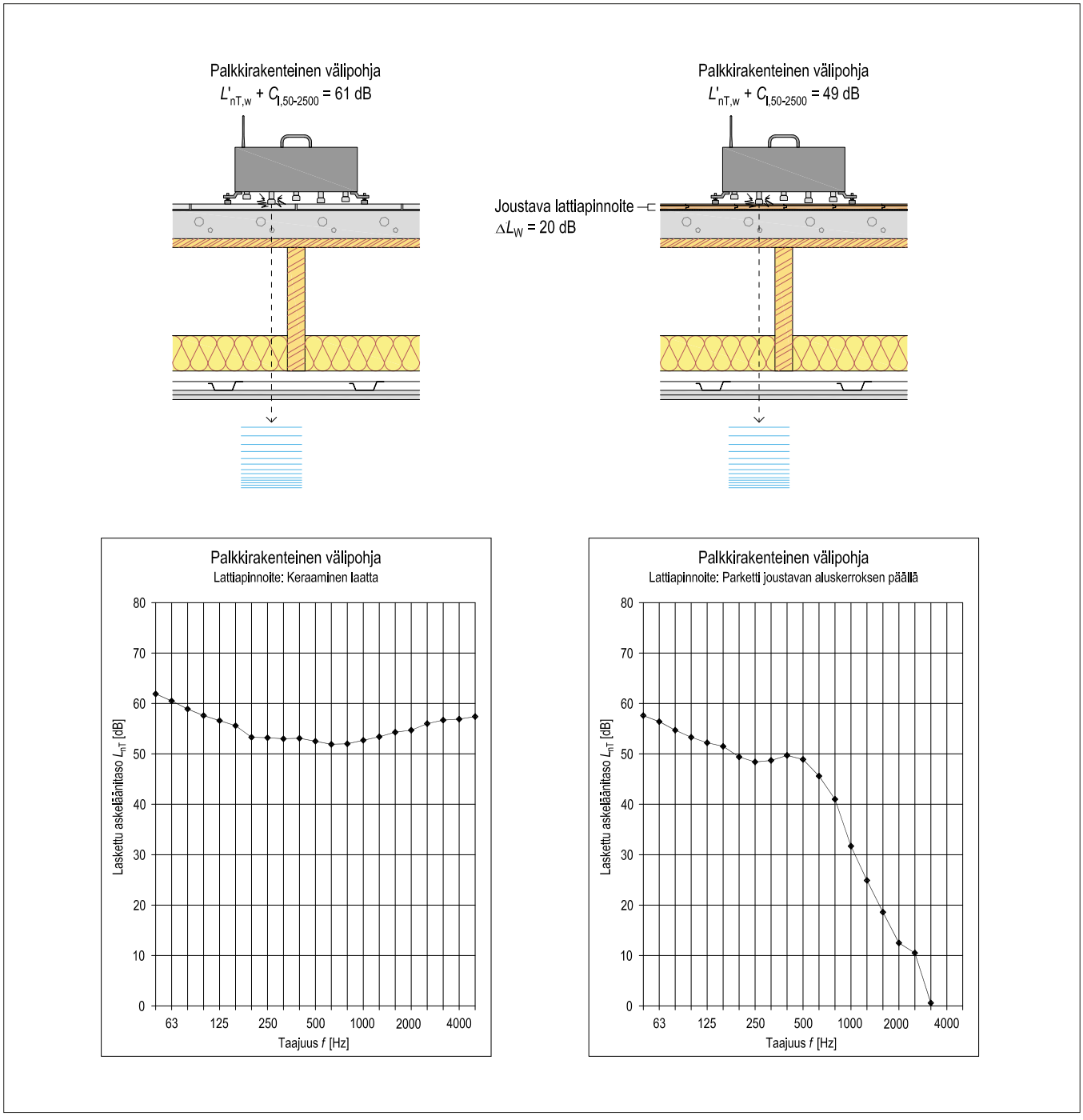
1) Kelluvan lattian alin ominaistaajuus f_1 = 147...231 Hz

HUOMIO!
Kyseisillä välipohjilla voidaan joissakin tapauksissa saavuttaa askeläänitasoluku 53 dB, vaikka tässä laskennallisessa tarkastelussa askelääneneristävyys näyttää hyvin heikolta.

Kuva 42. Esimerkki kevyen kelluvan lattian vaikutuksesta palkkivälipohjan askelääneneristävyyteen.



Kuva 43. Esimerkki pintalattian tyypin vaikutuksesta palkkivälipohjan askeläänieristävyyteen.



Kuva 44. Esimerkki joustavan lattiapinnoitteen vaikutuksesta palkkivälipohjan askeläänieneristävyyteen kiinteää pintalattiaa käytettäessä.

3.6.5 Välipohjan rungon jäykkyyden vaikutus ilma- ja askeläänneneristävyyteen

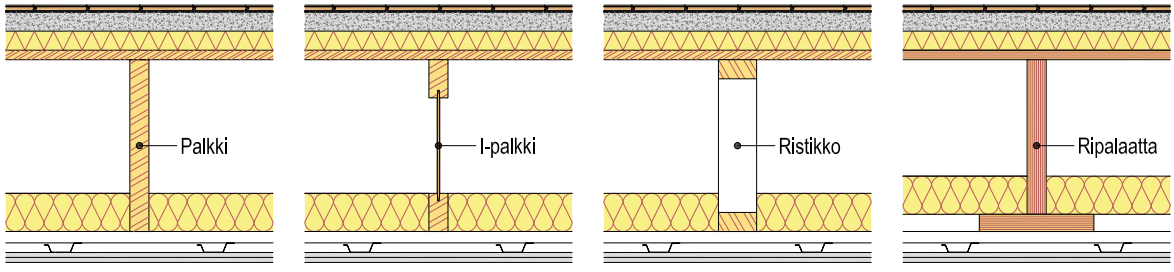
Puurakenteisen välipohjan kantavan rungon jäykkyyden vaikutusta välipohjan ilma- ja askeläänneneristävyyteen voidaan pitää merkityksettömänä. Tämä johtuu siitä, että puuvälipohjat eivät toimi akustisesti yksinkertaisen rakenteen tapaan, jossa massa ja jäykkyys ovat avainasemassa.

Puuvälipohjan kantavan rungon jäykkyydellä ja kannatintyypillä on merkittävä vaikutus välipohjan värähtelymitoituksessa (esim. kävelyn aiheuttama värähtely). Sen sijaan kannatintyypin vaikutus välipohjan ilma- ja askeläänneneristävyyteen on käytännössä merkityksetön. Teoriassa ohutuumapalkit (I-palkki) ja ristikkokannattimet ovat akustisesti parempia, koska ne aiheuttavat vähemmän kytkentää välipohjan ylä- ja alapinnan rakennekerrosten välille.

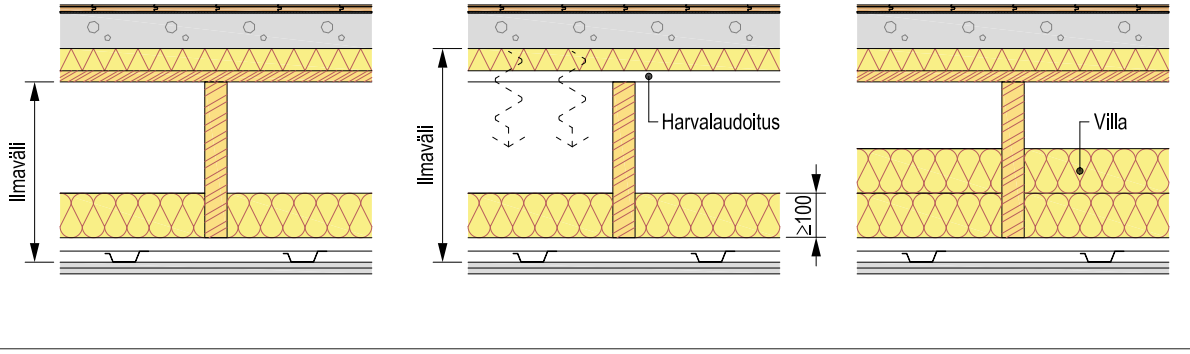
3.6.6 Palkkirakenteisen välipohjan ontelon vaikutus ilma- ja askeläänneneristävyyteen

Kaksinkertaisessa välipohjassa ilmavälin osalta pätevät samat akustiset seikat kuin kaksinkertaisen seinän tapauksessa. Palkkirakenteisessa välipohjassa ylä- ja alapinnan rakennekerrosten välille muodostuu suhteellisen korkea ilmaväli palkkien korkeudesta johtuen. Mitä suurempi ilmaväli on, sitä parempi ilma- ja askeläänneneristävyys saavutetaan. Kelluvan lattian tapauksessa ääneneristävyyden näkökulmasta olisi optimaalista, että ilmaväli on yhtenäinen askeläänneneristeen yläpinnasta jousirankakaton levytykseen saakka (kuva 46). Tällöin välipohjan levyrakenteinen aluslattia tulisi korvata ilmaa läpäisevällä rakennekerroksella (esim. harvalaudoitus). Käytännössä tämä ei ole helppo toteuttaa ja samalla menetetään jäykistävä levytys välipohjan kantavan rungon yläpinnasta.

Välipohjan ilmavälin kaiunta poistetaan ääntä absorboivalla materiaalilla, kuten kaksinkertaisessa seinässä. Palkkirakenteisen välipohjan ontelossa tulee olla vähintään 100 mm ääntä absorboivaa materiaalia. Tavallisesti absorboivana materiaalina käytetään villaa. Välipohjan ontelo voidaan täyttää myös kokonaan ääntä absorboivalla materiaalilla, mutta taloudellisesti tämä ei ole yleensä kannattavaa saatavaan hyötyyn nähden. Palkkirakenteisen välipohjan ontelossa olevan 100 mm paksun villakerroksen kasvattaminen 200 mm:iin parantaa välipohjan ilma- ja askeläänneneristävyyttä noin 1…3 dB.



Kuva 45. Palkkirakenteisen välipohjan kannatintyyppejä.



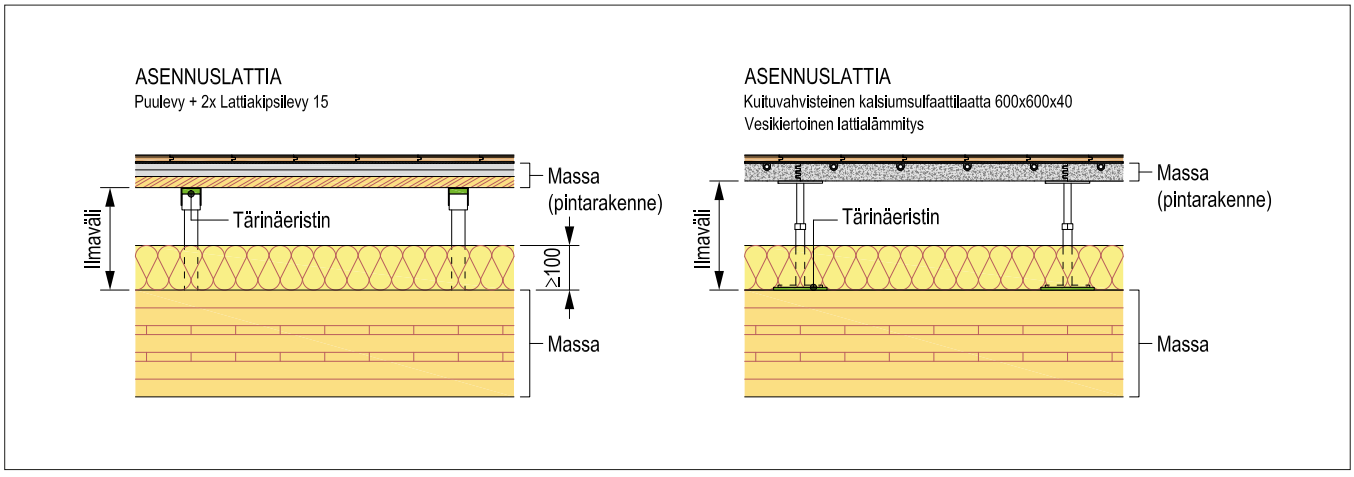
Kuva 46. Palkkirakenteisen välipohjan ilmaväli ja ääntä absorboiva materiaali välipohjan ontelossa.

3.6.7 Asennuslattian vaikutus askelääneneristävyyteen

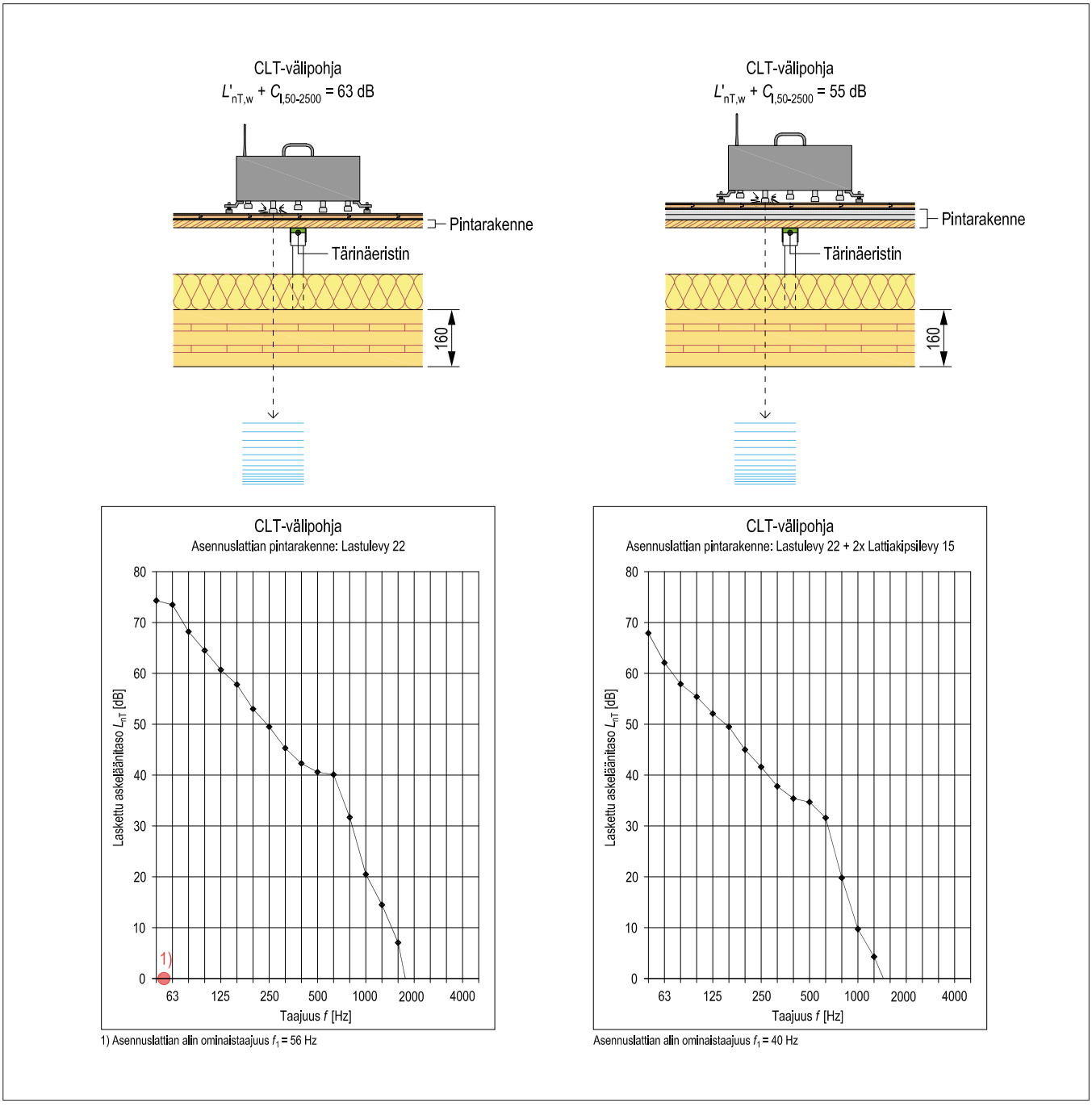
Asennuslattiat soveltuvat hyvin massiivipuulevyvälipohjien yhteyteen, koska asennuslattia tekee välipohjasta akustisesti kaksinkertaisen rakenteen. Samalla muodostuu tila LVIS-asennuksille, rakennuksen muuntojoustavuus paranee (esim. toimistorakennus) ja kantavana rakenteena toimiva massiivipuulevy voidaan mahdollisesti jättää näkyväksi kattopinnaksi.

Asennuslattialla varustetun välipohjan ääneneristävyys perustuu kaksinkertaisen rakenteen tapaan asennuslattian pintarakenteen ja kantavan rakenteen massaan sekä näiden välissä olevan ilmavälin korkeuteen. Lisäksi asennuslattian rungossa tarvitaan tärinäeristimet, jotka suunnitellaan asennuslattian pintarakenteen massan ja lattian kuormituksen perusteella. Asennuslattian ontelon kaiunta poistetaan ääntä absorboivalla materiaalilla. Tavallisesti absorboivana materiaalina käytetään villaa. Joustavan lattiapinnoitteen vaikutus tärinäeristimillä varustetun asennuslattian ääneneristävyyteen on pienehkö, koska asennuslattia itsessään on joustava (vrt. kelluva lattia).

Asennuslattian suunnittelussa ja toteutuksessa tulee olla erittäin huolellinen. Vähäinenkin asennuslattian pintarakenteen suora kytkentä välipohjan kantavaan runkoon tai pintarakennetta ympäröiviin rakennusosiin heikentää välipohjan ääneneristävyyttä merkittävästi. Lisäksi välipohjan värähtelymitoituksessa tulee tarkastella erityisen huolellisesti pintarakenteen massaa ja jäykkyyttä sekä tärinäeristimien jäykkyyttä. Liian kevyt ja joustava pintarakenne tekee välipohjasta epämukavan kävelyn näkökulmasta, koska pintarakenne saattaa värähdellä kantavan rakenteen päällä. Kuvasta 48 havaitaan, kuinka asennuslattian pintarakenteen massan lisääminen parantaa askelääneneristävyyttä.



Kuva 47. Esimerkkejä asennuslattioista.



Kuva 48. Esimerkki asennuslattian pintarakenteen massan vaikutuksesta CLT-välipohjan askeläänieristävyyteen.

3.7 TILAELEMENTTIEN VÄLIPOHJAT

Tilaelementtien välipohjat ovat luonnostaan akustisesti kaksinkertaisia rakenteita, koska alemman tilaelementin katto ja ylemmän tilaelementin lattia ovat erillisiä rakennusosia. Akustisesti tilaelementtien välipohjat ovat lähes ideaalisia massa-jousi-massa-systeemejä, koska kytkentää massojen välillä tapahtuu ainoastaan välipohjan tukien (pystyrakenteiden) välityksellä.

3.7.1 Lattiarakenteen vaikutus ilma- ja askelääneneristävyyteen

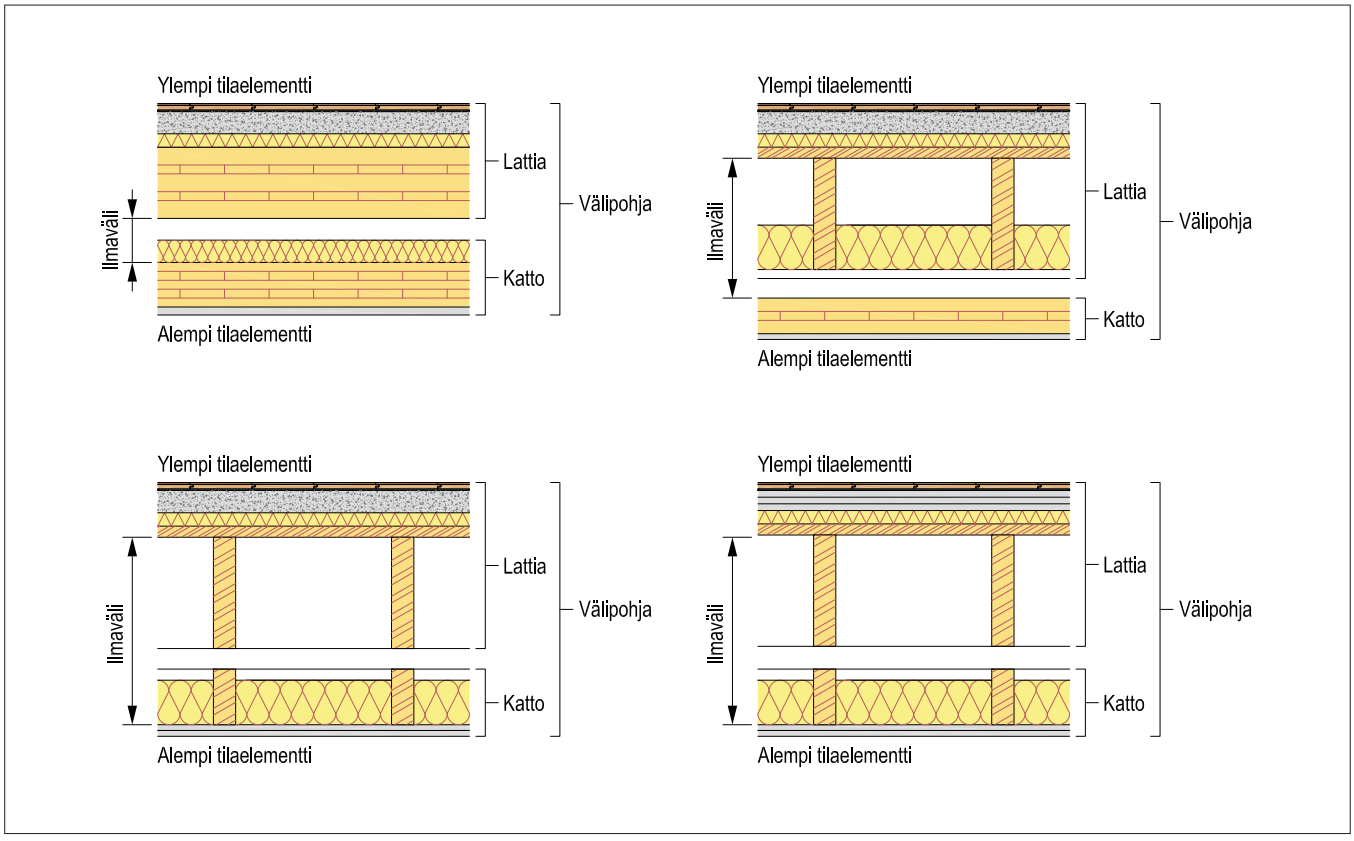
Tilaelementin lattiarakenteessa pätevät periaatteessa samat akustiset seikat kuin muissakin puuvälipohjissa. Askelääneneristävyyteen voidaan vaikuttaa pintalattian tyypillä (kiinteä/kelluva) sekä sen massalla. Raskasta kiinteää pintalattiaa käytettäessä voidaan hyödyntää myös joustavan lattiapinnoitteen parannusvaikutus, kuten muissakin puuvälipohjissa. Erityisesti massiivipuulevyjen tapauksessa tulee tarkastella myös levyn koinsidenssin rajataajuuden vaikutusta ilmaääneneristävyyteen. Kuvista 50 ja 51 havaitaan kuinka pintalattian tyyppi ja kelluvan lattian massa vaikuttavat askelääneneristävyyteen.

3.7.2 Kattorakenteen vaikutus ilma- ja askelääneneristävyyteen

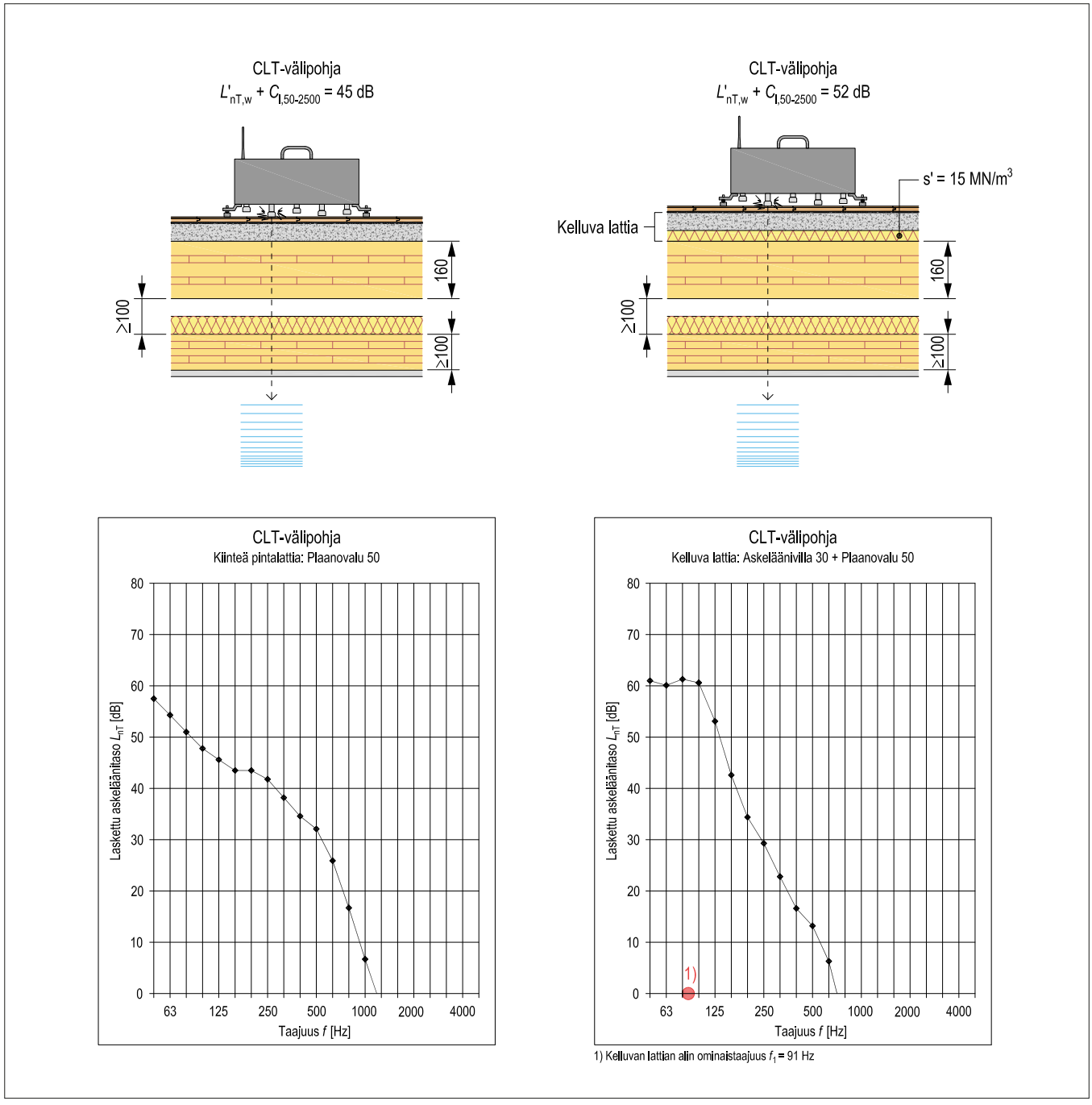
Tilaelementin kattorakenteessa ääneneristävyyden näkökulmasta pääasialliset tekijät ovat levyjen massa ja koinsidenssin rajataajuus. Raskaita kipsilevyjä käytettäessä saavutetaan ilma- ja askelääneneristävyyteen etuja, kuten puurakenteisissa välipohjissa yleensäkin. Ilmaääneneristävyyden näkökulmasta massiivipuulevystä toteutetussa kattorakenteessa saatetaan joutua käyttämään lisäksi kipsilevytystä koinsidenssi-ilmiön takia (kuva 52). Kyseinen kipsilevytys voidaan asentaa akustisesta näkökulmasta katsoen myös massiivipuulevyn taustapuolelle eli ilmavälin puolelle.

3.7.3 Välipohjan ontelon vaikutus ilma- ja askelääneneristävyyteen

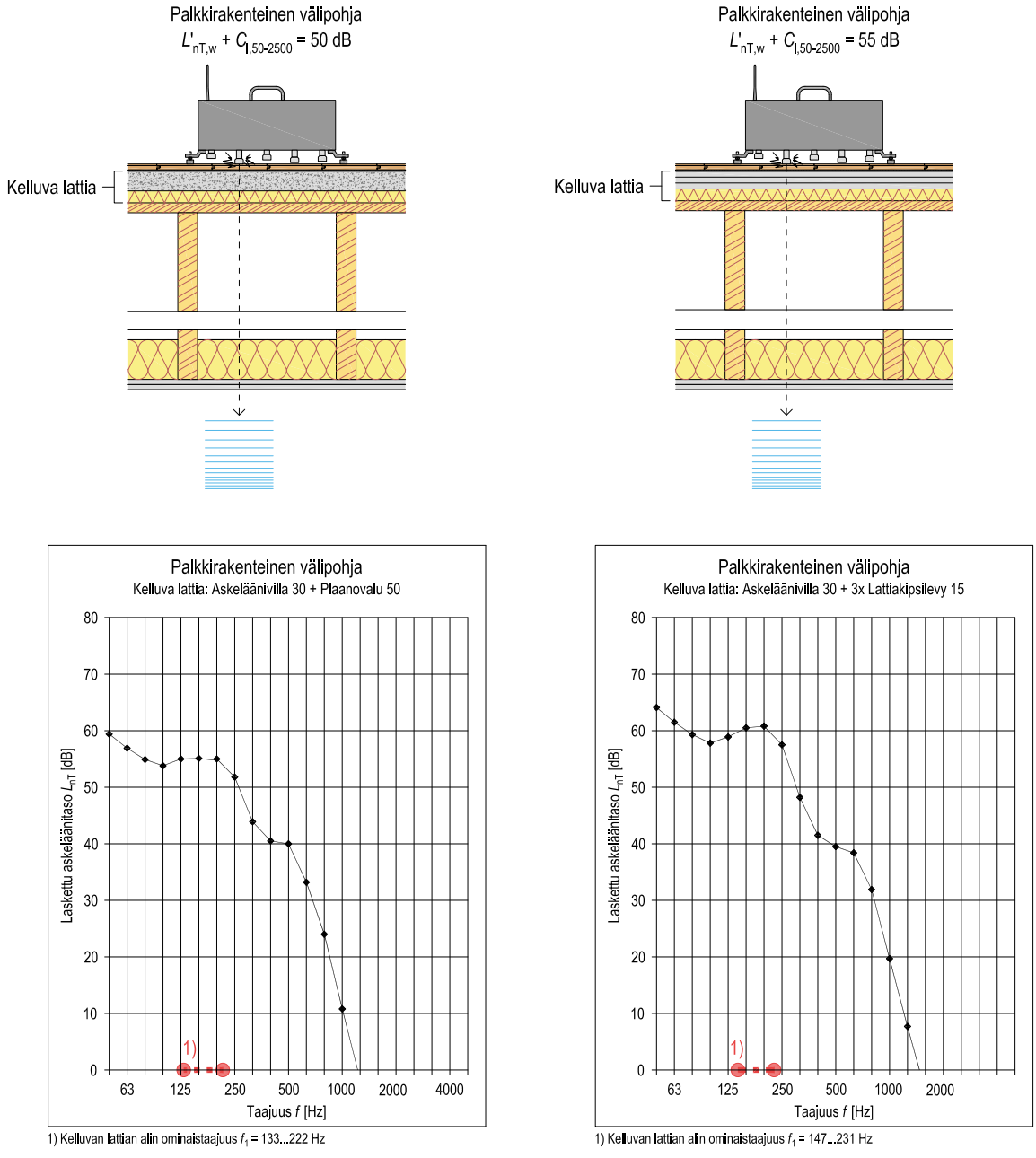
Tilaelementtien välipohjissa ilmavälin korkeuden sekä ilmavälissä tarvittavan ääntä absorboivan materiaalin osalta pätevät periaatteessa samat akustiset seikat kuin muissakin puuvälipohjissa (ks. kohta 3.6.6). Massiivipuulevyrakenteisissa välipohjissa ilmavälin korkeutta ja absorboivan materiaalin määrää voidaan optimoida akustiikkasuunnittelijan kanssa.



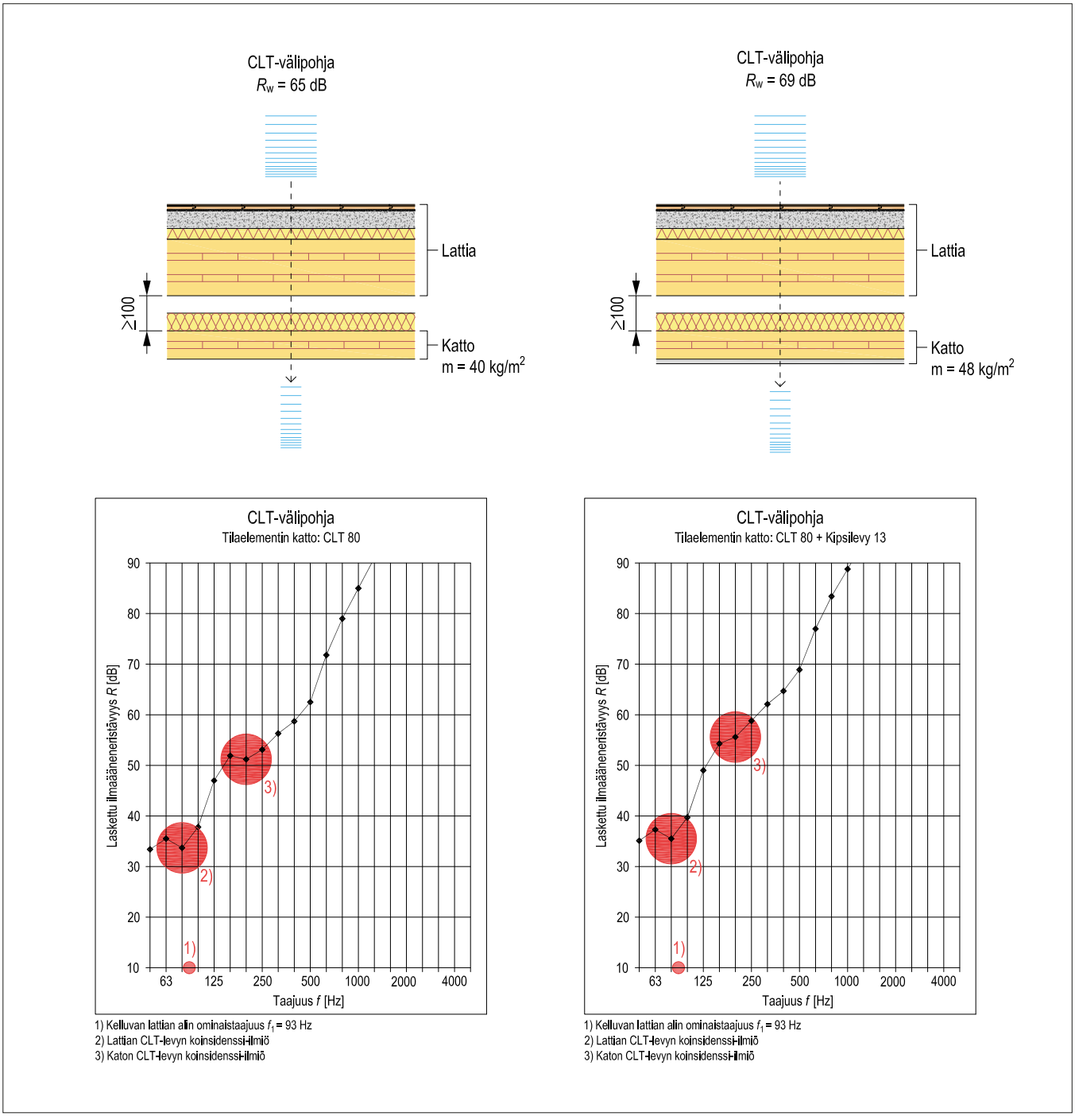
Kuva 49. Tyypillisiä tilaelementtien välipohjia.



Kuva 50. Esimerkki pintalattian tyypin vaikutuksesta tilaelementin CLT-välipohjan askeläänieneristävyyteen.



Kuva 51. Esimerkki kelluvan lattian massan vaikutuksesta tilaelementin palkkivälipohjan askeläänieristävyyteen.



1) Kelluvan lattian alin ominaistaajuus f_1 = 93 Hz
2) Lattian CLT-levyn koinsidenssi-ilmiö
3) Katon CLT-levyn koinsidenssi-ilmiö

1) Kelluvan lattian alin ominaistaajuus f_1 = 93 Hz
2) Lattian CLT-levyn koinsidenssi-ilmiö
3) Katon CLT-levyn koinsidenssi-ilmiö

Kuva 52. Esimerkki kattorakenteen kipsilevyn vaikutuksesta tilaelementin CLT-välipohjan ilmaääneneristävyyteen.

4 RAKENTEELLISET SIVUTIESIIRTYMÄT

Rakenteellinen sivutiesiirtymä syntyy, kun tilasta toiseen jatkuva rakennusosa kuljettaa ääntä (runkoääni) tilasta toiseen. Puurakenteisessa rakennuksessa rakenteelliset sivutiesiirtymät ovat suurempi haaste kuin betonirakennuksessa, koska:

- Puurakenteissa ei voida hyödyntää rakennusosien massaa ja jäykkyyttä sivutiesiirtymien vähentämiseen.
- Tarjolla olevien puurakenneratkaisujen määrä on suuri, joten sivutiesiirtymien näkökulmasta suunnitteluratkaisut ovat tapauskohtaisia.
- Puurakenteiden liittymissä on enemmän rakenneosia, joten pienilläkin rakenneosien muutoksilla saattaa olla hyvin suuri merkitys sivutiesiirtymien vaikutukseen.

Puurunkoisessa rakennuksessa rakenteellisia sivutiesiirtymiä voivat aiheuttaa rakennusosien lisäksi niitä liittävät liitoselimet, mikäli liitoselimet jatkuvat tilasta toiseen. Esimerkki tällaisesta liitoselimestä on rakennuksen rungon ankkurointiin käytettävät teräslevy. Mitä korkeampi rakennus on, sitä järeämpiä ja useampia liitoselimiä rakennuksen rungossa tarvitaan. Täten liitoselimien akustisen suunnittelun haasteet kasvavat rakennuksen korkeuden myötä. Haastetta lisää myös se, että puurakennuksiin tarjolla olevia liitoselimiä on paljon ja lisäksi ne vaihtelevat käytettävän puurakennusjärjestelmän mukaan. Tästä seuraa, että liitossuunnittelu on aina tapauskohtaista. Akustisesta näkökulmasta katsottuna liitoselimet ovat pistemäisiä sivutiesiirtymien muodostajia, mutta esimerkiksi väärään kohtaan sijoitettu liitoselin saattaa välittää runkoääntä hyvinkin laajalle alueelle rakennuksen rungossa.

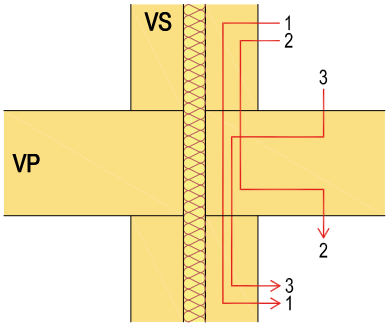
Tyypillisesti puurunkoisessa rakennuksessa rakenteellisia sivutiesiirtymiä estetään tai niiden vaikutusta vähennetään katkaisemalla tilasta toiseen jatkuva rakennusosa, tärinäeristämällä rakennusosien liittymä tai hyödyntämällä erillisiä levyverhouksia rakennusosissa (taulukot 8...11). Esimerkiksi asuinrakennuksessa välipohjat tulee katkaista huoneistojen välillä välipohjan värähtelyn siirtymisen estämiseksi, jolloin myös äänen sivutiesiirtymäreitti poistuu vaakasuunnassa. Tapauksessa, jossa jäykistäviä vaakasuuntaisia rakennusosia katkaistaan, tulee katkon kohdalle kuitenkin suunnitella jonkinlaiset liitoselimet, joiden avulla rakennuksen rungosta saadaan jäykistysteknisesti yhtenäinen kokonaisuus.

Tyypillinen rakenteellisten sivutiesiirtymien vähentämismenetelmä puurunkoisessa rakennuksessa on tärinäeristys. Tärinäeristimiä käytetään tyypillisesti seinien ja välipohjien liittymissä sekä liitoselimissä. Tällöin tulee ottaa huomioon tärinäeristimien vaikutus liitoksen lujuuteen ja jäykkyyteen sekä liittymän toimintaan yleisesti. Tärinäeristimet ovat esimerkiksi polyuretaanipohjaista materiaalia, jotka mitoitetaan siihen kohdistuvalle kuormitukselle. Tärinäeristin tarvitsee toimiakseen pienen kokoonpuristuman (noin 1 mm), mutta liian suuri kokoonpuristuma estää tärinäeristimen toiminnan. Kuvassa 53 on esitetty erään valmistajan tärinäeristimet asennettuna CLT-levyjen väliseen liittymään. Tärinäeristimien väri kertoo niiden ominaisuuksista, jolloin erilaisten tärinäeristimien määrittely ja esittäminen suunnitelmissa helpottuu.

Kuva 53. Tärinäeristimet CLT-levyjen välisessä liittymässä. Kuva: Getzner.

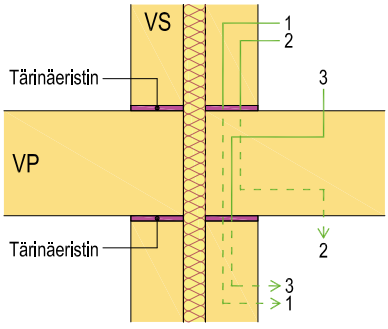
RAKENTEELLISET SIVUTIESIIRTYMÄT

Taulukko 8. Rakenteellisten sivutiesiirtymien vähentämismenetelmiä ranka- ja massiivipuurakenteissa.



LIITTYMÄ A: Kaksinkertaisen seinän liittymä välipohjaan

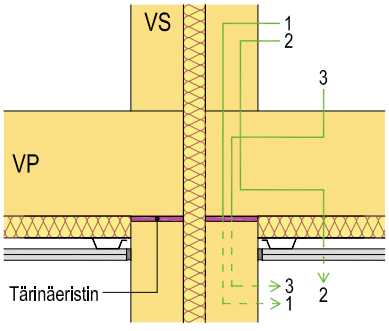
- Vaakasuuntaiset sivutiesiirtymät on poistettu katkaisemalla seinä- ja välipohja-rakenteet tilojen välillä
- Pystysuuntaisia sivutiesiirtymiä voidaan vähentää alla kuvatuilla rakenteellisilla menetelmillä A1...A3
- Sivutiesiirtymäreittien vaikutusta esitetään alla kuvatulla luokituksella
  0 = ei vaikutusta sivutiesiirtymään (vastaa lähtötilannetta)
  - = sivutiesiirtymän vaikutus kasvaa
  + = sivutiesiirtymän vaikutus vähenee
  ++ = sivutiesiirtymän vaikutus vähenee



MENETELMÄ A1: Seinän ja välipohjan liitos tärinäeristetty

Reitti 1	Luokitus ++	Seinien ja välipohjan väliset tärinäeristimet parantavat reitin liitoseristävyyttä
Reitti 2, 3	Luokitus +	Seinien ja välipohjan väliset tärinäeristimet parantavat reitin liitoseristävyyttä

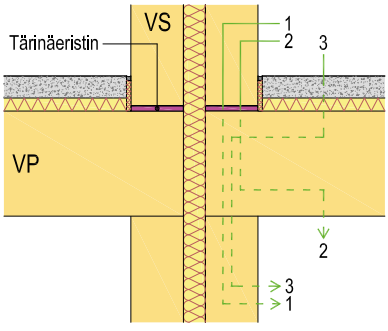
- Ratkaisut eivät vaikuta suoraan rakennusosien ääneneristävyyteen



MENETELMÄ A2: Seinän ja välipohjan liitos tärinäeristetty
Välipohjassa jousirankakatto

Reitti 1, 3	Luokitus +	Seinän ja välipohjan välinen tärinäeristin parantaa reitin liitoseristävyyttä
Reitti 2	Luokitus +	Jousirankakatto vähentää runkoääntä

- Jousirankakatto parantaa suoraan välipohjan ääneneristävyyttä
- Ratkaisut eivät vaikuta suoraan seinän ääneneristävyyteen

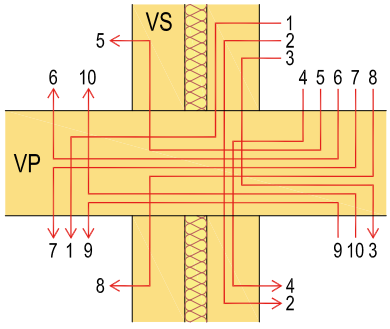


MENETELMÄ A3: Seinän ja välipohjan liitos tärinäeristetty
Välipohjassa kelluva lattia

Reitti 1, 2	Luokitus +	Seinän ja välipohjan tärinäeristin parantaa reitin liitoseristävyyttä
Reitti 3	Luokitus +	Kelluva lattia vähentää runkoääntä

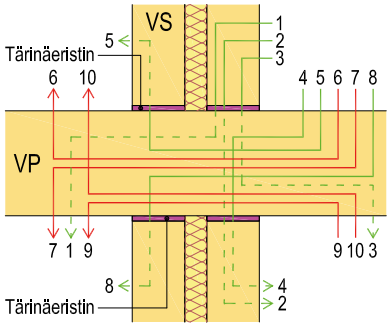
- Kelluva lattia parantaa suoraan välipohjan ääneneristävyyttä
- Kevyillä puurakenteilla kelluvan lattian ominaistaajuuden säätäminen pienille taajuuksille voi olla haastavaa

Taulukko 9. Rakenteellisten sivutiesiirtymien vähentämismenetelmiä ranka- ja massiivipuurakenteissa.



LIITTYMÄ B: Kaksinkertaisen seinän liittymä jatkuvaan välipohjaan

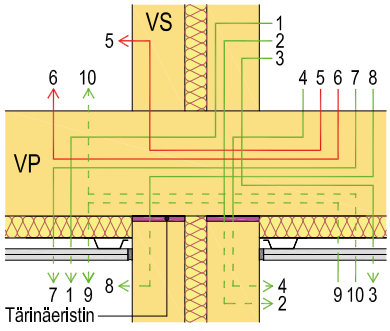
- Välipohja jatkuu seinän ohi toiseen tilaan
- Jatkuva välipohja kytkee seinän runkopuoliskot toisiinsa, jolloin seinän ääneneristävyys heikkenee
- Vaaka- ja pystysuuntaisia sivutiesiirtymiä voidaan vähentää alla kuvatuilla rakenteellisilla menetelmillä B1...B4
- Sivutiesiirtymäreittien vaikutusta esitetään alla kuvatulla luokituksella
  0 = ei vaikutusta sivutiesiirtymään (vastaa lähtötilannetta)
  - = sivutiesiirtymän vaikutus kasvaa
  + = sivutiesiirtymän vaikutus vähenee
  ++ = sivutiesiirtymän vaikutus vähenee



MENETELMÄ B1: Seinän ja välipohjan liitos tärinäeristetty

Reitti 1, 3, 4, 5, 8	Luokitus +	Seinien ja välipohjan väliset tärinäeristimet parantavat reitin liitoseristävyyttä
Reitti 2	Luokitus ++	Seinien ja välipohjan väliset tärinäeristimet parantavat reitin liitoseristävyyttä
Reitti 6, 7, 9, 10	Luokitus 0	Ei merkittävää muutosta sivutiesiirtymiin
	Luokitus -	Joissain tapauksissa liitoseristävyys voi vähentyä, jolloin sivutiesiirtymän vaikutus voi kasvaa

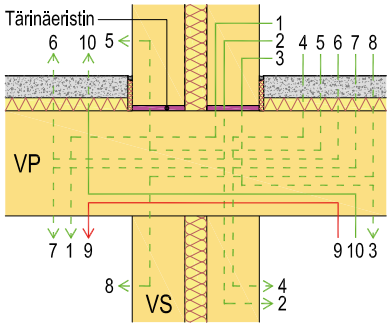
- Ratkaisut eivät vaikuta suoraan välipohjan ääneneristävyyteen
- Ratkaisut voivat parantaa suoraan seinän ilmaääneneristävyyttä, koska välipohjan aiheuttama kytkentä vähenee



MENETELMÄ B2: Seinän ja välipohjan liitos tärinäeristetty
Välipohjassa jousirankakatto

Reitti 1, 3, 7, 10	Luokitus +	Jousirankakatto vähentää runkoääntä
Reitti 9	Luokitus ++	Jousirankakatto vähentää runkoääntä
Reitti 2, 4, 8	Luokitus +	Seinän ja välipohjan välinen tärinäeristin parantaa reitin liitoseristävyyttä
Reitti 5, 6	Luokitus 0	Ei merkittävää muutosta sivutiesiirtymiin

- Jousirankakatto parantaa suoraan välipohjan ääneneristävyyttä
- Ratkaisut eivät vaikuta suoraan seinän ääneneristävyyteen, koska välipohjan aiheuttama kytkentä ei vähene

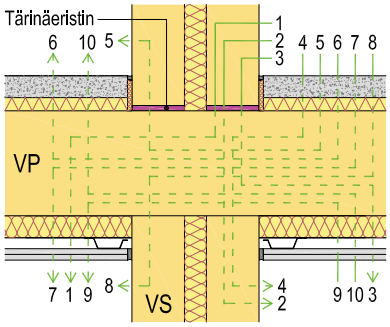


MENETELMÄ B3: Seinän ja välipohjan liitos tärinäeristetty
Välipohjassa kelluva lattia

Reitti 1, 2, 3	Luokitus +	Seinän ja välipohjan tärinäeristin parantaa reitin liitoseristävyyttä
Reitti 4, 7, 8, 10	Luokitus +	Kelluva lattia vähentää runkoääntä
Reitti 5	Luokitus ++	Edellä esitetyt yhdessä vähentävät sivutiesiirtymää
Reitti 6	Luokitus ++/+	Edellytyksenä, että lähes identiset kelluvat lattiat eivät muodosta ääneneristävyyttä heikentävää resonanssia
Reitti 9	Luokitus 0	Ei merkittävää muutosta sivutiesiirtymiin

- Kelluva lattia parantaa suoraan välipohjan ääneneristävyyttä
- Kevyillä puurakenteilla kelluvan lattian ominaistaajuuden säätäminen pienille taajuuksille voi olla haastavaa
- Ratkaisut eivät vaikuta suoraan seinän ilmaääneneristävyyteen, koska välipohjan aiheuttama kytkentä ei vähene

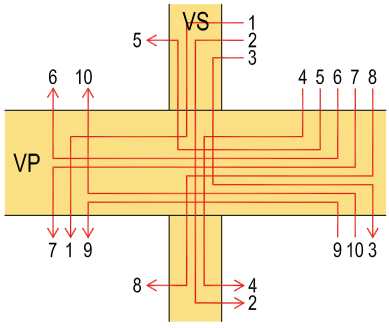
RAKENTEELLISET SIVUTIESIIRTYMÄT



MENETELMÄ B4: Seinän ja välipohjan liitos tärinäeristetty Välipohjassa kelluva lattia ja jousirankakatto		
Reitti 2	Luokitus +	Seinän ja välipohjan tärinäeristin parantaa reitin liitoseristävyyttä
Reitti 4, 8	Luokitus +	Kelluva lattia vähentää runkoääntä
Reitti 1, 3, 5, 7, 10	Luokitus ++	Edellä esitetyt yhdessä vähentävät sivutiesiirtymää
Reitti 6	Luokitus ++/+	Edellytyksenä, että lähes identiset kelluvat lattiat eivät muodosta ääneneristävyyttä heikentävää resonanssia
Reitti 9	Luokitus ++	Jousirankakatto vähentää runkoääntä

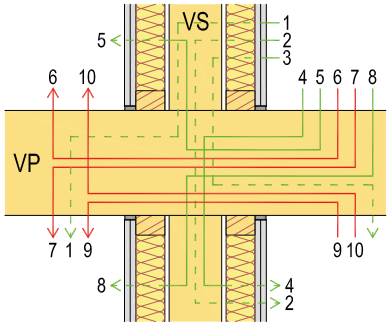
- Ratkaisut parantavat suoraan välipohjan ääneneristävyyttä
- Ratkaisut eivät vaikuta suoraan seinän ilmaääneneristävyyteen, koska välipohjan aiheuttama kytkentä ei vähene

Taulukko 10. Rakenteellisten sivutiesiirtymien vähentämismenetelmiä ranka- ja massiivipuurakenteissa.



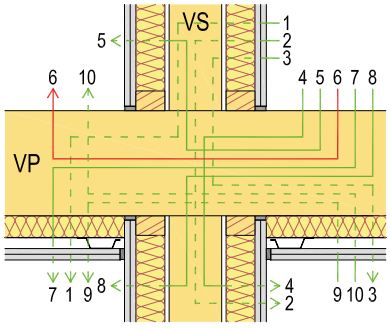
LIITTYMÄ C: Yksinkertaisen seinän liittymä jatkuvaan välipohjaan

- Välipohja jatkuu seinän ohi toiseen tilaan
- Vaaka- ja pystysuuntaisia sivutiesiirtymiä voidaan vähentää alla kuvatuilla rakenteellisilla menetelmillä C1...C4
- Sivutiesiirtymäreittien vaikutusta esitetään alla kuvatulla luokituksella
  0 = ei vaikutusta sivutiesiirtymään (vastaa lähtötilannetta)
  - = sivutiesiirtymän vaikutus kasvaa
  + = sivutiesiirtymän vaikutus vähenee
  ++ = sivutiesiirtymän vaikutus vähenee



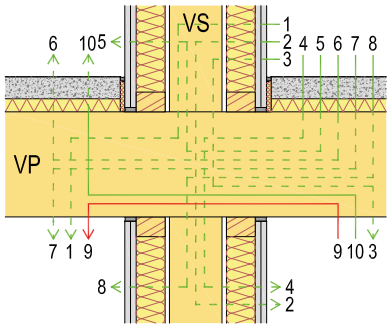
MENETELMÄ C1: Seinissä erilliset rankarunkoiset levykset		
Reitti 1, 3, 4, 5, 8	Luokitus +	Seinien rankarunkoiset levytykset vähentävät runkoääntä
Reitti 2	Luokitus ++	Seinien rankarunkoiset levytykset vähentävät runkoääntä
Reitti 6, 7, 9, 10	Luokitus 0	Ei merkittävää muutosta sivutiesiirtymiin

- Ratkaisut eivät vaikuta suoraan välipohjan ääneneristävyyteen
- Seinien rankarunkoiset levytykset parantavat suoraan seinän ilmaääneneristävyyttä



MENETELMÄ C2: Seinissä erilliset rankarunkoiset levykset Välipohjassa jousirankakatto		
Reitti 4, 5, 8	Luokitus +	Seinien rankarunkoiset levytykset vähentävät runkoääntä
Reitti 2	Luokitus ++	Seinien rankarunkoiset levytykset vähentävät runkoääntä
Reitti 7, 10	Luokitus +	Jousirankakatto vähentää runkoääntä
Reitti 9	Luokitus ++	Jousirankakatto vähentää runkoääntä
Reitti 1, 3	Luokitus ++	Edellä esitetyt yhdessä vähentävät sivutiesiirtymää
Reitti 6	Luokitus 0	Ei merkittävää muutosta sivutiesiirtymiin

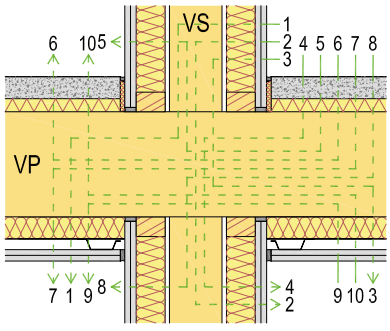
- Jousirankakatto parantaa suoraan välipohjan ääneneristävyyttä
- Seinien rankarunkoiset levytykset parantavat suoraan seinän ilmaääneneristävyyttä



MENETELMÄ C3: Seinissä erilliset rankarunkoiset levykset Välipohjassa kelluva lattia

Reitti 1, 3	Luokitus +	Seinien rankarunkoiset levytykset vähentävät runkoääntä
Reitti 2	Luokitus ++	Seinien rankarunkoiset levytykset vähentävät runkoääntä
Reitti 7, 10	Luokitus +	Kelluva lattia vähentää runkoääntä
Reitti 4, 5, 8	Luokitus ++	Edellä mainitut yhdessä vähentävät sivutiesiirtymää
Reitti 6	Luokitus ++/+	Edellytyksenä, että lähes identiset kelluvat lattiat eivät muodosta ääneneristävyyttä heikentävää resonanssia
Reitti 9	Luokitus 0	Ei merkittävää muutosta sivutiesiirtymiin

- Kelluva lattia parantaa suoraan välipohjan ääneneristävyyttä
- Seinien rankarunkoiset levytykset parantavat suoraan seinän ilmaääneneristävyyttä

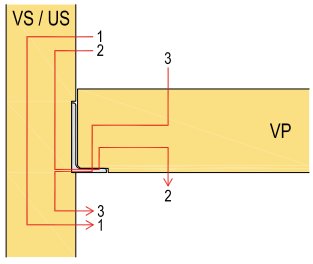


MENETELMÄ C4: Seinissä erilliset rankarunkoiset levykset Välipohjassa kelluva lattia ja jousirankakatto

Reitti 2	Luokitus ++	Seinien rankarunkoiset levytykset vähentävät runkoääntä
Reitti 6	Luokitus ++/+	Edellytyksenä, että lähes identiset kelluvat lattiat eivät muodosta ääneneristävyyttä heikentävää resonanssia
Reitti 1, 3, 4, 5, 7, 8, 10	Luokitus ++	Edellä mainitut yhdessä vähentävät sivutiesiirtymää
Reitti 9	Luokitus ++	Jousirankakatto vähentää runkoääntä

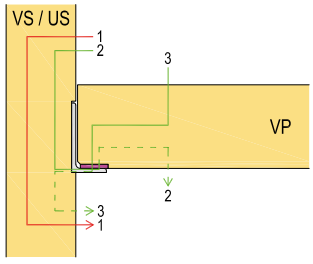
- Ratkaisut parantavat suoraan välipohjan ääneneristävyyttä
- Ratkaisut parantavat suoraan seinän ilmaääneneristävyyteen

Taulukko 11. Rakenteellisten sivutiesiirtymien vähentämismenetelmiä ranka- ja massiivipuurakenteissa.



LIITTYMÄ D: Jatkuva yksinkertaisen seinän liittymä välipohjaan

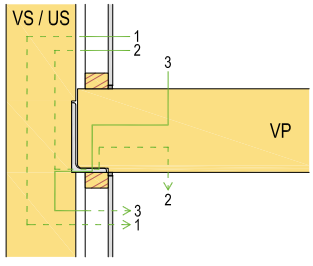
- Seinä jatkuu välipohjan ohi toiseen tilaan
- Pystysuuntaisia sivutiesiirtymiä voidaan vähentää alla kuvatuilla rakenteellisilla enetelmillä D1 ja D2
- Sivutiesiirtymäreittien vaikutusta esitetään alla kuvatulla luokituksella
  0 = ei vaikutusta sivutiesiirtymään (vastaa lähtötilannetta)
  - = sivutiesiirtymän vaikutus kasvaa
  + = sivutiesiirtymän vaikutus vähenee
  ++ = sivutiesiirtymän vaikutus vähenee



MENETELMÄ D1: Välipohjan tuenta seinään tärinäeristetty

Reitti 1	Luokitus 0	Ei merkittävää muutosta sivutiesiirtymiin
	Luokitus -	Joissain tapauksissa liitoseristävyys voi vähentyä, jolloin sivutiesiirtymä kasvaa
Reitti 2, 3	Luokitus +	Seinän ja välipohjan välinen tärinäeristin parantaa reitin liitoseristävyyttä

- Ratkaisut eivät vaikuta suoraan rakennusosien ääneneristävyyteen



MENETELMÄ D2: Seinissä erilliset rankarunkoiset levytykset

Reitti 1	Luokitus ++	Seinien rankarunkoiset levytykset vähentävät runkoääntä
Reitti 2, 3	Luokitus +	Seinien rankarunkoiset levytykset vähentävät runkoääntä

- Ratkaisut eivät vaikuta suoraan välipohjan ääneneristävyyteen
- Rankarunkoisten levytysten ilmaääneneristävyyttä voidaan parantaa lisäämällä onteloon absorptiomateriaalia
- Ulkoseinän tapauksessa tulee ottaa huomioon absorptiomateriaalin vaikutus seinän lämpö- ja kosteustekniseen toimintaan

5 MÄÄRÄYKSET JA OHJEET TILOJEN VÄLISELLE ÄÄNENERISTYKSELLE

5.1 PÄÄKÄYTTÖTARKOITUKSEN MUKAISTEN TILOJEN ÄÄNENERISTÄVYYS

Tilojen ääneneristävyys suunnitellaan kokonaisuutena siten, että rakennukseen saadaan toimintaa vastaava riittävän hyvä ääniympäristö. Rakentamismääräyksemme antavat määräystason vaatimukset asuntojen sekä majoitus- ja potilashuoneiden ilma- ja askeläääneneristävyydelle. Muille tiloille annetaan ohjeellisia suunnitteluarvoja tilojen käyttötarkoituksen mukaan. Ohjearvoja suositellaan käytettäväksi, koska ne on tutkimusten mukaan havaittu toimiviksi. Tulee myös ottaa huomioon, että ääneneritystarve saattaa olla ohjearvoja suurempi, jos tilassa on äänekästä toimintaa tai äänekkäitä laitteita.

Mikäli ääntä eristävien rakennusosien välityksellä toisiinsa liittyy käyttötarkoitukseltaan erilaisia tiloja, käytetään suunnittelussa akustisesti vaativimman tilan ääneneristävyysvaatimuksia. Akustiseen suunnitteluun ja toteutukseen tulee kiinnittää erityistä huomiota tapauksessa, jossa asunto, majoitushuone tai potilashuone kytkeytyy rakenteellisesti tiloihin, joissa on erityisen häiritsevää voimakasta tai pienitaajuista ääntä.

5.2 MUIDEN TILOJEN ÄÄNENERISTÄVYYS

Ääneneristävyysvaatimukset eivät koske mittausta kohteissa, jotka on esitetty taulukossa 13 merkinnällä ”Ei vaatimusta”. Kyseisten tilojen välinen ääneneristävyys tulee kuitenkin suunnitella siten, että rakennukseen saadaan riittävän hyvä ääneneristävyys.

5.3 PARVEKKEET, VIHERHUONEET JA KATTOTERASSIT

Oleskeluun tarkoitetuille parvekkeille ja vastaavilla ei ole ääneneristävyysvaatimuksia. Kyseiset tilat tulee kuitenkin suunnitella siten, että niiden käyttö ei heikennä ympäröivien tilojen akustista viihtyisyyttä. Suunnittelussa huomioitavia seikkoja ovat seuraavat:

- Kantavien rakenteiden tuenta siten, että akustinen kytkentärakennuksen runkoon on vähäistä.
- Parannettu askeläääneneristävyys, kun oleskelutila sijaitsee toisen huoneiston päällä.
- Parannettu ulkoseinien ilmaääneneristävyys, kun oleskelutila sijaitsee toisen huoneiston vieressä.

Taulukko 12. Ilmaääneneristävyyden ja puheen yhteys.

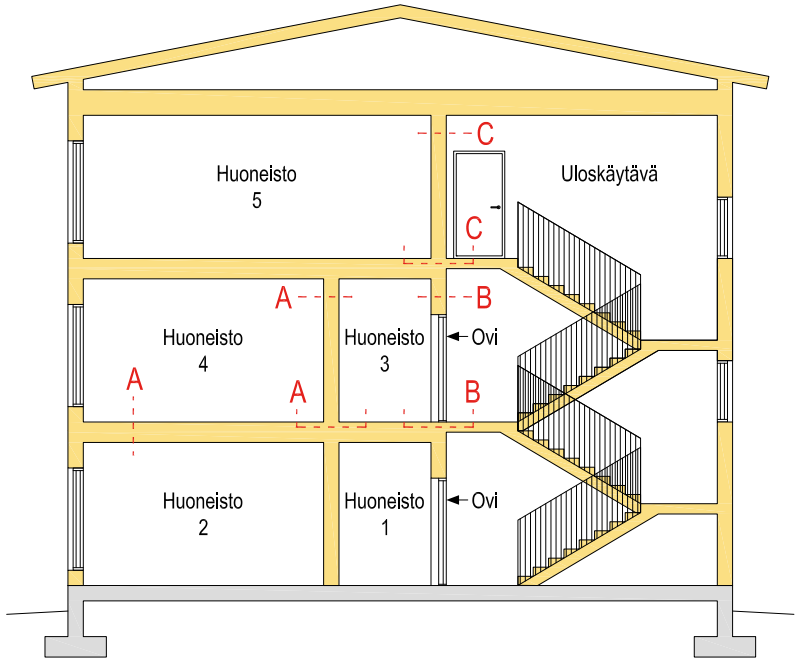
Äänitasoeroluku $D_{nT,w}$	Kuvaus
< 30 dB	Rakennusosa ei käytännössä eristä ääntä
> 35 dB	Normaali puhe kuuluu rakennusosan läpi
< 40 dB	Normaali puhe kuuluu rakennusosan läpi, mutta sanoista ei saa selvää
> 45 dB	Normaali puhe ei kuulu rakennusosan läpi
> 50 dB	Voimakas puhe kuuluu rakennusosan läpi, mutta sanoista ei saa selvää
> 55 dB	Voimakas puhe ei kuulu rakennusosan läpi
> 60 dB	Erittäin voimakas puhe kuuluu rakennusosan läpi, mutta sanoista ei saa selvää

Taulukko 13. Määräykset ja ohjeet ääneneristävyydelle uudessa rakennuksessa.

Tarkasteltavat tilat		Äänitasoeroluku $D_{nT,w}$	Askeläänitasoluku $L'_{nT,w} + C_{I,50\text{-}2500}$
Tila 1	**Tila 2**		
Huoneiston kylpyhuone, sauna, wc	Huoneiston kylpyhuone, sauna, wc	≥ 55 dB	Ei vaatimusta
Huoneiston kylpyhuone, sauna, wc	Asuinhuoneisto Majoitushuoneisto Hoitolaitoksen potilashuoneet	≥ 55 dB	≤ 53 dB
Huoltotila, varasto, autosuoja (satunnaisesti käytettävä)	Asuinhuoneisto Majoitushuoneisto Hoitolaitoksen potilashuoneet	≥ 55 dB	Ei vaatimusta
Talosauna, talopesula	Asuinhuoneisto Majoitushuoneisto Hoitolaitoksen potilashuoneet	≥ 55 dB	≤ 53 dB
Liike- ja kokoontumistilat (myymälä, kuntosali, ravintola yms.)	Asuinhuoneisto Majoitushuoneisto Hoitolaitoksen potilashuoneet	≥ 60 dB	≤ 49 dB

Taulukko 14. Määräykset ääneneristävyydelle uudessa rakennuksessa.

Käyttötarkoitus: Asuinhuoneisto, Majoitushuoneisto, Hoitolaitoksen potilashuoneet	**Status:** Määräys

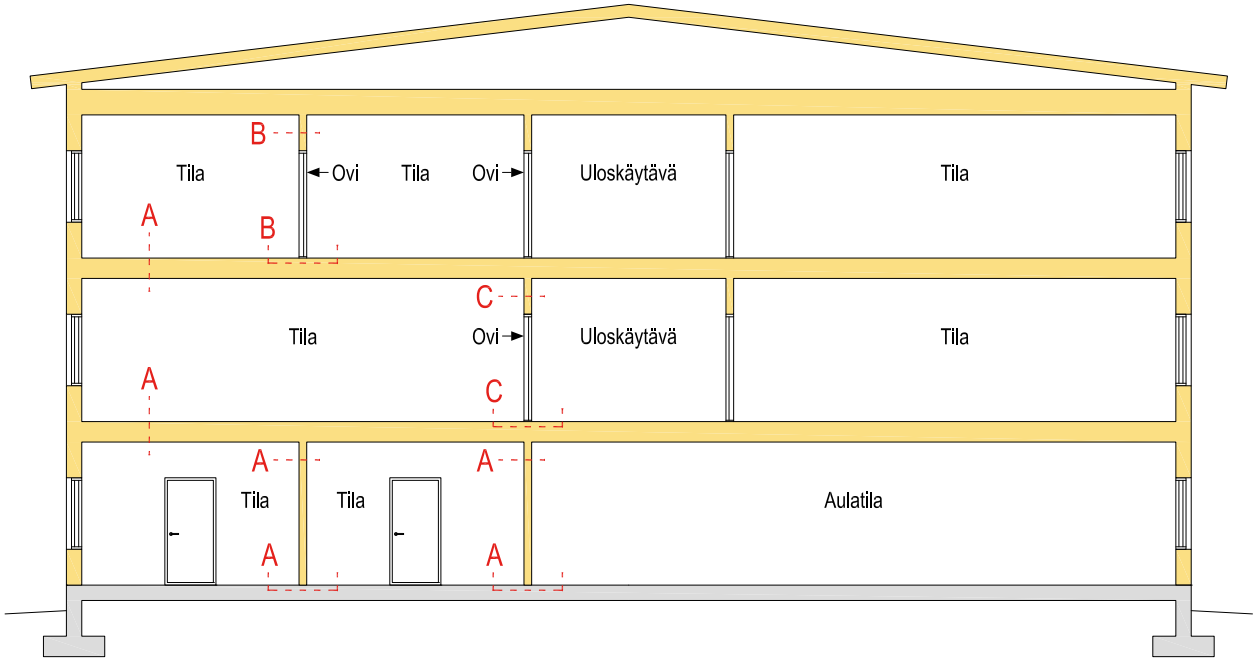


Tunnus	Tarkasteltavat tilat		Äänitasoeroluku $D_{nT,w}$	Askeläänitasoluku $L'_{nT,w} + C_{I,50\text{-}2500}$
	Tilasta 1	**Tilaan 2**		
A	Huoneisto	Huoneisto	≥ 55 dB	≤ 53 dB
B	Uloskäytävä, kun seinässä ovi	Huoneisto	≥ 39 dB	≤ 63 dB
C	Uloskäytävä	Huoneisto	≥ 55 dB	≤ 63 dB

MÄÄRÄYKSET JA OHJEET TILOJEN VÄLISELLE ÄÄNENERISTYKSELLE

Taulukko 15. Ohjearvot ääneneristävyydelle uudessa rakennuksessa.

Käyttötarkoitus: Koulu	**Status:** Ohje

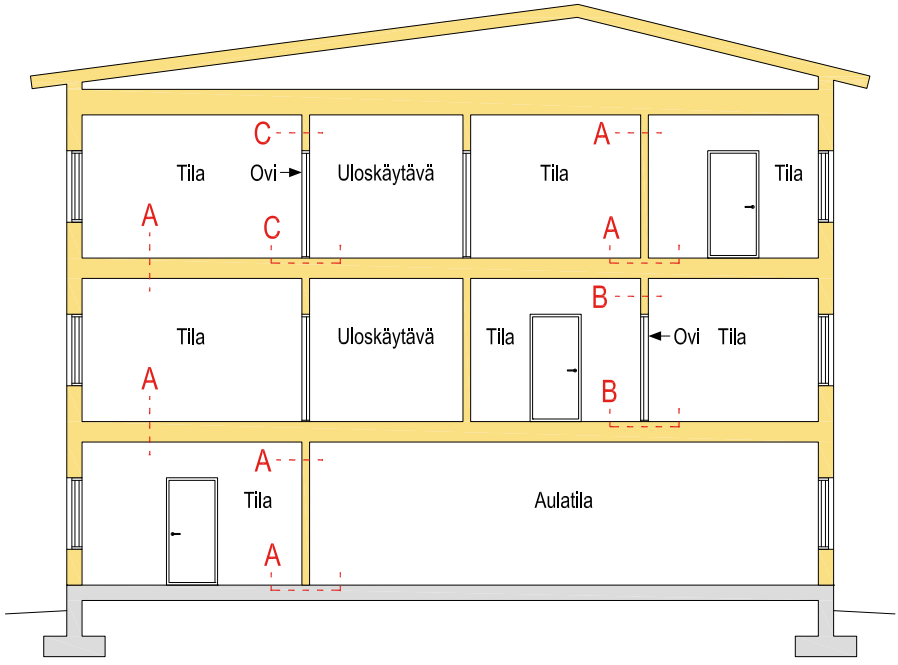


Tunnus	**Tarkasteltavat tilat**		**Äänitasoeroluku** $D_{nT,w}$	**Askeläänitasoluku** $L'_{nT,w} + C_{I,50\text{-}2500}$
	Tilasta 1	**Tilaan 2**		
A	Opetustila Musiikkiopetustila Teknisen työn opetustila Liikuntaopetustila Toimistotila Neuvottelutila Vastaanotto-/Terapiatila	Ympäröivät tilat yleisesti	≥ 44 dB ≥ 60 dB ≥ 52 dB [1)] ≥ 57 dB ≥ 40 dB ≥ 48 dB ≥ 48 dB	≤ 63 dB ≤ 46 dB ≤ 49 dB ≤ 46 dB ≤ 63 dB ≤ 63 dB ≤ 63 dB
B	Opetustila Musiikkiopetustila Teknisen työn opetustila Liikuntaopetustila Toimistotila Neuvottelutila Vastaanotto-/Terapiatila	Käyttötarkoitukseltaan saman-tyyppinen tila, kun seinässä ovi	≥ 42 dB ≥ 52 dB ≥ 52 dB [1)] ≥ 48 dB ≥ 40 dB ≥ 42 dB ≥ 42 dB	≤ 63 dB ≤ 46 dB ≤ 49 dB ≤ 46 dB ≤ 63 dB ≤ 63 dB ≤ 63 dB
C	Opetustila Musiikkiopetustila Teknisen työn opetustila Liikuntaopetustila Toimistotila Neuvottelutila Vastaanotto-/Terapiatila	Käytävä tai aula, kun seinässä ovi	≥ 34 dB ≥ 44 dB ≥ 52 dB [1)] ≥ 42 dB ≥ 30 dB ≥ 34 dB ≥ 39 dB	≤ 63 dB ≤ 46 dB ≤ 49 dB ≤ 46 dB ≤ 63 dB ≤ 63 dB ≤ 63 dB

[1)] Mikäli teknisen työn opetustiloissa on äänekkäitä laitteita, on ääneneristystarve suurempi (määritetään tapauskohtaisesti).

Taulukko 16. Ohjearvot ääneneristävyydelle uudessa rakennuksessa.

Käyttötarkoitus: Päiväkoti	**Status:** Ohje

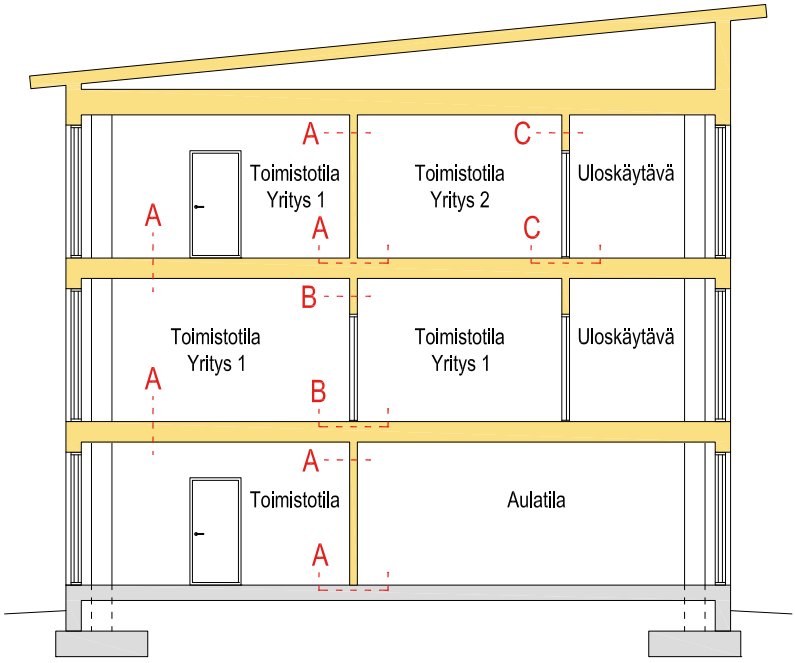


Tunnus	**Tarkasteltavat tilat**		**Äänitasoeroluku** $D_{nT,w}$	**Askeläänitasoluku** $L'_{nT,w} + C_{I,50\text{-}2500}$
	Tilasta 1	**Tilaan 2**		
A	Opetustila Toimistotila Neuvottelutila Lepotila	Ympäröivät tilat yleisesti	≥ 44 dB ≥ 40 dB ≥ 48 dB ≥ 48 dB	≤ 63 dB
B	Opetustila Toimistotila Neuvottelutila Lepotila	Käyttötarkoitukseltaan saman-tyyppinen tila, kun seinässä ovi	≥ 42 dB ≥ 40 dB ≥ 42 dB ≥ 42 dB	≤ 63 dB
C	Opetustila Toimistotila Neuvottelutila Lepotila	Käytävä tai aula, kun seinässä ovi	≥ 34 dB ≥ 30 dB ≥ 34 dB ≥ 39 dB	≤ 63 dB

MÄÄRÄYKSET JA OHJEET TILOJEN VÄLISELLE ÄÄNENERISTYKSELLE

Taulukko 17. Ohjearvot ääneneristävyydelle uudessa rakennuksessa.

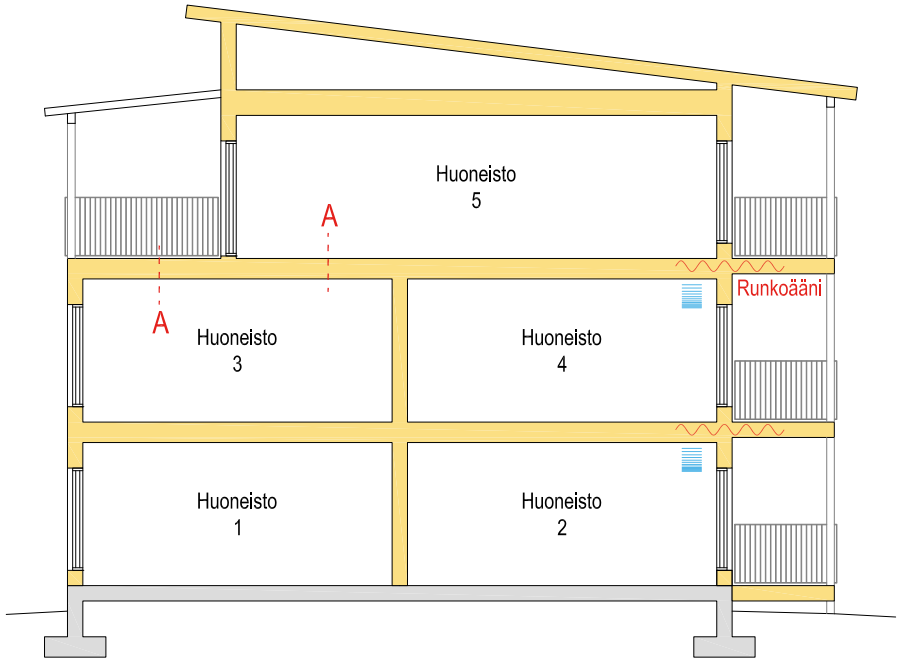
Käyttötarkoitus: Toimisto	**Status:** Ohje

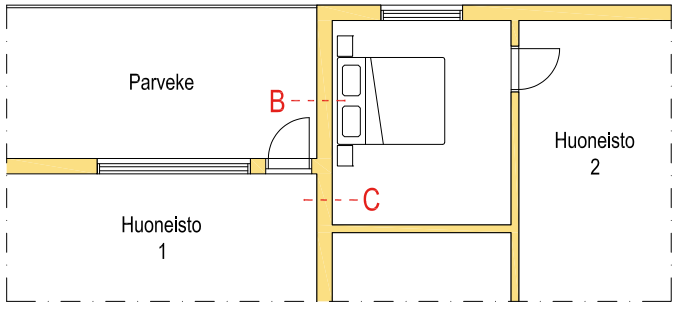


Tunnus	**Tarkasteltavat tilat**		**Äänitasoeroluku** $D_{nT,w}$	**Askeläänitasoluku** $L'_{nT,w} + C_{I,50\text{-}2500}$
	Tilasta 1	**Tilaan 2**		
A	Toimistotila (sama yritys) Toimistotila (eri yritys) Neuvottelutila	Ympäröivät tilat yleisesti	≥ 40 dB ≥ 52 dB ≥ 48 dB	≤ 63 dB
B	Toimistotila Neuvottelutila	Käyttötarkoitukseltaan saman-tyyppinen tila, kun seinässä ovi	≥ 40 dB ≥ 42 dB	≤ 63 dB
C	Toimistotila Neuvottelutila	Käytävä tai aula, kun seinässä ovi	≥ 30 dB ≥ 34 dB	≤ 63 dB

Taulukko 18. Ohjearvot ääneneristävyydelle uudessa rakennuksessa.

Käyttötarkoitus: Asuinhuoneisto, Majoitushuoneisto, Hoitolaitoksen potilashuoneet	**Status:** Ohje





Tunnus	**Tarkasteltavat tilat**		**Äänitasoeroluku** $D_{nT,w}$	**Askeläänitasoluku** $L'_{nT,w} + C_{I,50\text{-}2500}$
	Tilasta 1	**Tilaan 2**		
A	Parveke	Huoneisto	≥ 55 dB (suositus)	≤ 53 dB (suositus)
B	Parveke	Huoneisto	≥ 55 dB (suositus)	≤ 53 dB (suositus)
C	Huoneisto	Huoneisto	≥ 55 dB	≤ 53 dB

6 TALOTEKNISTEN LAITTEIDEN AIHEUTTAMA MELU JA TÄRINÄ

Taloteknisillä laitteilla tarkoitetaan tavallisesti vesi- ja viemärijärjestelmään kuuluvia laitteita sekä ilmanvaihto-, jäähdytys- ja lämmitysjärjestelmään kuuluvia laitteita. Taloteknisiin laitteisiin rinnastetaan myös hissi, kompressori, keskuspölynimuri ja mattoimuri sekä talopesulan laitteet (esim. pesukone, linko, kuivauspuhallin, mankeli). Myös ilmalämpöpumppu on talotekninen laite, jonka ulkoyksikön sijoitteluun ja tärinäeristykseen tulee kiinnittää erityistä huomiota.

Rakennuksissa on myös varavoimalaitteita, savunpoistolaitteita ja vastaavia, joita koekäytetään tietyin väliajoin niiden toiminnan varmistamiseksi. Tällaisia laitteita ei rinnasteta akustisesti edellä mainittuihin taloteknisiin laitteisiin. Koekäytettäviä laitteita testataan kuitenkin päivällä, jolloin kyseisten laitteiden aiheuttama päiväajan keskiäänitaso $L_{Aeq,07\text{-}22}$ oleskelualueilla ei saa ylittää arvoa 55 dB. Hätätilanteessa toimivien laitteiden akustisessa suunnittelussa tulee ottaa huomioon, että kyseisten laitteiden melu ei häiritse hätäkuulutusten kuuluvuutta ja selkeyttä.

Talotekniston laitteiden akustinen suunnittelu tehdään aina kokonaisuutena tarkastelemalla kaikkien samaan aikaan käynnissä olevien laitteiden yhteisvaikutusta tilakohtaisesti. Tarkasteltavia mittasuureita ovat $L_{Aeq,T}$, joka tarkoittaa laitteiden aiheuttamaa keskiäänitasoa ja $L_{AFmax,T}$, joka tarkoittaa laitteiden käytön aikana esiintyvää enimmäisäänitasoa. Esimerkki keski- ja enimmäisäänitasojen merkityksestä ja eroista on rakennuksen viemärijärjestelmän tuottama ääni. Keskiäänitaso mitataan alkaen WC-istuimen vedosta ja lopetetaan viemärijätteen poistuttua putkistosta, kun ääntä ei enää kuulu. Enimmäisäänitaso on tällä mittausajanjaksolla esiintynyt äänitason hetkellinen huippuarvo.

Talotekniston laitteiden aiheuttaman melun yhteydessä puhutaan käsitteistä jatkuva laajakaistainen ääni, kapeakaistainen melu ja impulssimainen melu. Tutkimusten mukaan laajakaistainen ääni koetaan vähemmän häiritseväksi kuin kapeakaistainen ja impulssimainen melu. Laajakaistainen ääni on esimerkiksi ilmanvaihdon aiheuttama ”humina”. Kapeakaistainen ääni on esimerkiksi ilmanvaihdon päätelaitteen aiheuttama ”vihellys”. Impulssimainen ääni on esimerkiksi hissin pysähtyessä sen koneistosta syntyvä ”kolahdus”. Terveyden näkökulmasta kapeakaistainen ja impulssimainen melu koetaan haitallisiksi, joten näille on tiukemmat keski- ja enimmäisäänitasovaatimukset. Yleisesti ottaen edellä mainitun kaltaisen melun syntyminen tulisi välttää kaikin keinoin.

Talotekniston laitteiden akustinen suunnittelu on kokonaisuus, johon ensisijaisesti voidaan vaikuttaa laitevalinnoilla, mitoitusparametreilla ja järjestelmien säädöillä. Kuitenkin tärkeä osa kokonaisuutta ovat myös rakennuksen arkkitehtisuunnittelu (sijoittelu) ja rakennesuunnittelu (rakennetyypit). Taulukkoon 21 on koottu yleisiä menetelmiä, joilla voidaan vähentää LVI-laitteiden aiheuttamaa melua rakennuksen sisällä.

Taulukko 19. Määräykset laitteiden aiheuttamille äänitasoille.

Laitetyyppi: Talotekniset laitteet ja hissit				**Status:** Määräys
Kohde	**Jatkuva laajakaistainen ääni**		**Kapeakaistainen ääni ja impulssimainen ääni**	
	Keskiäänitaso $L_{Aeq,T}$	**Enimmäisäänitaso** $L_{AFmax,T}$	**Keskiäänitaso** $L_{Aeq,T}$	**Enimmäisäänitaso** $L_{AFmax,T}$
Asuinhuone Majoitushuone Hoitolaitoksen potilashuone	≤ 28 dB	≤ 33 dB	≤ 25 dB	≤ 30 dB
Asunnon keittiö Rakennuksen harrastustila	≤ 33 dB	≤ 38 dB	≤ 30 dB	≤ 35 dB
Uloskäytävä (porrashuone)	≤ 38 dB	≤ 43 dB	≤ 35 dB	≤ 40 dB
Avattavan ikkuna (ulkopuoli) Raitisilmaventtiili (ulkopuoli) Parveke / Terassi Oleskelualue pihalla	≤ 45 dB	≤ 50 dB	≤ 40 dB	≤ 45 dB

Taulukko 20. Määräykset laitteiden aiheuttamille äänitasoille.

Laitetyyppi: Talotekniset laitteet ja hissit				**Status:** Ohje
Kohde	**Jatkuva laajakaistainen ääni**		**Kapeakaistainen ääni ja impulssimainen ääni**	
	Keskiäänitaso $L_{Aeq,T}$	**Enimmäisäänitaso** $L_{AFmax,T}$	**Keskiäänitaso** $L_{Aeq,T}$	**Enimmäisäänitaso** $L_{AFmax,T}$
Opetustila Kokoustila Toimistotila Hoitotila Harrastustila	≤ 33 dB	≤ 38 dB	Ei tarkastella	Ei tarkastella
Varhaiskasvatuksen opetustila	≤ 28 dB	≤ 33 dB	Ei tarkastella	Ei tarkastella
Ruokailutila Liikuntatila	≤ 38 dB	≤ 43 dB	Ei tarkastella	Ei tarkastella

Taulukko 21. LVI-laitteiden aiheuttaman melun vähentämismenetelmiä.

Laite	**Laitteen tuottama ääni**	**SUUNNITTELUALA**		
		LVI	**ARK**	**RAK**
Vesijohto-järjestelmä	• Ilmaääni • Runkoääni	• Riittävä putkikoko • Oikea virtausnopeus • Paineentasausventtiilit • Tärinäeristetyt kannakkeet • Riittävän tiheä kannakointi jäykkään rakenteeseen • Ääniryhmän 1 hanat	• Tekniikan keskitys tietylle alueelle (lyhyet putkilinjat) • Vähän putkilinjoja välipohjiin • Hormit toissijaisiin tiloihin	• Koteloiden ja hormien ääneneristävyys • Läpivientien ääneneristävyys
Viemäri-järjestelmä	• Ilmaääni • Runkoääni	• Putken materiaali (valurauta) • Putken tyyppi (dB-viemäri) • Putken ääneneristys (villa) • Suoralinjainen kokoojaviemäri • Loivan käännökset putkilinjoissa • Pohjakulman toteutusratkaisu • Tärinäeristetyt kannakkeet • Riittävän tiheä kannakointi jäykkään rakenteeseen		
Lämmönjako-järjestelmä	• Ilmaääni • Runkoääni	• Riittävä putkikoko • Oikea virtausnopeus • Huoneistokohtaiset järjestelmät		
Ilmanvaihto-järjestelmä	• Ilmaääni	• Riittävä putkikoko • Oikea virtausnopeus • Laadukkaat äänenvaimentimet • Laadukkaan päätelaitteet • Päätelaitteiden sijainti • Järjestelmän säätö		
Ilmalämpö-pumppu	• Ilmaääni • Runkoääni	• Laadukas laite • Ulkoyksikön kannakointi jäykkään rakenteeseen	• Ulkoyksikkö toissijaiseen paikkaan (pois oleskelualueilta ja ikkunoiden läheisyydestä)	• Ulkoyksikön tärinäeristys • Ulkovaipan ääneneristävyys

6.1 LAITTEIDEN OMINAISUUDET

Taloteknisiä laitteita valittaessa tulee kiinnittää huomiota niiden ilmoitettuihin akustisiin ominaisuuksiin, jotta voidaan varmistua, että laitteen ominaisuudet vastaavat kansallisia määräyksiä ja ohjeita. Laitteita valmistetaan eri puolilla maailmaa, joten niiden ominaisuuksia esitetään erilaisilla merkinnöillä sekä erilaisilla standardeilla tarkasteltuna.

6.2 VAAKASUUNTAISET VIEMÄRIT

Vaakasuuntaisten viemäriputkien aiheuttama melu syntyy putkessa virtaavasta aineesta. Mitä enemmän ja nopeammin putkessa kulkee ainetta, sitä enemmän viemäri tuottaa melua. Vaakasuuntainen viemäri on hetkellisesti jatkuvaa laajakaistaista ääntä tuottava laite.

Vaakasuuntaiset viemärit sijaitsevat tavallisesti välipohjissa, jolloin ne tuottavat melua alempaan kerrokseen eli tilaan jota viemärit eivät palvele. Edellisestä johtuen vaakasuuntaisten viemärien määrä välipohjissa tulisi minimoida. Tähän voidaan vaikuttaa ensisijaisesti tilasuunnittelulla. Suositeltava tapa on viemäröidä WC-istuin seinäliittymän kautta suoraan LVIS-hormiin, jolloin eniten melua tuottavat vaakasuuntaiset viemärit saadaan pois välipohjista ja samalla vältetään lattian vedeneristyksen viemärilävistys.

Mikäli välipohjien vaakasuuntaisia viemäreitä ei voida välttää, tulisi saman käyttötarkoituksen mukaiset viemäreitä sisältävät tilat sijoittaa pohjaratkaisussa keskitetysti päällekkäin. Tavallisesti tällaisia tiloja ovat märkätilat, jolloin viemärien aiheuttama melu pysyy pääasiassa toisarvoisten tilojen välillä. Viemärien sijoittamista pääkäyttötarkoituksenmukaisiin tiloihin tulisi välttää. Taulukoissa 23...27 on esitetty menetelmiä välipohjaan asennettujen viemärien ääneneristykseen. Pääsääntöisesti viemärimelua hallitaan puurunkoisessa rakennuksessa samoilla periaatteilla kuin muistakin runkomateriaaleista toteutetuissa rakennuksissa.

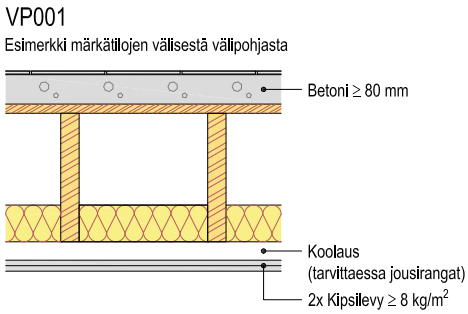
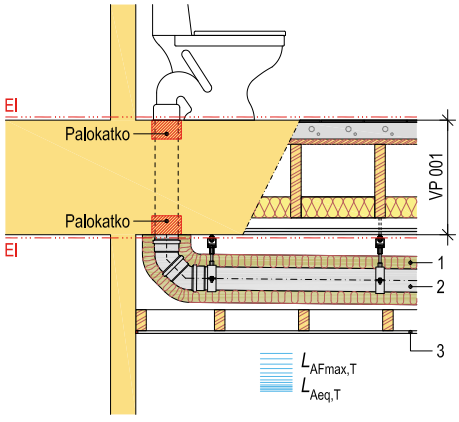
Puurunkoisessa rakennuksessa tulee erityisesti kiinnittää huomiota vaakaviemärien kannakointiin, jotta löydetään mahdollisimman raskaat ja jäykät rakenneosat, joihin viemärin kannakkeet voidaan kiinnittää. Kannakkeissa tulee olla ääneneristyskumi (kuva 54) ja kannakoinnissa tulee ottaa huomioon putken lämpöliike. Tyypillisesti kannakkeet kiinnitetään välipohjan kantavaan rakenteeseen (palkki, massiivipuulevy jne.). Mikäli kannakkeita ei saada palkkirakenteisessa välipohjassa palkkien kohdalle, voidaan käyttää putkien kannakointiin suunniteltua teräsrakenteista kiskojärjestelmää (kuva 56).

Kuva 54. Esimerkkejä ääneneristyskumilla varustetuista viemärikannakkeista. Kuva: Walraven.

Taulukko 22. LVI-laitteiden merkintöjen selityksiä.

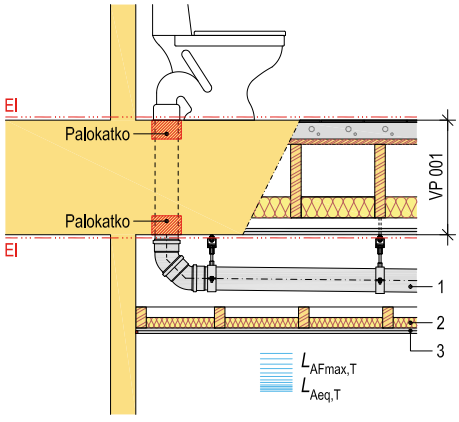
Laite	Esimerkki laitteen tiedosta	Tarkoitus
Laite yleisesti	47 dB (A) (mahdollisesti viittaus ISO- tai EN-standardi)	Yleensä tarkoittaa keskimääräistä A-painotettua äänitehotasoa, mutta on olemassa myös laitekohtaisia standardeja, joissa äänitaso voi kuvata yleensä joko laitteen työpisteellä vallitsevaa keskimääräistä A-painotettua äänenpainetasoa tai 1 m päässä vallitsevaa keskimääräistä A-painotettua äänenpainetasoa. Asia joudutaan usein varmistamaan valmistajalta, jos mittaluku ei ole yksiselitteisesti esitetty.
Ilmanvaihtokone	L_{wA} = 55 dB(A) L_{w} = 55 dB(A)	Keskimääräinen A-painotettu äänitehotaso, jonka laite tuottaa ympäristöönsä tai tiedon sisältävään kanavaliitäntään. Normaalisti äänitehotasot esitetään eriteltynä eri kanaviin ja ympäristöön.
Ulos sijoitettava laitew(esim. lauhdutin)	L_{p10m} = 50 dB(A), Q=2 L_{p} = 50 dB(A), r=10m, Q=2	Laitteen aiheuttama keskimääräinen A-painotettu äänenpaine-taso etäisyydellä 10 m laitteesta. Normaalisti ulos sijoitettavan laitteen etäisyysvaimennus lasketaan puolipallopinnalle (Q=2).
Sisätilaan sijoitettava laite (esim. IV-päätelaite)	L_{pA10m2} = 28 dB L_{p10A} = 28 dB	Laitteen aiheuttama keskimääräinen A-painotettu äänenpaine-taso huoneeseen. Äänenpainetaso on normalisoitu vastaa-maan 10 m^2 absorptioalaa, jota käytetään perinteisesti vertai-lukohtana.

Taulukko 23. Välipohjaan asennetun viemärin ääneneristysmenetelmiä.

<table>
<tr>
<td> 
</td>
<td colspan="2">Huomioitavia seikkoja
• Välipohjan ääneneristävyys kokonaisuutena tarkastellaan erikseen (esim. jousirankojen tarve)
• Alakattoa sivuavien rakennusosien ääneneristävyys tutkitaan erikseen
• Sivutiesiirtymien vaikutus ääneneristävyyteen tutkitaan erikseen
• Palotekniset seikat tarkastellaan erikseen
• Kosteustekniset seikat tarkastellaan erikseen
• Alakaton levytyksen ja sen läpivientien tulee olla tiiviitä
• Viemärin suunnanmuutokset ja haaroitukset 45° tai tätä loivempia</td>
</tr>
<tr>
<td> 
</td>
<td>Viemäriputken tyyppi, eristys, alakatto
(vain akustisesta näkökulmasta)

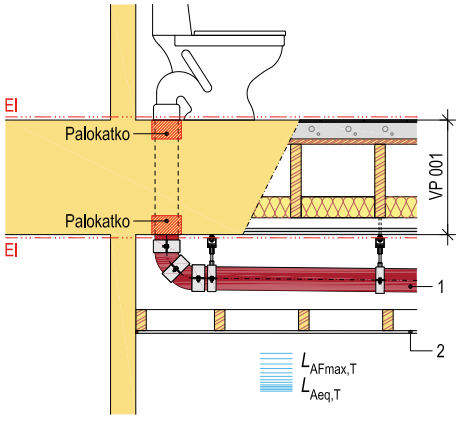
1) Mineraalivilla ≥ 80 kg/m³, paksuus ≥ 60 mm
2) Tavallinen muoviviemäri D=110 mm
3) 1x Kipsilevy ≥ 8 kg/m²</td>
<td>Enimmäisäänitaso
$L_{AFmax,T}$ = 38 dB

Keskiäänitaso
$L_{Aeq,T}$ = 33 dB

Alapuolinen tila
• märkätila
• keittiö
• harrastustila
• opetustila
• kokoustila
• toimistotila
• hoitotila</td>
</tr>
<tr>
<td> 
</td>
<td>Viemäriputken tyyppi, eristys, alakatto
(vain akustisesta näkökulmasta)

1) Tavallinen muoviviemäri D=110 mm
2) Mineraalivilla ≥ 40 kg/m³, paksuus ≥ 50 mm
3) 2x Kipsilevy ≥ 8 kg/m²</td>
<td>Enimmäisäänitaso
$L_{AFmax,T}$ = 38 dB

Keskiäänitaso
$L_{Aeq,T}$ = 33 dB

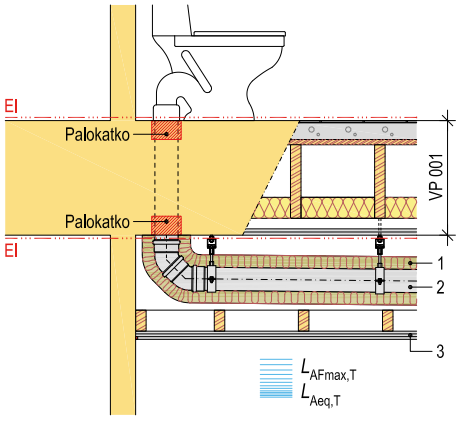
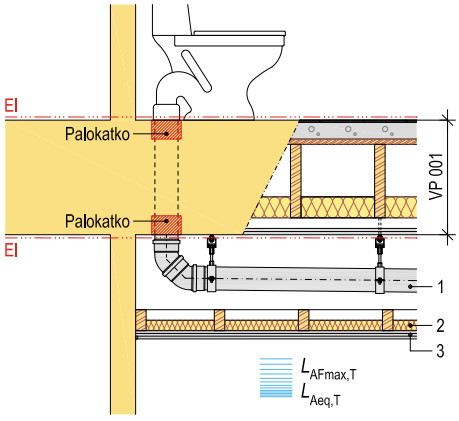
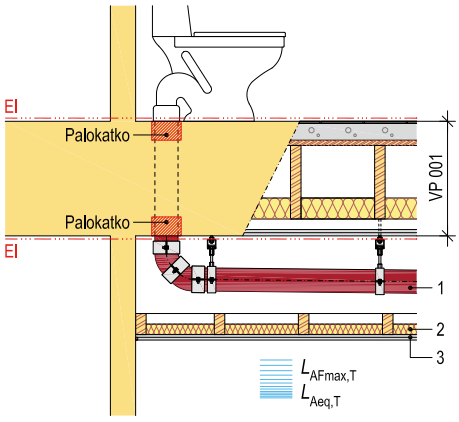
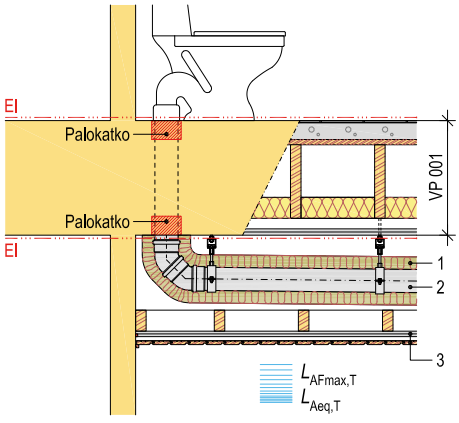
Alapuolinen tila
• märkätila
• keittiö
• harrastustila
• opetustila
• kokoustila
• toimistotila
• hoitotila</td>
</tr>
<tr>
<td> 
</td>
<td>Viemäriputken tyyppi, eristys, alakatto
(vain akustisesta näkökulmasta)

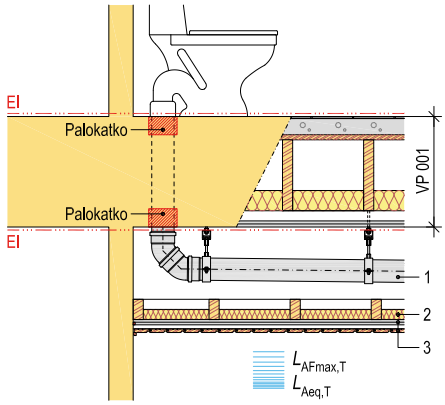
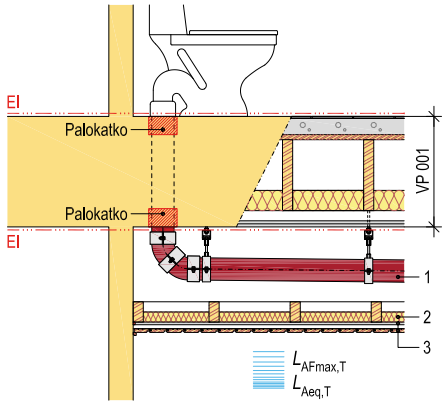
1) Valurautaviemäri D=110 mm
2) 1x Kipsilevy ≥ 8 kg/m²</td>
<td>Enimmäisäänitaso
$L_{AFmax,T}$ = 38 dB

Keskiäänitaso
$L_{Aeq,T}$ = 33 dB

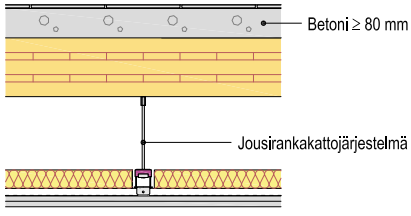
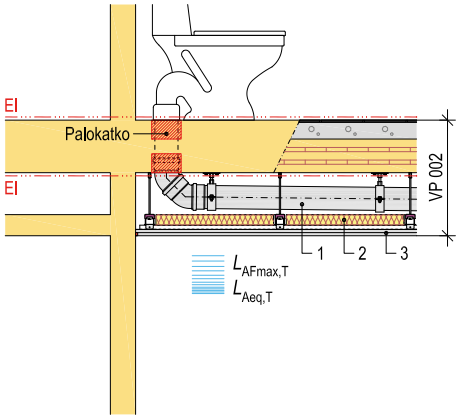
Alapuolinen tila
• märkätila
• keittiö
• harrastustila
• opetustila
• kokoustila
• toimistotila
• hoitotila</td>
</tr>
</table>

TALOTEKNISTEN LAITTEIDEN AIHEUTTAMA MELU JA TÄRINÄ

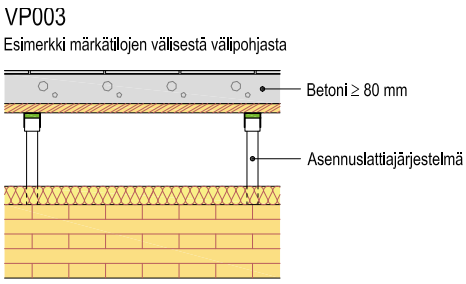
	**Viemäriputken tyyppi, eristys, alakatto** (vain akustisesta näkökulmasta) 1) Mineraalivilla ≥ 80 kg/m³, paksuus ≥ 60 mm 2) Tavallinen muoviviemäri D=110 mm 3) 3x Kipsilevy ≥ 8 kg/m²	**Enimmäisäänitaso** $L_{AFmax,T}$ = 33 dB **Keskiäänitaso** $L_{Aeq,T}$ = 28 dB **Alapuolinen tila** • asuinhuone • majoitushuone • hoitolaitoksen potilashuone • varhaiskasvatuksen opetustila
	**Viemäriputken tyyppi, eristys, alakatto** (vain akustisesta näkökulmasta) 1) Tavallinen muoviviemäri D=110 mm 2) Mineraalivilla ≥ 40 kg/m³, paksuus ≥ 50 mm 3) 3x Kipsilevy ≥ 8 kg/m²	**Enimmäisäänitaso** $L_{AFmax,T}$ = 33 dB **Keskiäänitaso** $L_{Aeq,T}$ = 28 dB **Alapuolinen tila** • asuinhuone • majoitushuone • hoitolaitoksen potilashuone • varhaiskasvatuksen opetustila
	**Viemäriputken tyyppi, eristys, alakatto** (vain akustisesta näkökulmasta) 1) Valurautaviemäri D=110 mm 2) Mineraalivilla ≥ 40 kg/m³, paksuus ≥ 50 mm 3) 2x Kipsilevy ≥ 8 kg/m²	**Enimmäisäänitaso** $L_{AFmax,T}$ = 33 dB **Keskiäänitaso** $L_{Aeq,T}$ = 28 dB **Alapuolinen tila** • asuinhuone • majoitushuone • hoitolaitoksen potilashuone • varhaiskasvatuksen opetustila
	**Viemäriputken tyyppi, eristys, alakatto** (vain akustisesta näkökulmasta) 1) Mineraalivilla ≥ 80 kg/m³, paksuus ≥ 60 mm 2) Tavallinen muoviviemäri D=110 mm 3) 2x Kipsilevy ≥ 8 kg/m² + Puupaneeli ≥ 9 kg/m²	**Enimmäisäänitaso** $L_{AFmax,T}$ = 33 dB **Keskiäänitaso** $L_{Aeq,T}$ = 28 dB **Alapuolinen tila** • asuinhuone • majoitushuone • hoitolaitoksen potilashuone • varhaiskasvatuksen opetustila

	**Viemäriputken tyyppi, eristys, alakatto** (vain akustisesta näkökulmasta) 1) Tavallinen muoviviemäri D=110 mm 2) Mineraalivilla ≥ 40 kg/m^3, paksuus ≥ 50 mm 3) 2x Kipsilevy ≥ 8 kg/m^2 + Puupaneeli ≥ 9 kg/m^2	**Enimmäisäänitaso** $L_{AFmax,T}$ = 33 dB **Keskiäänitaso** $L_{Aeq,T}$ = 28 dB **Alapuolinen tila** • asuinhuone • majoitushuone • hoitolaitoksen potilashuone • varhaiskasvatuksen opetustila
	**Viemäriputken tyyppi, eristys, alakatto** (vain akustisesta näkökulmasta) 1) Valurautaviemäri D=110 mm 2) Mineraalivilla ≥ 40 kg/m^3, paksuus ≥ 50 mm 3) 1x Kipsilevy ≥ 8 kg/m^2 + Puupaneeli ≥ 9 kg/m^2	**Enimmäisäänitaso** $L_{AFmax,T}$ = 33 dB **Keskiäänitaso** $L_{Aeq,T}$ = 28 dB **Alapuolinen tila** • asuinhuone • majoitushuone • hoitolaitoksen potilashuone • varhaiskasvatuksen opetustila

Taulukko 24. Välipohjaan asennetun viemärin ääneneristysmenetelmiä.

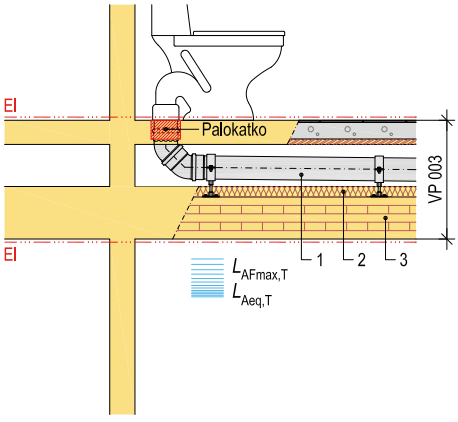
VP002 Esimerkki märkätilojen välisestä välipohjasta 	**Huomioitavia seikkoja** • Välipohjan ääneneristävyys kokonaisuutena tarkastellaan erikseen • Alakattoa sivuavien rakennusosien ääneneristävyys tutkitaan erikseen • Sivutiesiirtymien vaikutus ääneneristävyyteen tutkitaan erikseen • Palotekniset seikat tarkastellaan erikseen • Kosteustekniset seikat tarkastellaan erikseen • Alakaton levytyksen ja sen läpivientien tulee olla tiiviitä • Viemärin suunnanmuutokset ja haaroitukset 45° tai tätä loivempia	
	**Viemäriputken tyyppi, eristys, alakatto** (vain akustisesta näkökulmasta) 1) Tavallinen muoviviemäri D=110 mm 2) Mineraalivilla ≥ 40 kg/m^3, paksuus ≥ 50 mm 3) 2x Kipsilevy ≥ 8 kg/m^2	**Enimmäisäänitaso** $L_{AFmax,T}$ = 33 dB **Keskiäänitaso** $L_{Aeq,T}$ = 28 dB **Alapuolinen tila** • asuinhuone • majoitushuone • hoitolaitoksen potilashuone • varhaiskasvatuksen opetustila

Taulukko 25. Välipohjaan asennetun viemärin ääneneristysmenetelmiä.



Huomioitavia seikkoja

- Välipohjan ääneneristävyys kokonaisuutena tarkastellaan erikseen
- Alakattoa sivuavien rakennusosien ääneneristävyys tutkitaan erikseen
- Sivutiesiirtymien vaikutus ääneneristävyyteen tutkitaan erikseen
- Palotekniset seikat tarkastellaan erikseen
- Kosteustekniset seikat tarkastellaan erikseen
- Alakaton levytyksen ja sen läpivientien tulee olla tiiviitä
- Viemärin suunnanmuutokset ja haaroitukset 45° tai tätä loivempia



Viemäriputken tyyppi, eristys, alakatto
(vain akustisesta näkökulmasta)

1) Tavallinen muoviviemäri D=110 mm
2) Mineraalivilla ≥ 40 kg/m^3, paksuus ≥ 50 mm
3) Massiivipuulevy, paksuus ≥ 120 mm

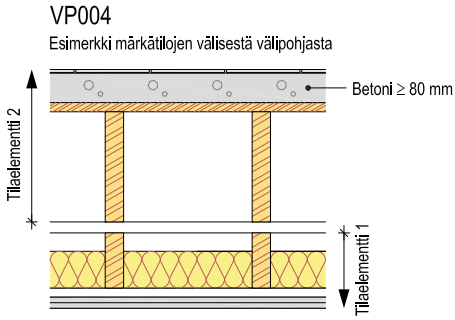
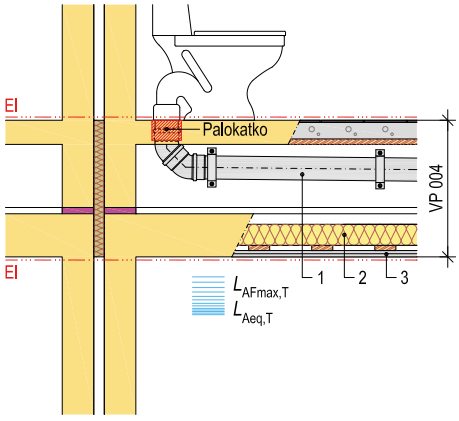
Enimmäisäänitaso
$L_{AFmax,T}$ = 38 dB

Keskiäänitaso
$L_{Aeq,T}$ = 33 dB

Alapuolinen tila

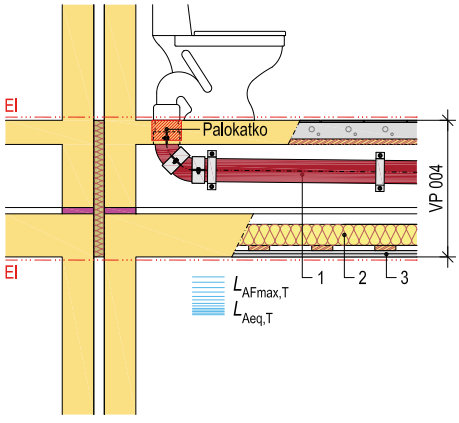
- märkätila
- keittiö
- harrastustila
- opetustila
- kokoustila
- toimistotila
- hoitotila

Taulukko 26. Välipohjaan asennetun viemärin ääneneristysmenetelmiä.

<table>
<tr>
<td> 
</td>
<td colspan="2">Huomioitavia seikkoja
• Välipohjan ääneneristävyys kokonaisuutena tarkastellaan erikseen
• Alakattoa sivuavien rakennusosien ääneneristävyys tutkitaan erikseen
• Sivutiesiirtymien vaikutus ääneneristävyyteen tutkitaan erikseen
• Palotekniset seikat tarkastellaan erikseen
• Kosteustekniset seikat tarkastellaan erikseen
• Alakaton levytyksen ja sen läpivientien tulee olla tiiviitä
• Viemärin suunnanmuutokset ja haaroitukset 45° tai tätä loivempia</td>
</tr>
<tr>
<td> 
</td>
<td>Viemäriputken tyyppi, eristys, alakatto
(vain akustisesta näkökulmasta)

1) Tavallinen muoviviemäri D=110 mm
2) Mineraalivilla ≥ 40 kg/m^3, paksuus ≥ 100 mm
3) 2x Kipsilevy ≥ 8 kg/m^2</td>
<td>Enimmäisäänitaso
$L_{AFmax,T}$ = 38 dB

Keskiäänitaso
$L_{Aeq,T}$ = 33 dB

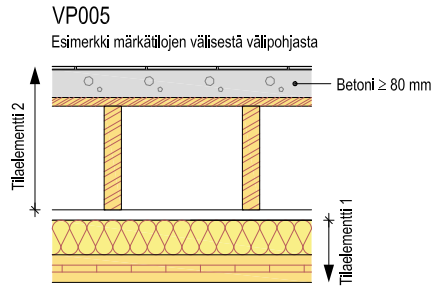
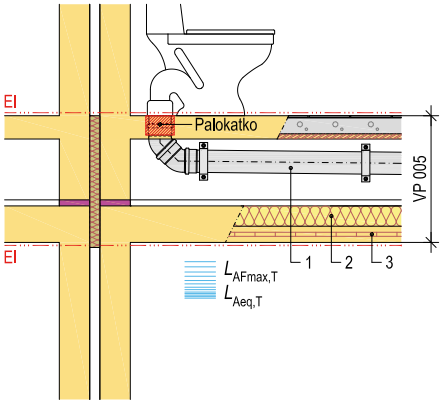
Alapuolinen tila
• märkätila
• keittiö
• harrastustila
• opetustila
• kokoustila
• toimistotila
• hoitotila</td>
</tr>
<tr>
<td> 
</td>
<td>Viemäriputken tyyppi, eristys, alakatto
(vain akustisesta näkökulmasta)

1) Valurautaviemäri D=110 mm
2) Mineraalivilla ≥ 40 kg/m^3, paksuus ≥ 100 mm
3) 2x Kipsilevy ≥ 8 kg/m^2</td>
<td>Enimmäisäänitaso
$L_{AFmax,T}$ = 33 dB

Keskiäänitaso
$L_{Aeq,T}$ = 28 dB

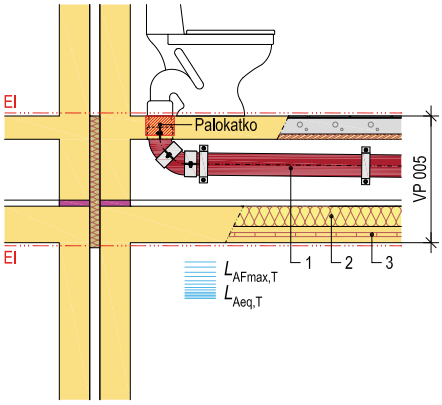
Alapuolinen tila
• asuinhuone
• majoitushuone
• hoitolaitoksen potilashuone
• varhaiskasvatuksen opetustila</td>
</tr>
</table>

Taulukko 27. Välipohjaan asennetun viemärin ääneneristysmenetelmiä.

<table>
<tr>
<td> 
</td>
<td colspan="2">Huomioitavia seikkoja
• Välipohjan ääneneristävyys kokonaisuutena tarkastellaan erikseen
• Alakattoa sivuavien rakennusosien ääneneristävyys tutkitaan erikseen
• Sivutiesiirtymien vaikutus ääneneristävyyteen tutkitaan erikseen
• Palotekniset seikat tarkastellaan erikseen
• Kosteustekniset seikat tarkastellaan erikseen
• Alakaton levytyksen ja sen läpivientien tulee olla tiiviitä
• Viemärin suunnanmuutokset ja haaroitukset 45° tai tätä loivempia</td>
</tr>
<tr>
<td> 
</td>
<td>Viemäriputken tyyppi, eristys, alakatto
(vain akustisesta näkökulmasta)

1) Tavallinen muoviviemäri D=110 mm
2) Mineraalivilla ≥ 40 kg/m^3, paksuus ≥ 100 mm
3) Massiivipuulevy, paksuus ≥ 100 mm</td>
<td>Enimmäisäänitaso
$L_{AFmax,T}$ = 38 dB

Keskiäänitaso
$L_{Aeq,T}$ = 33 dB

Alapuolinen tila
• märkätila
• keittiö
• harrastustila
• opetustila
• kokoustila
• toimistotila
• hoitotilatila
• hoitotila</td>
</tr>
<tr>
<td> 
</td>
<td>Viemäriputken tyyppi, eristys, alakatto
(vain akustisesta näkökulmasta)

1) Valurautaviemäri D=110 mm
2) Mineraalivilla ≥ 40 kg/m^3, paksuus ≥ 100 mm
3) Massiivipuulevy, paksuus ≥ 100 mm</td>
<td>Enimmäisäänitaso
$L_{AFmax,T}$ = 33 dB

Keskiäänitaso
$L_{Aeq,T}$ = 28 dB

Alapuolinen tila
• asuinhuone
• majoitushuone
• hoitolaitoksen potilashuone
• varhaiskasvatuksen opetustila</td>
</tr>
</table>

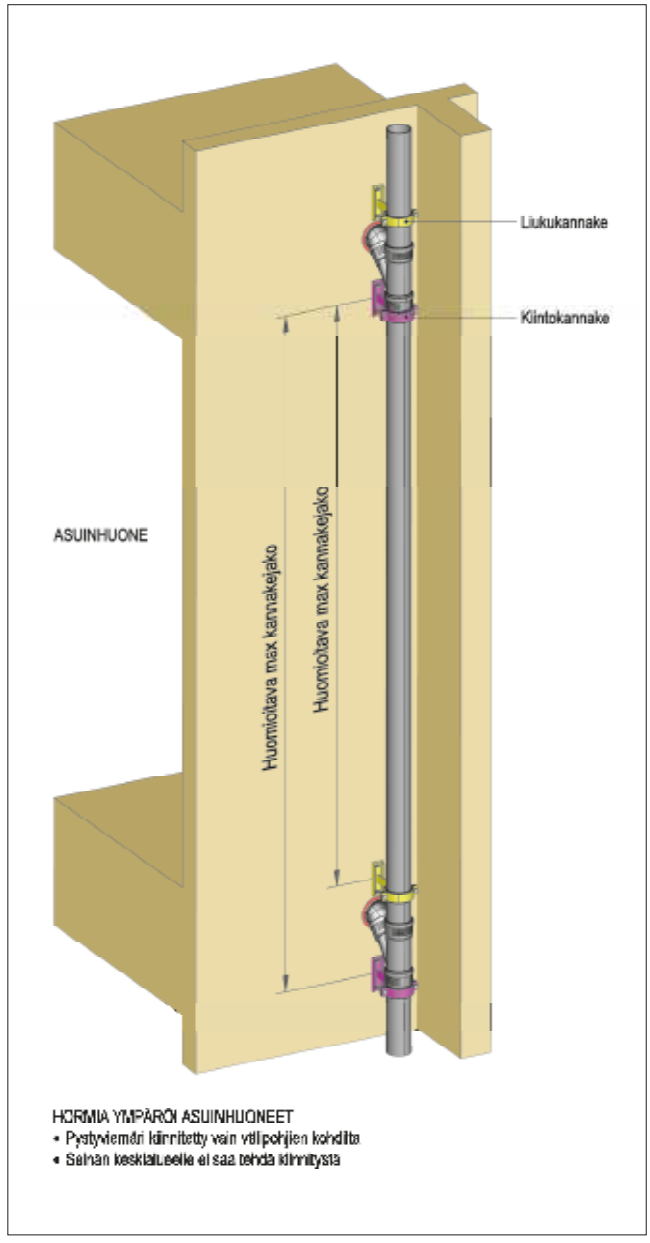
6.3 PYSTYSUUNTAISET VIEMÄRIT

Pystysuuntaiset viemärit kuljetetaan tavallisesti LVIS-hormissa. Perinteisesti asuinhuoneistoa palvelevat LVIS-hormit ovat kylpyhuoneessa ja keittiössä. Tällöin hormi lävistää huoneiston välipohjan, joka on akustisesti ja paloteknisesti haasteellinen rakennusosa. Huoneiston välipohjan läpiviennit tulisi minimoida tai niitä ei pitäisi tehdä lainkaan. Suositeltava tapa on sijoittaa LVIS-hormit porrashuoneeseen, jolloin ne ovat yhdessä palo-osastossa, jossa välipohjilla ei ole akustisia vaatimuksia pystysuunnassa. Lisäksi putkien kytkennän ja huollon kannalta huoneiston ulkopuolella olevat LVIS-hormit ovat suositeltava ratkaisu.

Vaakasuuntaisten viemärien tapaan pystysuuntaisten viemäriputkien aiheuttama melu syntyy putkessa virtaavasta aineesta. Pystysuuntaisessa kokoojaviemärissä voimakkain melu syntyy kuitenkin siitä, kun viemärissä kulkeva aine iskeytyy kokoojaviemärin alapäässä olevaan pohjakulmaan aiheuttaen voimakkaan iskuäänen, joka kulkee viemäriputkea pitkin takaisin tiloihin. Iskuäänen voimakkuus riippuu pudotuskorkeudesta pohjakulmaan ja se kasvaa merkittävästi, kun pudotuskorkeus on yli 5 m. Pohjakulma tehdään mahdollisimman loivana ja se sijoitetaan kellaritiloihin betonirakenteisen välipohjan alle tai alapohjan alle siten, että pohjakulman ympärille voidaan tehdä betonivalu (äänenvaimennin). Pystysuuntainen kokoojaviemäri tulee suunnitella siten, että se saadaan pystysuorana aina pohjakulmaan saakka ilman sivusiirtoja. Kokoojaviemärin sivusiirto aiheuttaa vastaavanlaisen iskuäänen kuin edellä mainittu pohjakulma. Kokoojaviemäriin liittyvien viemärihaaroitusten tulee olla 45° tai tätä loivempia. Pystysuuntainen viemäri on hetkellisesti jatkuvaa laajakaistaista ääntä tuottava laite.

Puurunkoisessa rakennuksessa tulee erityisesti kiinnittää huomiota pystyviemärien kannakointiin, jotta löydetään mahdollisimman raskaat ja jäykät rakenneosat, joihin viemärin kannakkeet voidaan kiinnittää. Kannakkeissa tulee olla ääneneristyskumi (kuva 54) ja kannakoinnissa tulee ottaa huomioon putken lämpöliike. Viemäriputkia ei tule kiinnittää suoraan huoneistojen välisiin seinärakenteisiin. Tyypillisesti pystyviemärin kannakointi tehdään esimerkiksi välipohjan kohdalle (kuva 55). Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää erillistä viemärin kiinnitysrakennetta, joka voi olla esimerkiksi erillinen teräsrakenne, joka kiinnitetään vain välipohjan kohdilta. Taulukossa 28 on esitetty menetelmiä LVIS-hormiin asennettujen viemärien ääneneristykseen. Suositeltavaa on käyttää samanlaista hormin seinärakennetta kaikissa kerroksissa, vaikka ylöspäin mentäessä viemärimelun vaikutus vähenee.

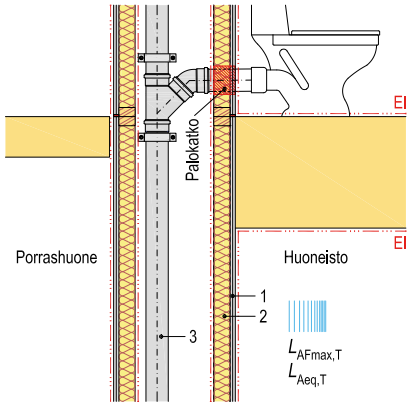
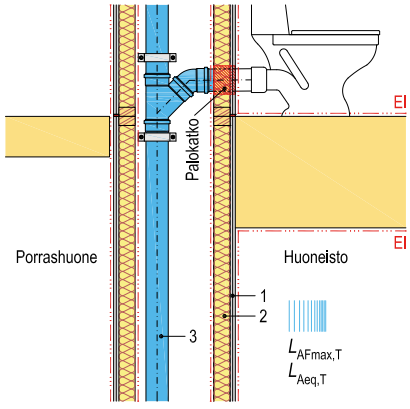
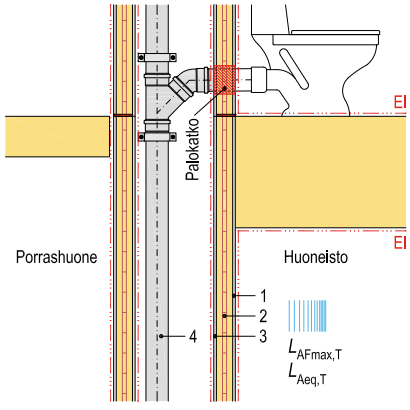
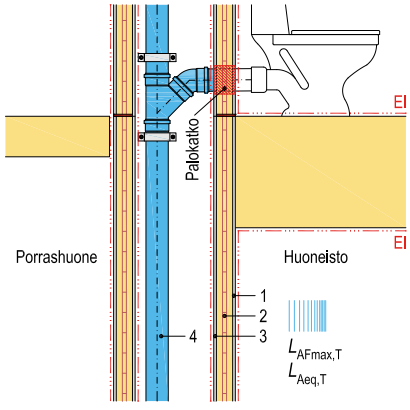
LVIS-hormia suunniteltaessa tulee kiinnittää erityistä huomiota paloteknisiin seikkoihin, koska nämä määrittelevät hormin seinärakenteen rakennusmateriaaleja ja pintaluokkia. Hormiin asennetaan yleensä myös muuta talotekniikkaa, jolloin hormiin syntyy palokuormaa. Suositeltavaa on suunnitella LVIS-hormin seinärakenteen osastoivuus samaan luokkaan kuin muutkin rakennuksen osastoivat seinärakenteet siten, että hormin seinärakenteen osastoivuus toimii sekä hormin sisäpuolista että ulkopuolista paloa vastaan. Tällöin LVIS-hormiin saa sijoittaa palavia materiaaleja eikä hormissa tarvita välipohjan kohdalla vaakasuuntaista palokatkoa. LVIS-hormin rakenteiden akustiseen ja palotekniseen tiiviyteen tulee kiinnittää erityistä huomiota.



Kuva 55. Viemärin kannakointiperiaatteita LVIS-hormissa.

TALOTEKNISTEN LAITTEIDEN AIHEUTTAMA MELU JA TÄRINÄ

Taulukko 28. Hormiin asennetun viemärin ääneneristysmenetelmiä.

	**Viemäriputken tyyppi, eristys, seinä** (vain akustisesta näkökulmasta) 1) 2x Kipsilevy ≥ 8 kg/m² 2) Puurankarunko, paksuus ≥ 66 mm Mineraalivilla ≥ 40 kg/m³, paksuus ≥ 66 mm 3) Tavallinen muoviviemäri D=110 mm **Muuta huomioitavaa** • Seinärakenne katkaistava välipohjan kohdalla • Palotekninen osastoivuus ja palokatkot • Tarvittaessa palotekninen osastoivuus myös hormin sisäpuolista paloa vastaan (ks. luku 6.3)	**Enimmäisäänitaso** $L_{AFmax,T}$ = 38 dB **Keskiäänitaso** $L_{Aeq,T}$ = 33 dB **Ympäröivä tila** • märkätila • keittiö • harrastustila • opetustila • kokoustila • toimistotila • hoitotila
	**Viemäriputken tyyppi, eristys, seinä** (vain akustisesta näkökulmasta) 1) 2x Kipsilevy ≥ 8 kg/m² 2) Puurankarunko, paksuus ≥ 66 mm Mineraalivilla ≥ 40 kg/m³, paksuus ≥ 66 mm 3) Desibeli-muoviviemäri D=110 mm **Muuta huomioitavaa** • Seinärakenne katkaistava välipohjan kohdalla • Palotekninen osastoivuus ja palokatkot • Tarvittaessa palotekninen osastoivuus myös hormin sisäpuolista paloa vastaan (ks. luku 6.3)	**Enimmäisäänitaso** $L_{AFmax,T}$ = 33 dB **Keskiäänitaso** $L_{Aeq,T}$ = 28 dB **Ympäröivä tila** • asuinhuone • majoitushuone • hoitolaitoksen potilashuone • varhaiskasvatuksen opetustila
	**Viemäriputken tyyppi, eristys, seinä** (vain akustisesta näkökulmasta) 1) 1x Kipsilevy ≥ 8 kg/m² 2) Massiivipuulevy, paksuus ≥ 60 mm 3) 1x Kipsilevy ≥ 8 kg/m² 4) Tavallinen muoviviemäri D=110 mm **Muuta huomioitavaa** • Seinärakenne katkaistava välipohjan kohdalla • Palotekninen osastoivuus ja palokatkot • Tarvittaessa palotekninen osastoivuus myös hormin sisäpuolista paloa vastaan (ks. luku 6.3)	**Enimmäisäänitaso** $L_{AFmax,T}$ = 38 dB **Keskiäänitaso** $L_{Aeq,T}$ = 33 dB **Ympäröivä tila** • märkätila • keittiö • harrastustila • opetustila • kokoustila • toimistotila • hoitotila
	**Viemäriputken tyyppi, eristys, seinä** (vain akustisesta näkökulmasta) 1) 1x Kipsilevy ≥ 8 kg/m² 2) Massiivipuulevy, paksuus ≥ 60 mm 3) 1x Kipsilevy ≥ 8 kg/m² 4) Desibeli-muoviviemäri D=110 mm **Muuta huomioitavaa** • Seinärakenne katkaistava välipohjan kohdalla • Palotekninen osastoivuus ja palokatkot • Tarvittaessa palotekninen osastoivuus myös hormin sisäpuolista paloa vastaan (ks. luku 6.3)	**Enimmäisäänitaso** $L_{AFmax,T}$ = 33 dB **Keskiäänitaso** $L_{Aeq,T}$ = 28 dB **Ympäröivä tila** • asuinhuone • majoitushuone • hoitolaitoksen potilashuone • varhaiskasvatuksen opetustila

6.4 KÄYTTÖVESI- JA LÄMMÖNJAKOJÄRJESTELMÄ

Käyttövesi- ja lämpöputkien sekä järjestelmään kuuluvien laitteiden aiheuttamaa ääntä hallitaan puurunkoisessa rakennuksessa samoilla periaatteilla kuin muistakin runkomateriaaleista toteutetuissa rakennuksissa. Vesiputkien tuottama ääni syntyy pääasiassa putkessa tapahtuvasta veden virtauksesta ja putkia pitkin johtuvasta äänestä. Mitä nopeammin vesi virtaa putkessa, sitä enemmän melua putki tuottaa. Putkistomeluun vaikuttavat myös järjestelmässä olevat pumput, venttiilit, vesikalusteet ja lämpöpatterit.

Putken materiaalilla ei ole vaikutusta putkesta syntyvän äänen voimakkuuteen, mutta putkimateriaalilla voidaan vaikuttaa äänen johtumiseen putkea pitkin. Tämä korostuu erityisesti lämpöpatteriverkostossa, jossa eri tiloissa olevat lämpöpatterit on yhdistetty metalliputkilla toisiinsa. Äänen johtumisen näkökulmasta suojaputkissa olevat muoviputket on suositeltava ratkaisu, mutta myös metalli- ja komposiittiputkilla voidaan toteuttaa akustisesti toimivia ratkaisuja, kun järjestelmään liittyvien putkien ja laitteiden mitoitus sekä asennus on tehty oikein. Lämpöpatteriverkosto suositellaan tehtäväksi aina tilakohtaisella putkituksella, jolloin vältetään tilasta toiseen jatkuvat putket.

Käyttövesi- ja lämpöputkien pystynousut sijoitetaan tavallisesti LVIS-hormiin, jossa on kokoojaviemäri ym. talotekniikkaa. Tällöin kyseisten putkien akustiikka ei aiheuta lisätoimenpiteitä, koska hormin rakenteet on mitoitettu viemärimelulle (eniten melua tuottava putki). Käyttövesi- ja lämpöputkien vaakavedot sijoitetaan tavallisesti lattiarakenteeseen tai alakattoon. Sijoitettaessa putkia välipohjan kelluvan lattian askeläänieneristekerrokseen, tulee ratkaisun olla sellainen, että putket eivät kytke kelluvaa lattiaa välipohjan runkorakenteeseen. Käyttövesi- ja lämpöputkien kotelointi yms. suojarakenne voidaan toteuttaa akustisesta näkökulmasta yhdellä kipsilevyllä (paino ≥ 8 kg/m^2), kun verkosto on suunniteltu mahdollisimman alhaiselle painetasolle. Kotelointien yms. suojarakenteiden levytyksen ja näiden läpivientien tulee olla tiiviitä.

Käyttövesi- ja lämpöputkien kannakointi tulee tehdä mahdollisimman raskaisiin ja jäykkiin rakenteisiin. Kyseisten putkien lämpöliikkeen aiheuttaman äänen takia putkia ei tule kiinnittää suoraan seinään. Kannakejaon tulee olla riittävän tiheä, jotta putki ei heilu esimerkiksi paineen vaihtelun vaikutuksesta. Kannakkeissa tulee olla ääneneristyskumi ja kannakoinnissa tulee ottaa huomioon putken lämpöliike. Kannakkeen ääneneristyskumi toimii myös galvaanisen korroosion estävänä eristimenä, kun putki ja kannake ovat eri metallilaatua.

6.5 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ

Ilmanvaihtojärjestelmän aiheuttamaa ääntä hallitaan puurunkoisessa rakennuksessa samoilla periaatteilla kuin muistakin runkomateriaaleista toteutetuissa rakennuksissa. Puurunkoisessa rakennuksessa tulee kuitenkin kiinnittää erityistä huomiota ilmanvaihtokoneen aiheuttamaan tärinään. Tämä vaikuttaa ilmanvaihtokoneen kiinnityksiin ja ilmanvaihtokonehuoneen rakenteisiin.

Ilmanvaihtojärjestelmän tuottama ääni syntyy pääasiassa ilmanvaihtokanavissa tapahtuvasta ilman virtauksesta. Tarkemmin ottaen virtausmelu syntyy virtausnopeuden ja paineen vaihtelun seurauksena kanavistossa olevista säätö- ja päätelaitteista. Ilmanvaihtokoneen puhaltimien aiheuttama melu kulkeutuu kanavaa pitkin tilaan, mutta tämän vaikutus on yleensä pienempi kuin muiden kanavistossa syntyvien virtausmelujen. Puhaltimien aiheuttama melu tulee kuitenkin ottaa huomioon, kun suunnitellaan ilmanvaihtokonetilan rakennusosien ilmaääneneristävyyttä. Ilmanvaihtokonetta valittaessa tulee kiinnittää huomiota seuraaviin tekijöihin:

- Puhaltimien moottorien aiheuttaman melun voimakkuus.
- Kanavien joustava kytkentämenetelmä laitteeseen, jotta kanavaan ei synny runkoääntä.
- Koneiston tärinäeristys.

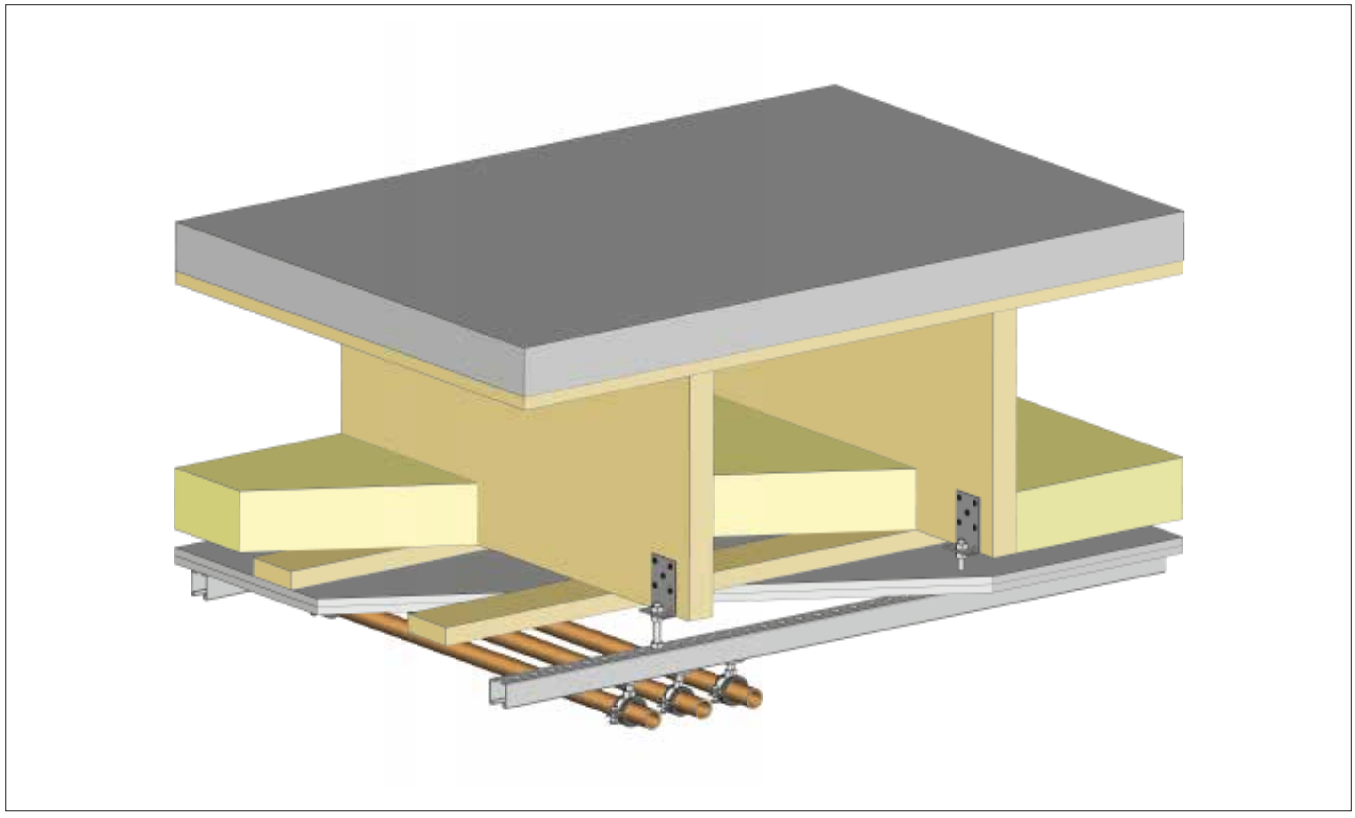
Ilmanvaihtokanavan materiaali määräytyy yleensä palomääräysten eikä akustisten ominaisuuksien perusteella. Ilmanvaihtokanavan materiaalilla ei ole vaikutusta virtausmelun voimakkuuteen. Kanavan seinämää pitkin tapahtuva äänen johtuminen (sivutiesiirtymä) ei myöskään ole akustinen haaste, koska äänen kulkeutuminen kanavan sisällä on niin merkittävässä osassa (esim. puhe kulkeutuu kanavaa pitkin toiseen tilaan). Ilmanvaihtokanavaa pitkin tapahtuva äänen sivutiesiirtymä tilasta toiseen voidaan estää kokonaan käyttämällä tilakohtaisia ilmanvaihtojärjestelmiä. Virtausmelun ja sivutiesiirtymän vähentämisessä avainasemassa ovat kanavistossa olevat äänenvaimentimet ja ilmanvaihtojärjestelmän oikeanlaiset säädöt.

Keskitetyn ilmanvaihtojärjestelmän kanavien pystynousut sijoitetaan tavallisesti LVIS-hormiin. Vaakasuuntaiset ilmanvaihtokanavat sijoitetaan tavallisesti alakattoon. Keskitetyn ilmanvaihtojärjestelmän yhteydessä tulee kiinnittää erityisesti huomiota ilmanvaihtokanavien paloteknisten ratkaisujen suunnitteluun, koska sama kanava palvelee useampaa palo-osastoa. Ilmanvaihtokanavat tarvitsee eristää tarvittaessa palo- ja kosteusteknisistä syistä.

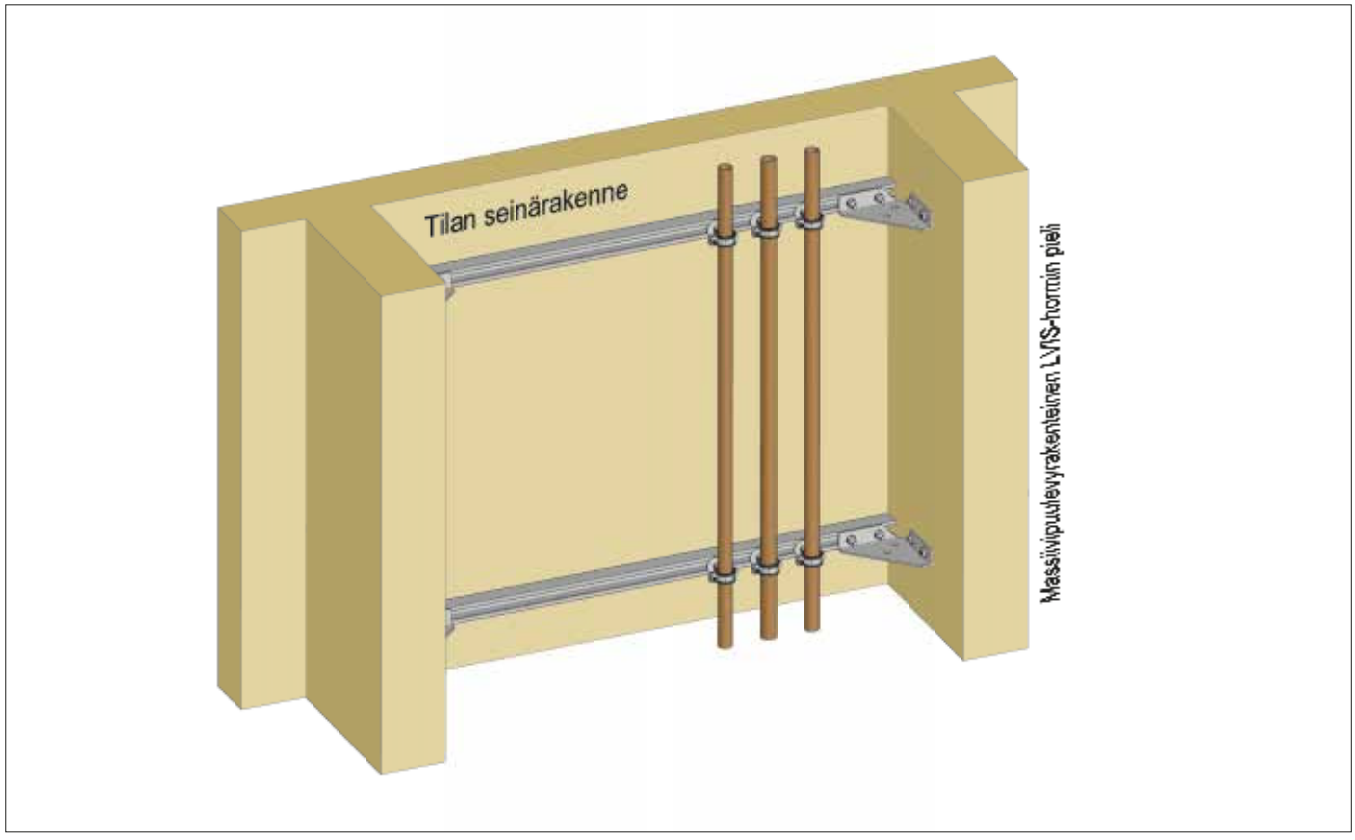
Ilmanvaihtokanavat kiinnitetään tähän tarkoitukseen olevilla kannakkeilla tukeviin rakenteisiin. Tarvittaessa voidaan käyttää putkien kannakointiin suunniteltua teräsrakenteista kiskojärjestelmää (kuvat 58 ja 59). Kanavien kannakkeissa olisi hyvä olla kumieristin, joka toimii myös galvaanisen korroosion estävänä eristimenä, kun kanava ja kannake ovat eri metallilaatua.

Akustisesta näkökulmasta keskitetyssä ilmanvaihtojärjestelmässä tarvittava ilmanvaihtokonehuone tulisi sijoittaa siten, että se ei ole asuin-, majoitus- tai potilashuoneiden läheisyydessä. Vastaavasti huoneistokohtaiset ilmanvaihtolaitteet tulisi sijoitetaan toissarvoisiin tiloihin (esim. kylpyhuone) tai kokonaan huoneiston ulkopuolelle.

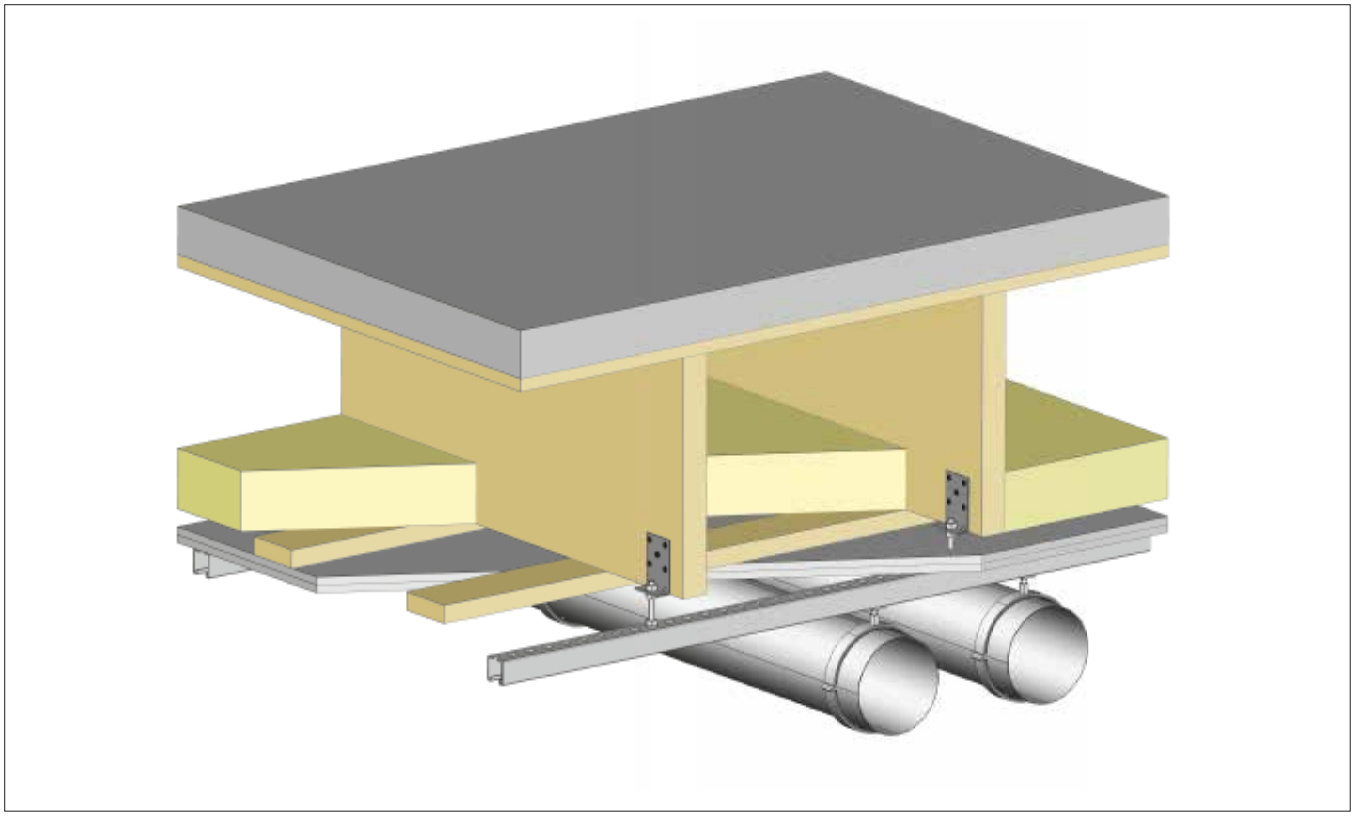
Puurunkoisessa rakennuksessa tulee kiinnittää huomiota ilmanvaihtokonehuoneen rakennusosien ääneneristävyyteen ja erityisesti lattian värähtelyominaisuuksiin. Lattiarakenteen tulee olla mahdollisimman raskas ja jäykkä. Tämän lisäksi lattiarakenteessa ei saa olla kelluvaa lattiaa, koska ilmanvaihtokoneen tärinä saattaa aiheuttaa resonanssi-ilmiön kelluvaan lattiaan. Edellinen koskee sekä tärinäeristettyjä että tärinäeristämättömiä ilmanvaihtokoneita.



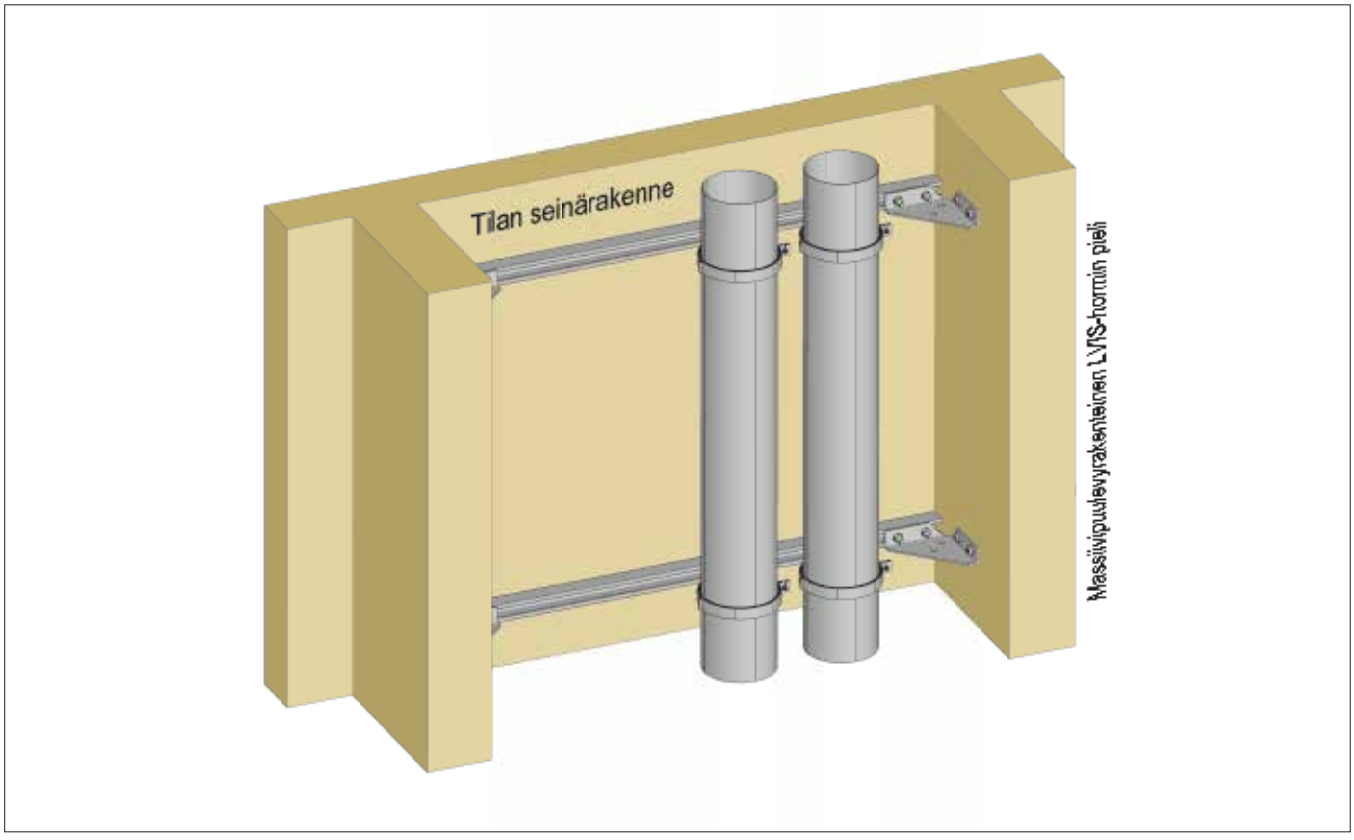
Kuva 56. Vesijohdot kannakoituna välipohjapalkkeihin kiinnitetystä LVI-kiskojärjestelmästä.



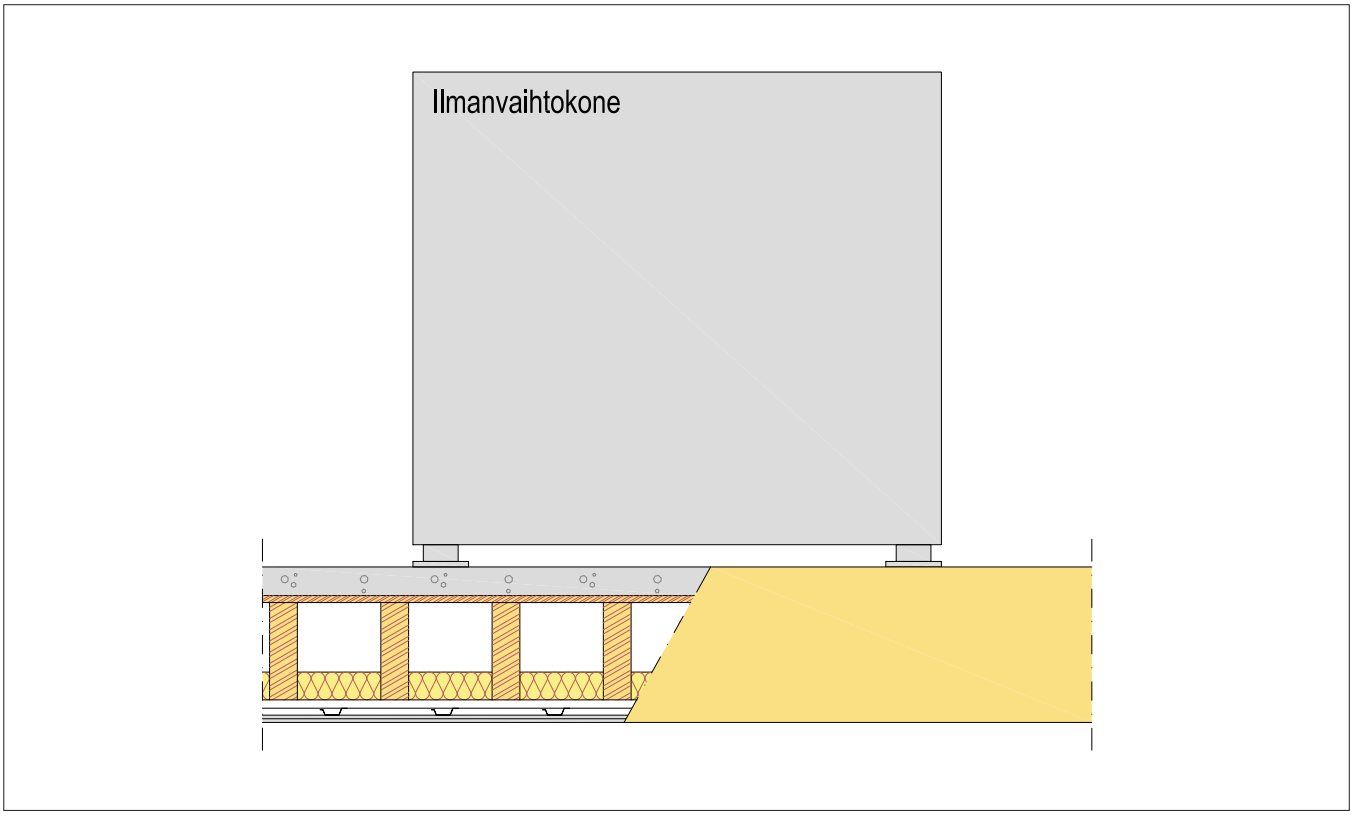
Kuva 57. Vesijohdot kannakoituna hormin pieliin kiinnitetystä LVI-kiskojärjestelmästä (irti tilan seinärakenteesta).



Kuva 58. Ilmanvaihtokanavat kannakoituna välipohjapalkkeihin kiinnitetystä LVI-kiskojärjestelmästä.



Kuva 59. Ilmanvaihtokanavat kannakoituna hormin pieliin kiinnitetystä LVI-kiskojärjestelmästä (irti tilan seinärakenteesta).



Kuva 60. Ilmanvaihtokonehuoneen lattiassa ei saa olla kelluvaa lattiaa.

6.6 ILMALÄMPÖPUMPPU

Ilmalämpöpumpun ulkoyksikössä on kompressori, joka tuottaa melua ja tärinää. Ulkoyksikköä ei tule kiinnittää puurunkoiseen seinään. Lisäksi ulkoyksikön sijoitus tulee suunnitella siten, että se ei tuota melua pääkäyttötarkoituksen mukaisiin tiloihin. Ulkoyksikköä ei tule sijoittaa makuuhuoneen ikkunoiden läheisyyteen.

Nykyisin on myös ilmanvaihtolaitteita, joissa on ilmalämmitys- ja jäähdytysominaisuus. Tällainen laite sisältää kompressorin, joten laite tulee sijoittaa siten, että se ei tuota melua pääkäyttötarkoituksen mukaisiin tiloihin. Tarvittaessa laite koteloidaan. Kyseisten laitteiden kiinnitys tulee toteuttaa jäykkiin rakenteisiin ja kiinnityksessä tulee olla tärinäeristys.

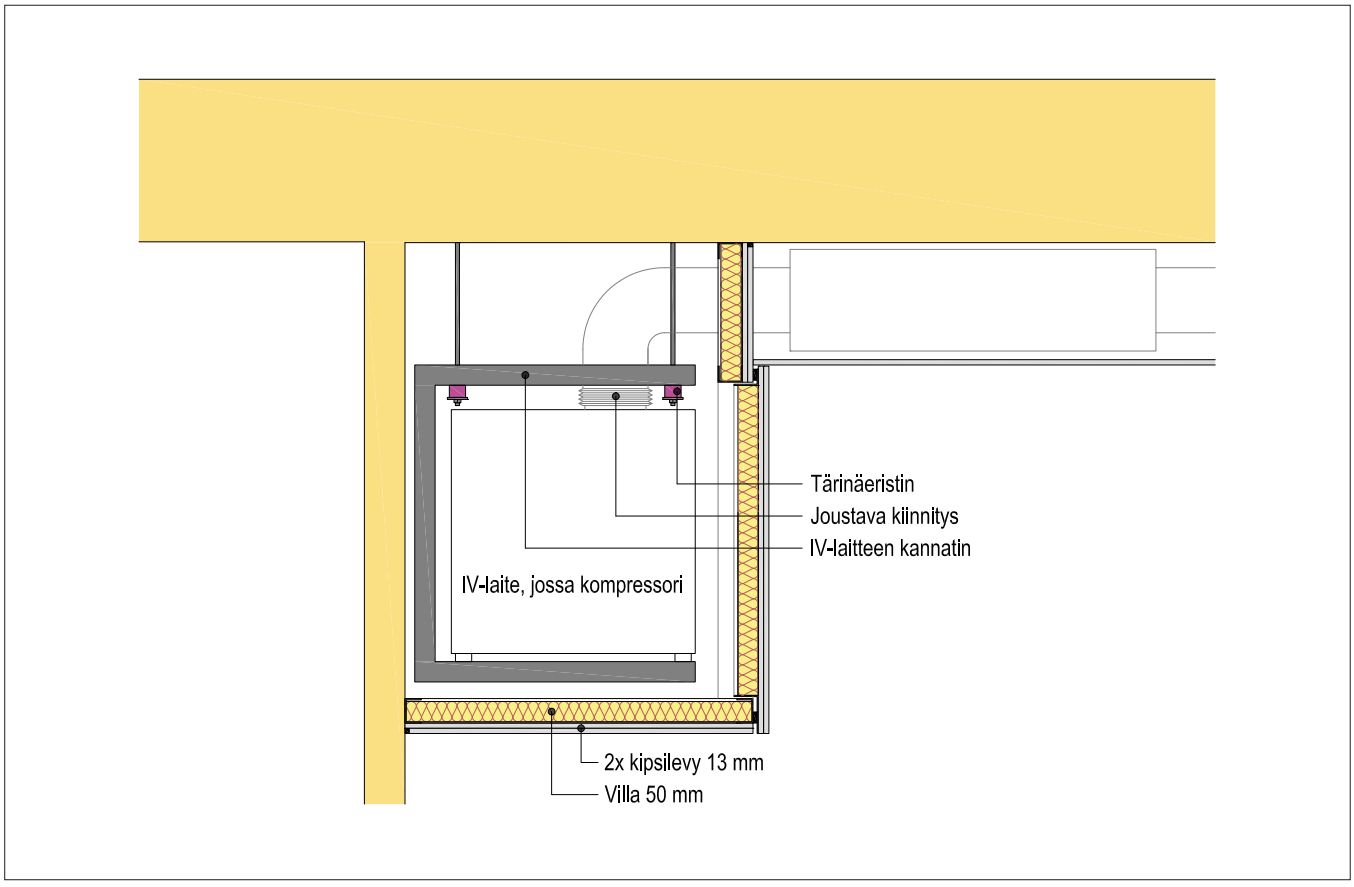
6.7 LÄPIVIENNIT

Putkien, kanavien, kaapelien, sähkörasioiden yms. läpiviennit ääntä eristävissä ja paloa osastoivissa rakennusosissa tulee olla tiiviitä sekä ääni- että paloteknisesti. Pienikin ilmavuoto läpiviennissä heikentää rakennusosan ääneneristävyyttä merkittävästi. Suunnitteluratkaisuissa tulisi pyrkiä siihen, että edellisen kaltaisia läpivientejä on mahdollisimman vähän. Esimerkiksi tilakohtaisilla taloteknisillä ratkaisuilla voidaan vähentää läpivientejä merkittävästi. Puurakenteiden läpivientien suunnittelussa tulee olla yhteydessä läpivientituotteita valmistavaan yritykseen, koska levypintaisille rankarakenteille, massiivipuulevyrakenteille jne. on jokaiselle omanlaisensa läpivientiratkaisut.

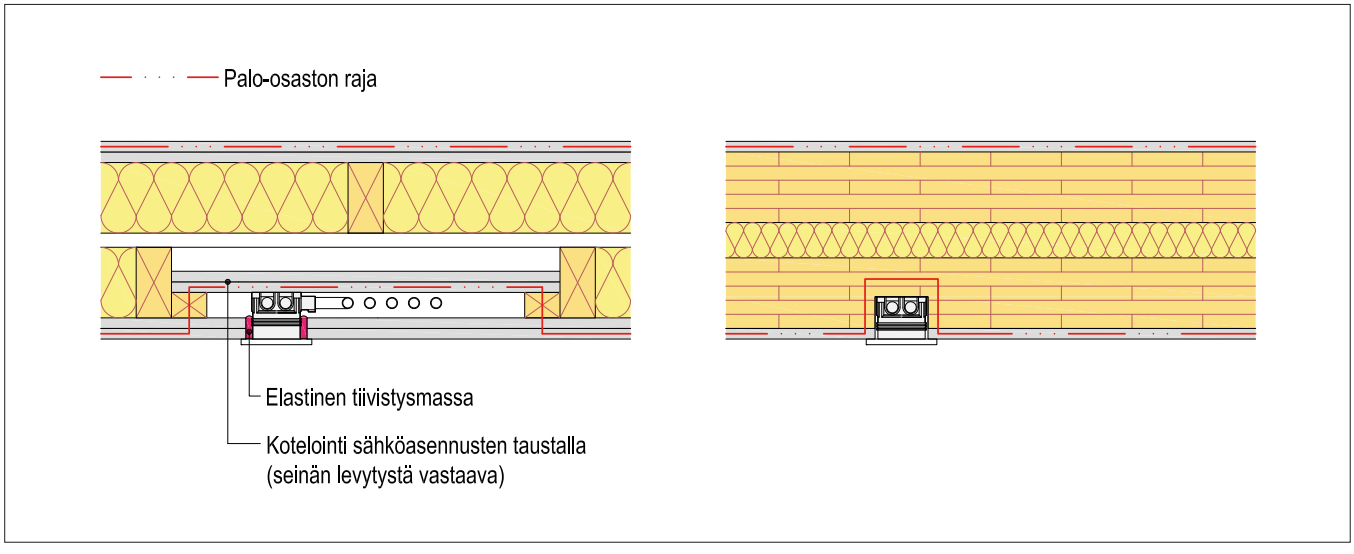
6.8 HISSI

Hissi on talotekninen laite, koska se on kiinteä osa rakennuksen tekniikkaa. Hissin aiheuttama melu syntyy hissin koneistosta sekä hissikorin ja sen laitteiden liikkeestä. Mikäli betonirakenteiseen hissikuiluun liitetään puurunkoisia rakennusosia (esim. huoneiston välinen seinä), tulee liittymädetaljien akustisen tiiviyden pysymiseen kiinnittää erityistä huomiota, koska betoni- ja puurakenteet liikkuvat (elävät) pysty- ja vaakasuunnassa eri tavalla.

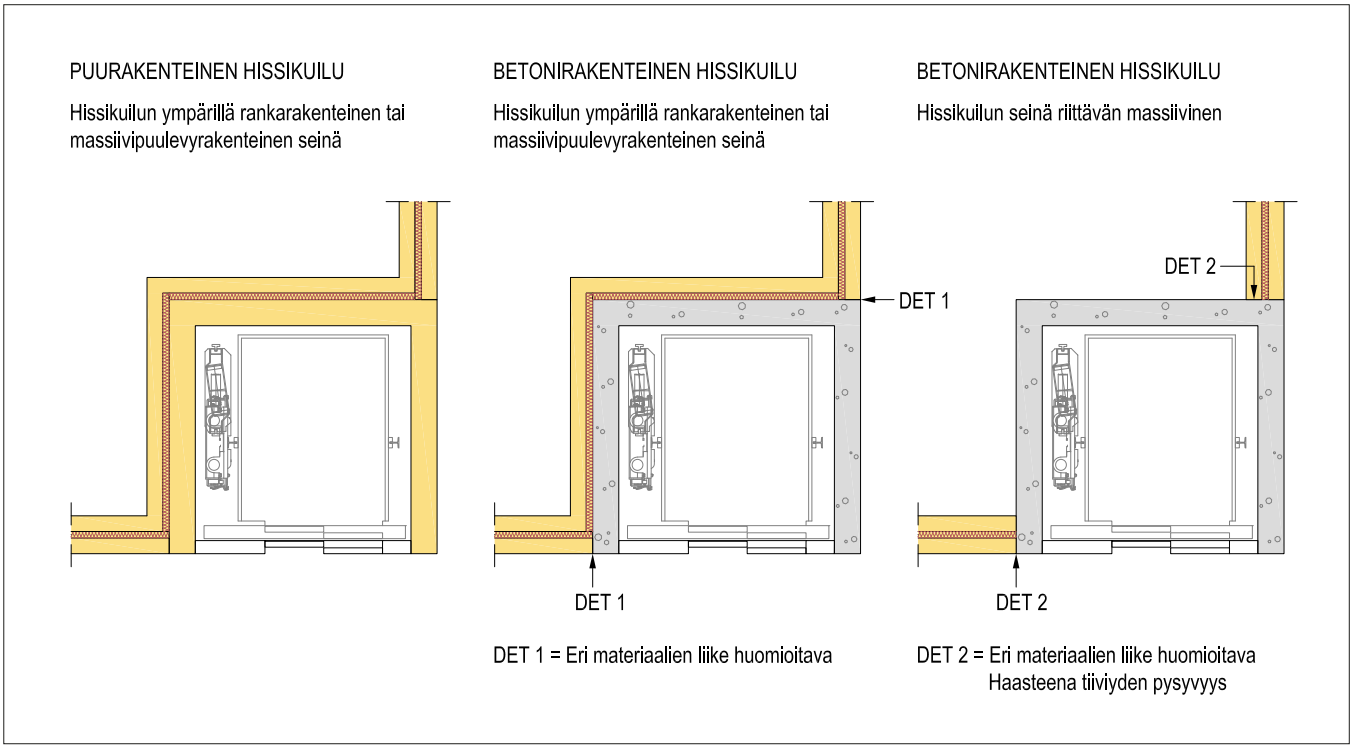
Hissikuilu voidaan toteuttaa myös puurakenteisena (esim. massiivipuulevy). Tällöin hissikuilun seinärakenteen tulee olla akustisesti kaksinkertainen rakenne (kaksoisrunkoseinä). Myös betonirakenteisen hissikuilun tapauksessa voidaan käyttää kaksinkertaista rakennetta, jolloin betonirakenteinen hissikuilu on rakennuksen rungosta irti oleva kokonaisuus. Tällöin saavutetaan parempi ääneneristävyys ja puuseinän liitos betonirakenteeseen on helpompi toteuttaa.



Kuva 61. Esimerkki kompressorin sisältävän ilmanvaihtolaitteen kannakoinnista ja koteloinnista.



Kuva 62. Esimerkkejä sähkörasia-asennuksista rankarakenteiseen ja massiivipuulevyrakenteiseen huoneistojen väliseen seinään.



Kuva 63. Hissikuilun toteutuksessa huomioitavia seikkoja.

7 ULOSKÄYTÄVÄ

Tässä luvussa käsitellään uloskäytävää rakennuksessa, jossa on asuntoja, majoitushuoneita tai potilashuoneita. Uloskäytävällä tarkoitetaan porrashuonetta ja luhtikäytävää. Kyseisissä rakennuksissa uloskäytävässä tulee ottaa huomioon seuraavat akustiset vaatimukset:

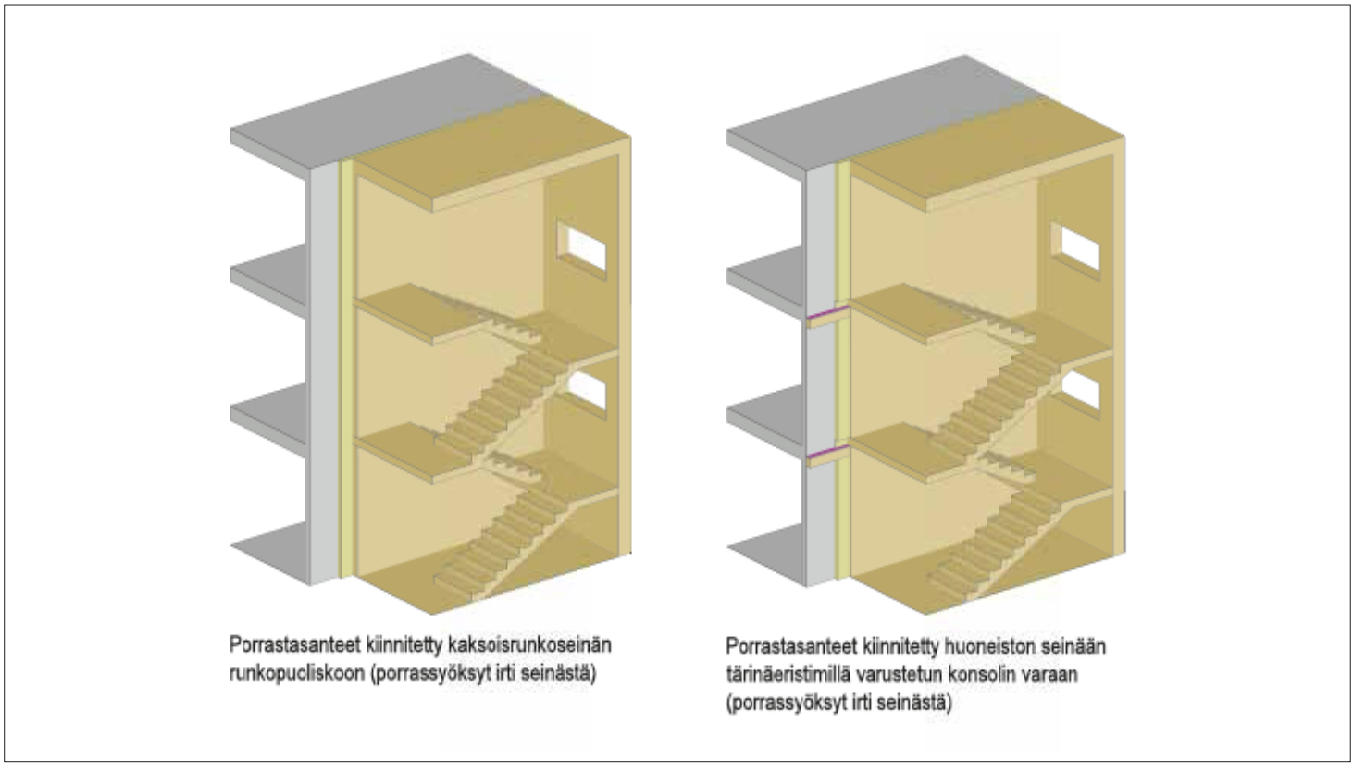
- Uloskäytävän ja huoneiston välisen seinän $D_{nT,w} \geq 39$ dB, kun seinässä on ovi.
- Uloskäytävän ja huoneiston välisen seinän $D_{nT,w} \geq 55$ dB, kun seinässä ei ole ovea.
- Uloskäytävän tasanteiden $L'_{nT,w} + C_{I,50\text{-}2500} \leq 63$ dB vaakasuunnassa uloskäytävästä huoneistoon.
- Porrashuoneen jälkikaiunta-aika $T \leq 1{,}3$ sekuntia (ks. luku 9).

7.1 HUONEISTON OVI

Huoneiston oven (kerrostaso-ovi) tulee palomääräysten mukaan aueta poistumissuuntaan, joten huoneiston ovet ovat nykyisin yhdestä ovilevystä koostuvia. Tällainen ovi toimii akustisesti yksinkertaisen rakenteen tavoin. Paloteknisten vaatimusten lisäksi huoneiston oven tulee täyttää ilmaääneneristävyysvaatimus. Huoneiston oven ääneneristävyys esitetään käsitteellä ääniluokka, joka ottaa huomioon myös mahdollisen postiluukun vaikutuksen ääneneristävyyteen. Tapauksessa, jossa tilojen välinen äänitasoerolukuvaatimus $D_{nT,w} \geq 39$ dB, tulee käyttää huoneiston ovea, jonka ääniluokka on vähintään 30 dB. Ääniluokka esitetään oven tyyppikilvessä.

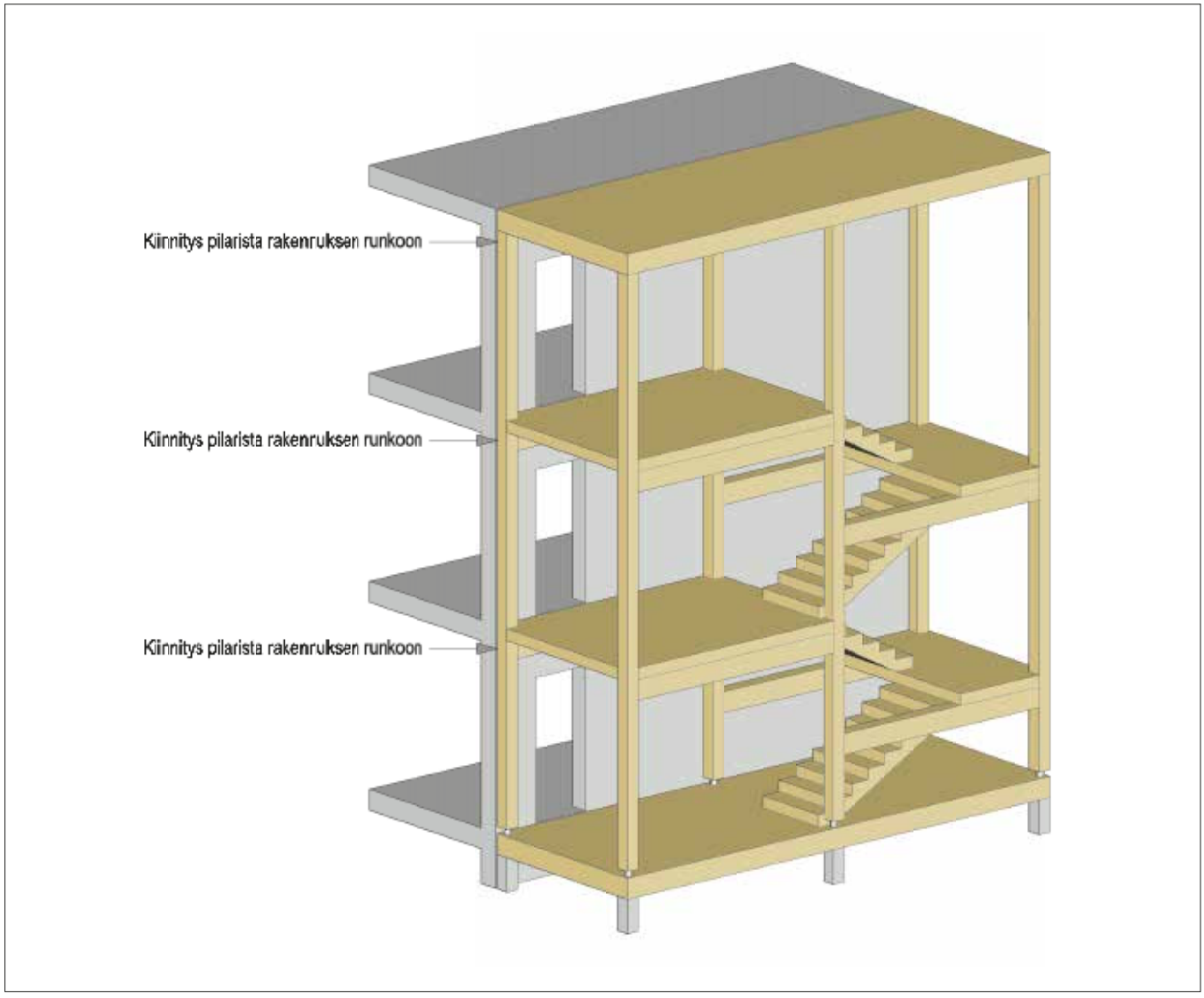
7.2 PORTAAT JA TASANTEET

Uloskäytävässä portaat ja tasanteet tulee erottaa huoneiston runkorakenteista, jotta porrashuoneessa tapahtuvan kävelyn aiheuttamaa runkoääntä ei siirry haitallisessa määrin huoneistoon. Tämä koskee myös mahdollisia porrashuoneessa olevia käytävän lattioita. Tapauksessa, jossa uloskäytävässä käytetään kantavia kaksoisrunkoseiniä (kuva 64), voidaan tasanteet kiinnittää uloskäytävän puoleiseen kaksoisrunkoseinän runkopuoliskoon. Mikäli tasanteet kiinnitetään huoneiston seinään, tulee ne erottaa seinästä tärinäeristimillä (kuva 64). Porrassyöksyt kiinnitetään tasanteisiin siten, että ne ovat irti sivuavista seinistä. Myös luhtikäytävässä noudatetaan edellä mainittuja periaatteita. Suositeltavaa on toteuttaa luhtikäytävä esimerkiksi pilareiden varaan omaksi rakennekokonaisuudeksi, joka kiinnitetään pistemäisesti rakennuksen runkoon (kuva 65).



Kuva 64. Esimerkkejä tasanteiden kiinnitysperiaatteista (akustisesta näkökulmasta).

ULOSKÄYTÄVÄ



Kuva 65. Esimerkki luhtikäytävän kiinnitysperiaatteesta rakennuksen runkoon (akustisesta näkökulmasta).

8 ULKOVAIPAN ÄÄNENERISTÄVYYS

Ulkoista melua aiheuttavat ensisijaisesti tie-, raide- ja lentoliikenne, mutta melunlähteenä voi olla myös tehdasalueella tapahtuva toiminta tai jopa esimerkiksi kaupan kylmälaitteiden ulkoyksiköt (kompressori). Ulkovaippaan kohdistuva melu voi olla hetkellistä (esimerkiksi ylilennot) tai jatkuvaa (esimerkiksi taajaman liikenne). Asumisterveyden ja -viihtyvyyden näkökulmasta haitallisinta ulkoista melua ovat jatkuva impulssimainen, kapeakaistainen tai pienitaajuinen melu. Myös hetkellinen voimakas ulkovaippaan kohdistuva äänenpaine (lentomelu) voi osoittautua haitalliseksi, vaikka keskiäänitasojen ohjearvot vuorokauden aikana muuten täyttyisivätkin. Ulkoista melua tarkasteltaessa tulee varautua myös tiedossa oleviin tulevaisuudessa tapahtuviin ympäristön meluolosuhteiden muutoksiin. Tällaisia ovat esimerkiksi uudet suunnitteilla olevat tie- ja raidelinjaukset.

8.1 OHJEARVOT ULKOVAIPAN ÄÄNENERISTÄVYYDELLE

Ulkovaipan ääneneristävyysvaatimus esitetään äänitasoerolla ΔL_A [dB], joka kuvaa ulkovaippaan kohdistuvan melutason ja sallittavan sisämelutason erotusta. Esimerkiksi päiväajan keskiäänitasojen erotus $L_{Aeq,u}$ - $L_{Aeq,s}$ (A-painotettu ekvivalenttitaso). Ulkovaipan tulee kokonaisuutena eristää ääntä siten, että kyseinen äänitasoerovaatimus ΔL_A täyttyy kaikissa rakennuksen pääkäyttötarkoituksen mukaisissa tiloissa. Ulkovaipan äänitasoerovaatimus ΔL_A esitetään ensisijaisesti kaavamääräyksissä, mutta rakentamismääräykset antavat sille myös vähimmäisohjearvon.

Taulukko 29. Ulkovaipan äänitasoerovaatimuksen ΔL_A muodostuminen.

Kohde	**Rakennus on melualueella** **Melutaso ulkona** **Yleensä** $L_{Aeq,u} \leq$ 55 dB (klo 7–22) $L_{Aeq,u} \leq$ 50 dB (klo 22–7) **Uusilla rakennusalueilla** $L_{Aeq,u} \leq$ 55 dB (klo 7–22) $L_{Aeq,u} \leq$ 45 dB (klo 22–7)	**Rakennus ei ole melualueella**
Asuinhuoneisto [1)]	Määräävä seuraavista: • ΔL_A = kaavamääräyksen arvo • $\Delta L_A \geq$ 30 dB	Ei vaatimusta
Majoitushuone [1)]		
Hoitolaitoksen potilashuoneet [1)]		
Loma-asunto		

[1)] Sisäpihan vastaisella seinällä, johon ei kohdistu melua, ΔL_A kaavamääräyksestä tai käytetään tapausharkintamenettelyä.

Taulukko 30. Ulkovaipan äänitasoerovaatimuksen ΔL_A muodostuminen.

Kohde	**Rakennus on melualueella** **Melutaso ulkona** **Yleensä** $L_{Aeq,u} \leq$ 55 dB (klo 7–22)	**Rakennus ei ole melualueella**
Opetustila	Määräävä seuraavista: • ΔL_A = kaavamääräyksen arvo • $\Delta L_A \geq$ 30 dB	Ei vaatimusta
Kokoontumistilat		
Liiketila		
Toimistotila		

8.2 ULKOVAIPAN ÄÄNENERISTÄVYYDEN MÄÄRITTÄMINEN

Rakennuksen ulkovaipan ääneneristävyys koostuu ulkoseinien, ikkunoiden, ovien ja yläpohjan yhdessä muodostamasta ääneneristävyydestä. Kyseisessä kokonaisuudessa rakennusosien ääneneristävyydellä ja näiden suhteellisilla osuuksilla on suuri merkitys saavutettavaan ulkovaipan ääneneristävyyteen. Esimerkiksi suuri ikkunapinta-ala heikentää ulkovaipan ääneneristävyyttä merkittävästi, kun ikkunan ääneneristävyys on heikompi kuin ulkoseinärakenteen. Ulkovaipan ääneneristävyyden suunnittelussa tulee ottaa huomioon myös ilmanvaihdon korvausilmaventtiilit, joita nykyisin tosin käytetään lähinnä vain korjausrakentamiskohteissa.

Ulkovaipan ääneneristävyyden tarkastelussa ilmaääneneristysluvussa käytetään spektripainotustermejä C tai C_{tr}, joilla otetaan huomioon liikennemelun poikkeava luonne puheääneen verrattuna. Raideliikenne- ja lentomelun yhteydessä käytetään ilmaääneneristyslukua $R_w + C$ ja tieliikennemelun yhteydessä ilmaääneneristyslukua $R_w + C_{tr}$.

Ulkoseinän rakennusosille (seinä, ikkuna, ovi) määritetään ilmaääneneristysluvut esimerkiksi mitoitusmenetelmällä, joka on esitetty Ympäristöoppaassa nro 108. Tarkastelu tehdään tilakohtaisesti. Ulkoisen melun näkökulmasta rakennuksen nurkassa oleva tila on akustisesti haasteellisin, kun tilan molempiin ulkoseiniin kohdistuu ulkoista melua. Tämä johtuu siitä, että tällaisessa tilassa on paljon julkisivupinta-alaa suhteessa lattiapinta-alaan. Nykyisin on olemassa Ympäristöoppaan 108 mitoitusmenetelmää tarkemmilla suunnittelumenetelmiä, joiden avulla ulkovaipan rakennusosien ääneneristävyyksiä voidaan optimoida ja saada aikaan kustannustehokkaampia ratkaisuja.

Yläpohjan ääneneristävyys ei tavallisesti vaikuta ääneneristävyyteen tie- ja raideliikennemelun yhteydessä. Lentomelun yhteydessä yläpohja suunnitellaan 5 dB paremmaksi kuin seinärakenne. Lisäksi lentomelun yhteydessä räystäillä tulee käyttää kuvassa 68 esitettyä tuloilman äänenvaimenninta.

8.3 ULKOSEINÄN ÄÄNENERISTÄVYYS

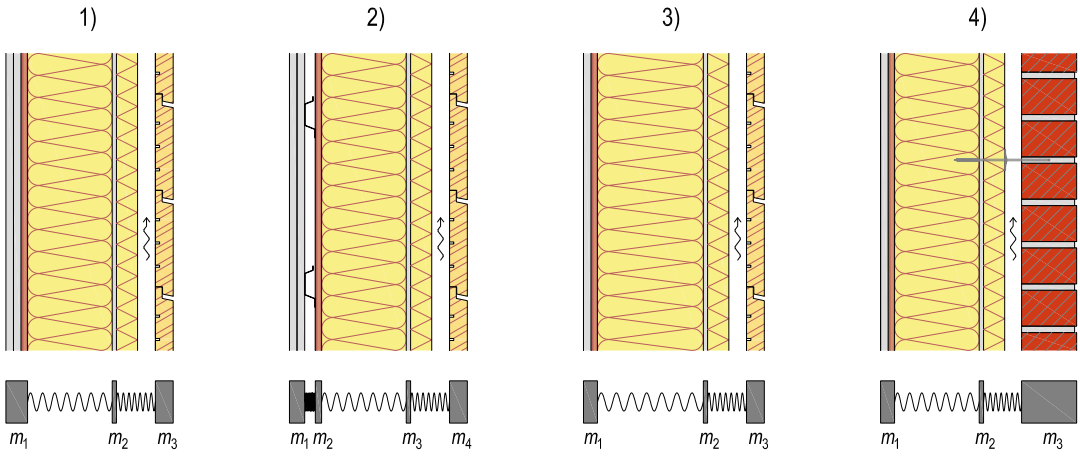
Puurakenteisten ulkoseinien ääneneristävyyttä hallitaan samoilla periaatteilla kuin huoneistojen välisissä seinissä. Pääsääntöisesti ulkoseinärakenteista tulisi tehdä akustisesti kaksin- tai useampikertaisia. Akustisesti yksinkertaisen rakenteen tapaan toimivassa massiivipuulevyseinässä voidaan kuitenkin kipsilevytyksellä toteutetulla massan lisäyksellä saavuttaa tarvittava ääneneristävyys joissakin tapauksissa.

Hyvän ääneneristävyyden saavuttamiseksi ulkoseinän lämmöneristeestä ainakin osan tulisi olla mineraalivillan tai puukuituvillan kaltaista huokoista materiaalia. Kovilla lämmöneristeillä (EPS, PIR, jne.) saavutettava ääneneristävyys jää heikommaksi, koska eristeet ovat kevyitä eivätkä toisaalta absorboi ääntä samalla tavalla kuin huokoiset materiaalit.

Taulukko 31. Ulkovaipan rakennusosien suuntaa-antavia ilmaääneneristyslukuja.

Erilaisilla ulkoseinän ja ikkunoiden ääneneristysarvoilla $R_w + C_{tr}$ saavutettavia äänitasoeroja ΔL_A, kun tilan pinta-alatiedot ovat seuraavat:
- Huoneen pinta-ala on 12 m^2
- Ikkunan pinta-ala on 2 m^2
- Ulkoseinän pinta-ala on 5,5 m^2

Ulkoseinän $R_w + C_{tr}$	Ikkunan $R_w + C_{tr}$	Saavutettava äänitasoero ΔL_A
39 dB	37 dB	32 dB
42 dB	37 dB	33 dB
45 dB	37 dB	34 dB
48 dB	37 dB	34 dB
39 dB	40 dB	33 dB
42 dB	40 dB	35 dB
45 dB	40 dB	36 dB
48 dB	40 dB	37 dB



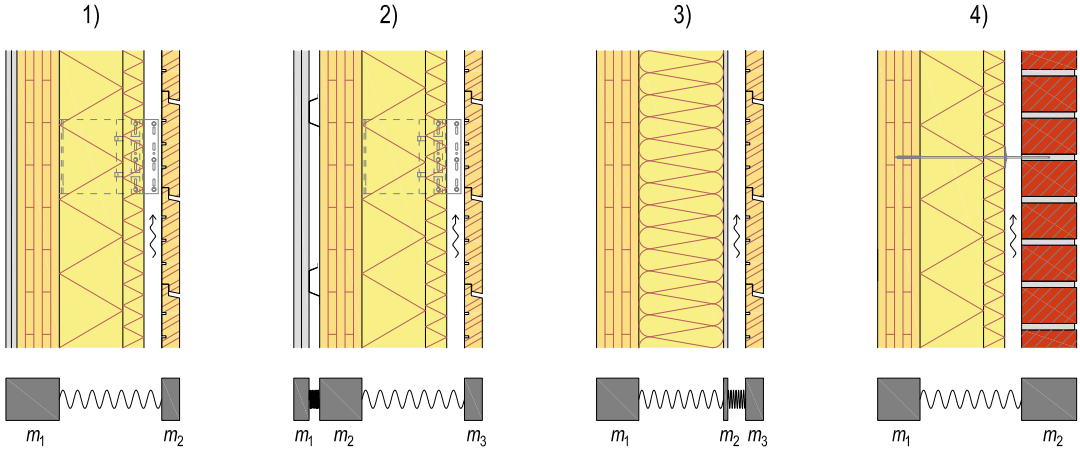
RANKARAKENTEISET SEINÄT

1) Massan lisääminen kipsilevyillä seinän sisäpintaan

2) Jousirankojen varaan asennettu kipsilevytys

3) Sisä- ja ulkopinnan levytyksen välillä olevan ilmavälin kasvattaminen

4) Ulkoverhouksen massan kasvattaminen



MASSIIVIPUURAKENTEISET SEINÄT

1) Massan lisääminen kipsilevyillä massiivipuulevyn sisä- tai ulkopintaan
(massiivipuulevyn paksuuden kasvattaminen mahdollinen, mutta ei niin tehokas)

2) Jousirankojen varaan asennettu kipsilevytys

3) Massiivipuulevyn ulkopuolinen koolaus + kipsilevytys

4) Ulkoverhouksen massan kasvattaminen

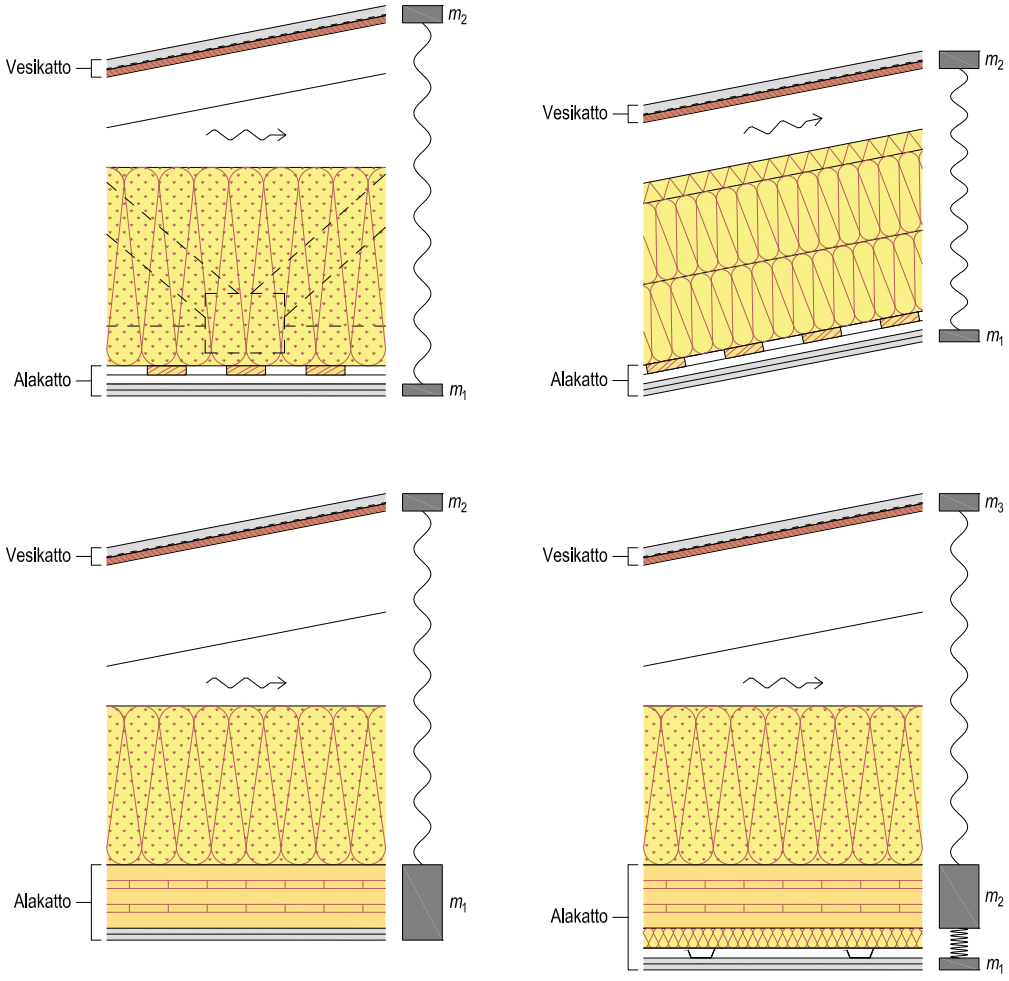
Kuva 66. Esimerkkejä ulkoseinän ääneneristävyyden parannusmenetelmistä ulkoista melua vastaan (ks. Liite 1 Rakennetyypit).

8.4 YLÄPOHJAN ÄÄNENERISTÄVYYS

Puurakenteisesta yläpohjasta muodostuu yleensä luonnostaan akustisesti kaksinkertainen rakenne, koska alakatto- ja vesikattorakenne muodostavat levymäiset massat, joiden välillä on ilmatila. Yläpohjan ääneneristävyyttä hallitaan pääasiassa alakattorakenteen akustisilla ominaisuuksilla.

Yksinkertaisin tapa yläpohjan ääneneristävyyden parantamiseen ulkoista melua vastaan on alakaton massan lisääminen kipsilevyjen avulla tai käyttämällä alakatossa akustisia jousirankoja. Massiivipuulevystä toteutetussa alakatossa massan lisääminen kipsilevyjen avulla on tehokkaampi keino kuin massiivipuulevyn paksuuden kasvattaminen. Akustisesta näkökulmasta katsoen alakaton kipsilevyt voivat sijaita massiivipuulevyn ala- tai yläpuolella.

Vesikatemateriaalilla voi olla suurikin vaikutus yläpohjan ääneneristävyyteen. Vaikka esimerkiksi tiilikate ei ole ilmatiivis levymäinen pinta, sen massasta saadaan hyötyä ääneneristävyyteen. Raot vaikuttavat ääneneristävyyttä heikentävästi erityisesti suurilla taajuuksilla, mutta liikennemelu painottuu pienille taajuuksille, jolloin tiilikatteen massa parantaa ääneneristävyyttä.



RANKA- JA MASSIIVIPUURAKENTEISET YLÄPOHJAT

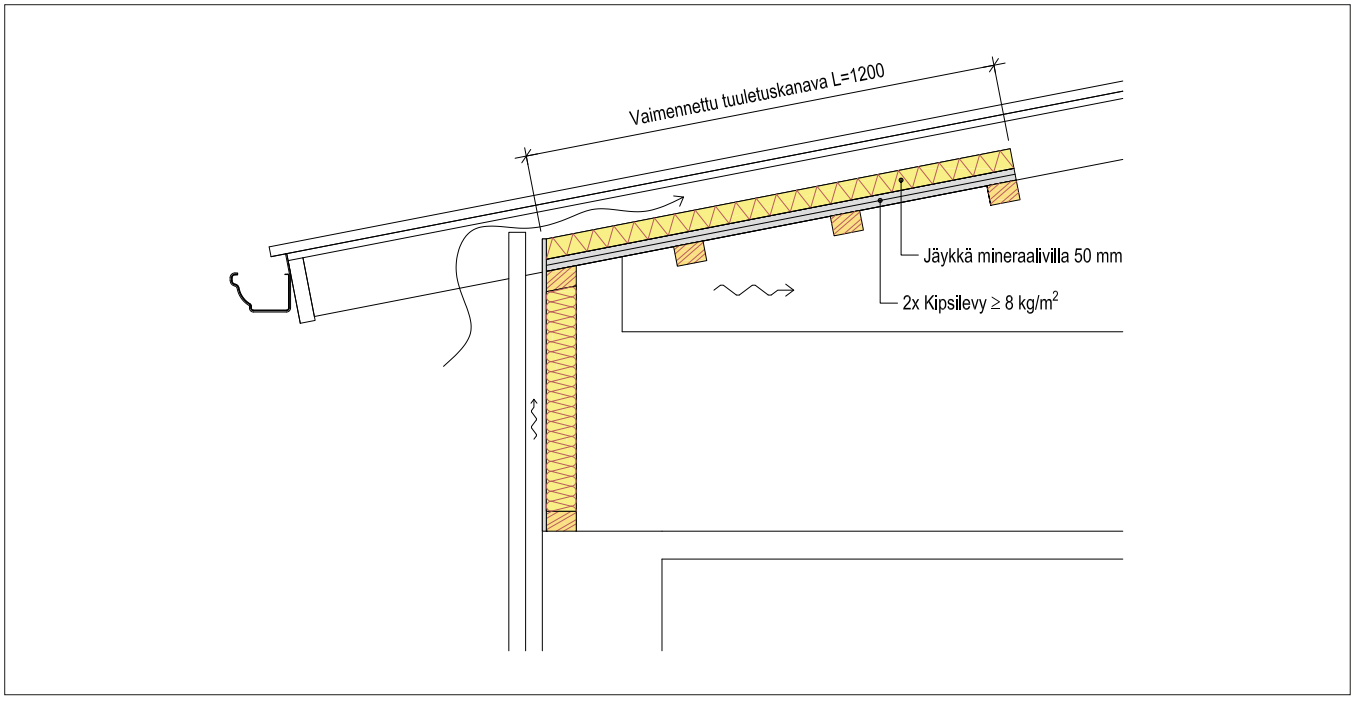
1) Massan lisääminen kipsilevyillä ristikkorakenteisen yläpohjan alakattoon

2) Massan lisääminen kipsilevyillä palkkirakenteisen yläpohjan alakattoon

3) Massan lisääminen kipsilevyillä massiivipuulevyrakenteisen yläpohjan alakattoon
(massiivipuulevyn paksuuden kasvattaminen mahdollinen, mutta ei niin tehokas)

4) Jousirankakojen varaan asennettu kipsilevytys

Kuva 67. Esimerkkejä yläpohjan ääneneristävyyden parannusmenetelmistä ulkoista melua vastaan (ks. Liite 1 Rakennetyypit).



Kuva 68. Esimerkki lentomelualueella tarvittavasta yläpohjan tuloilman äänenvaimentimesta.

8.5 IKKUNOIDEN ÄÄNENERISTÄVYYS

Ikkunat toimivat akustisesti kaksin- tai useampikertaisten rakenteiden tapaan, koska niissä on useita lasilevyjä, joiden välillä on ilmaväli (massa-jousi-massa-systeemi). Tavallisen ikkunan (esim. MSE) ilmaääneneristävyyttä voidaan parantaa tehokkaimmin suurentamalla lasilevyjen välissä olevan ilmavälin paksuutta (karmisyvyys). Tavallisen ikkunan lasilevyjen paksuntaminen perinteisestä 3…5 mm:stä ei useinkaan ole tehokas keino ääneneristävyyden parantamiseen johtuen lasilevyn koinsidenssi-ilmiöstä. Umpiolasi-ikkunoissa lasilevyjen paksuntaminen taas on useinkin ainoa keino ilmaääneneristämisen parantamiseen.

8.6 PARVEKE- JA TERASSINOVIEN ÄÄNENERISTÄVYYS

Yhdestä ovilevystä koostuva ulko-ovi toimii akustisesti yksinkertaisen rakenteen tavoin, jolloin ääneneristävyys perustuu pääasiassa ovilevyn massaan. Kahdesta ovilevystä koostuva ulko-ovi toimii akustisesti kaksinkertaisen rakenteen tavoin, jolloin ääneneristävyys perustuu ovilevyjen massaan ja näiden välissä olevan ilmavälin yhteistoimintaan (massa-jousi-massa-systeemi). Ulkoisen melun näkökulmasta parveke- ja terassiovien ääneneristävyys tulisi olla samaa luokkaa kuin ikkunoiden ääneneristävyys. Kuten ikkunoiden tapauksessa, oven rakenteen ja oven liittymien ilmatiiviys on erityisen tärkeää ilmaääneneristävyyden näkökulmasta.

8.7 MUUT KEINOT ULKOISEN MELUN HALLINTAAN

Alueellisesti asemakaavoituksella voidaan vaikuttaa ennaltaehkäisevästi ulkoiseen meluun. Käytännössä tämä tarkoittaa sellaista asemakaavoitusta, että rakennusalueet eivät sijoitu liikenneväylien yms. läheisyyteen. Kaupungistuvassa yhteiskunnassa tämä ei kuitenkaan ole käytännössä mahdollista isossa mittakaavassa. Asemakaavoituksella voidaan kuitenkin vähentää merkittävästi ulkoisen melun aiheuttamia haasteita rakennusalueilla. Pelkästään julkisivumateriaaleja koskevilla kaavamääräyksillä voidaan vaikuttaa kohdekohtaisesti ulkoisen melun haasteisiin.

Liikenneväylä- ja korttelikohtaisesti ulkoisen melun haasteisiin voidaan vastata meluesteillä. Tulee kuitenkin ottaa huomioon, että meluesteillä ei voida vähentää kerrostalon ylempien kerrosten ulkomeluhaittoja. Meluesteen vaikutus jää yleensä pihatasolle. Lisäksi meluesteet peittävät näkymiä, joten ne tulisi sijoittaa ensisijaisesti liikenneväylien läheisyyteen, jossa ne voivat toisaalta rikastuttaa maisemaa. Meluesteinä voidaan käyttää myös tontilla sijaitsevia toissijaisia rakennuksia, kuten autokatoksia jne.

8.8 MAALIIKENTEEN AIHEUTTAMA TÄRINÄ JA RUNKOMELU

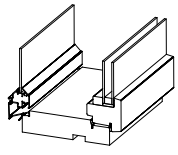
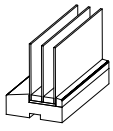
Ulkoisen melun lisäksi liikenneväylien läheisyydessä sijaitsevien rakennusten suunnittelussa tulee ottaa huomioon maaperästä mahdollisesti rakennukseen johtuva värähtely. Maaperän tärinään ja runkomeluun liittyvä suunnittelu on kokonaan oma aihe, jossa tarvitaan mittaus-, signaalinkäsittely- ja akustiikkasuunnitteluosaamista. Lähtökohtana suunnittelussa on, että värähtelyn siirtyminen maaperästä rakennuksen runkoon estetään. Puurunkoisen rakennuksen yhteydessä tärinään liittyvissä teemoissa tulee kiinnittää huomiota runkorakenteiden ja erityisesti puuvälipohjien värähtelyominaisuuksiin, koska puurakenteet ovat suhteellisen kevyitä.

ULKOVAIPAN ÄÄNENERISTÄVYYS

Taulukko 32. Ikkunan ominaisuuksien vaikutus ilmaääneneristävyyteen.

Ominaisuus	Vaikutus
Paksu ilmaväli lasilevyjen välillä (tehokkain tapa)	• Paksu (löysä) ilmajousi siirtää vähemmän värähtelyä lasilevyjen välillä, jolloin ääneneristävyys paranee
Ohut ilmaväli lasilevyjen välillä	• Ohut (jäykkä) ilmajousi kytkee lasilevyt akustisesti toisiinsa, jolloin resonanssi-ilmiö heikentää ääneneristävyyttä merkittävästi • Resonanssi-ilmiön vaikutusta voidaan vähentää käyttämällä eripaksuisia lasilevyjä ja useamman kuin yhden ilmavälin tapauksessa eripaksuisia ilmavälejä
Ohut lasilevy	• Pieni massa heikentää ääneneristävyyttä pienillä taajuuksilla
Paksu lasilevy	• Suuri massa parantaa ääneneristävyyttä pienillä taajuuksilla, mutta koinsidenssi-ilmiö heikentää ääneneristävyyttä suurilla taajuuksilla
Laminoitulasilevy	• Suuri massa parantaa ääneneristävyyttä pienillä taajuuksilla • Resonanssi-ilmiön vaikutus ääneneristävyyteen vähenee • Koinsidenssi-ilmiön vaikutus ääneneristävyyteen vähenee • Laminointi toimii lasilevyjen välillä vaimentimena (jousi)
Lasilevyjen paksuusjärjestys	• Paksut lasilevyt ikkunan ulkopinnassa parantavat ääneneristävyyttä hieman
Ilmatiiviys	• Pienikin ilmavuoto ikkunan rakenteissa tai ikkunan liittymissä heikentävät ääneneristävyyttä merkittävästi (ks. kohta 2.2)

Taulukko 33. Suuntaa-antavia ikkunoiden ilmaääneneristyslukuja.

Ikkunatyyppi	Karmisyvyys	Lasilevyt	R_w	$R_w + C$	$R_w + C_{tr}$
MSE 	130 mm	Ulkolasi 4 mm / Sisälasit 4 mm + 4 mm	43...44 dB	34...37 dB	40...43 dB
		Ulkolasi 6 mm / Sisälasit 4 mm + 4 mm	42...47 dB	35...42 dB	40...45 dB
		Ulkolasi 6 mm / Sisälasit 4 mm + 6 mm	43...47 dB	36...43 dB	41...46 dB
	170 mm	Ulkolasi 4 mm / Sisälasit 4 mm + 4 mm	45...48 dB	37...42 dB	43...46 dB
		Ulkolasi 6 mm / Sisälasit 4 mm + 4 mm	47...49 dB	41...45 dB	45...48 dB
		Ulkolasi 6 mm / Sisälasit 4 mm + 6 mm	47...49 dB	40...45 dB	45...48 dB
	210 mm	Ulkolasi 4 mm / Sisälasit 4 mm + 4 mm	46...49 dB	42...44 dB	45...47 dB
		Ulkolasi 6 mm / Sisälasit 4 mm + 4 mm	47...50 dB	42...46 dB	46...49 dB
		Ulkolasi 6 mm / Sisälasit 4 mm + 6 mm	47...50 dB	44...46 dB	46...49 dB
MEK 	Lasipaketin paksuus 48...50 mm	4 mm / 4 mm / 4 mm	31...33 dB	29...32 dB	25...28 dB
		4 mm / 4 mm / 6 mm	35...37 dB	32...35 dB	28...31 dB
		6 mm / 4 mm / 6 mm	33...35 dB	32...34 dB	27...29 dB
		10 mm / 4 mm / 6 mm	40...42 dB	38...41 dB	34...37 dB

9 TILAN HUONEAKUSTIIKKA

9.1 HUONEAKUSTIIKAN MERKITYS

Rakennuksen akustisessa suunnittelussa tilojen huoneakustiikka on merkittävä ja erikoisosaamista vaativa suunnittelualue. Vaikka tiloja ympäröivien rakennusosien ääneneristävyydet olisivat huippuluokkaa, voi tila olla akustisesti huono, jos esimerkiksi tilassa on liikaa kaiuntaa. Tilan kaiunta heikentää esimerkiksi puheen erottelukykyä merkittävästi (sanoista ei saa selvää) ja tekee muutenkin tilasta akustisesti epämiellyttävän, kun tilassa on useita äänilähteitä.

Tilan akustiikkasuunnittelun lähtökohtana on, että tilaa ympäröivien rakennusosien ääneneristävyydet ja tilassa olevien talotekniston laitteiden (esim. ilmanvaihto) aiheuttama melu ovat määräysten ja ohjeiden mukaan toteutettuja. Tilan huoneakustiikan suunnittelussa tarkastellaan äänen leviämistä, heijastumista, jälkikaiuntaa ja vaimentumista, joita hallitaan pintojen absorptio-ominaisuuksilla sekä tilan ja pintojen muodolla. Tilan käyttötarkoituksen mukaan sen akustiikkaa säädetään esimerkiksi seuraavilla periaatteilla:

- Puhesalissa heijastavilla pinnoilla suunnataan ääntä ja vaimentavilla pinnoilla lisätään puheen erottelukykyä.
- Oleskelu- ja keskustelutiloissa tilan kattavalla vaimennuksella lyhennetään jälkikaiunta-aikaa, jotta puheen erottelukyky paranee ja tilasta saadaan yleisesti rauhallinen.
- Avotoimistossa äänen heijastumista työpisteiden välillä vähennetään voimakkaalla työpistekohtaisella vaimennuksella.

9.2 TILAN HUONEAKUSTIIKAN VAIKUTUS KOETTUUN ÄÄNENERISTÄVYYTEEN

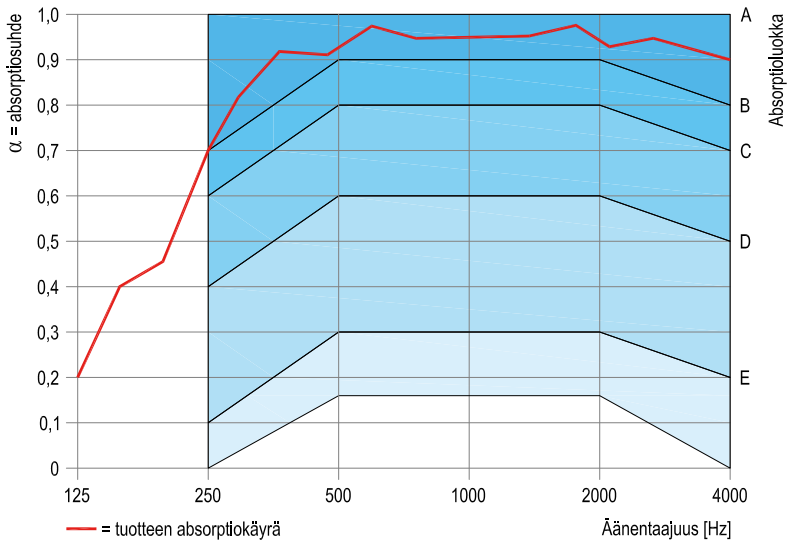
Tilan huoneakustiikka vaikuttaa myös kokemukseen tilojen välisestä ääneneristävyydestä. Mitä enemmän tilassa on ääntä vaimentavaa materiaalia (absorptioala), sitä enemmän tilaan välittyvä tai tilassa syntyvä ääniteho alenee. Mitä alhaisempi ääniteho tilassa on, sitä alhaisempi äänenpainetaso tilaan syntyy. Tulee kuitenkin ottaa huomioon, että tilan absorption lisääminen ei paranna tilojen välisten rakennusosien välistä ääneneristävyyttä, vaan tilan äänimaailmaa. Huoneakustiikan keinoja voidaan siis käyttää myös meluntorjuntaan tilassa. Tulee kuitenkin ottaa huomioon, että kasvattamalla tilan absorptioala kaksinkertaiseksi, äänenpainetaso alenee vain 3 dB.

Tilassa ei saa kuitenkaan olla liian suuri vaimennus. Tämä johtuu siitä, että suuri vaimennus vaikeuttaa esimerkiksi keskustelua, koska puheääni ei kantaudu vastaanottajalle. Tämän seurauksen tilassa joutuu puhumaan suuremmalla äänenpainetasolla. Tämä taas lisää tilaa ympäröiviin ääntä eristäviin rakennusosiin kohdistuvaa äänitehoa.

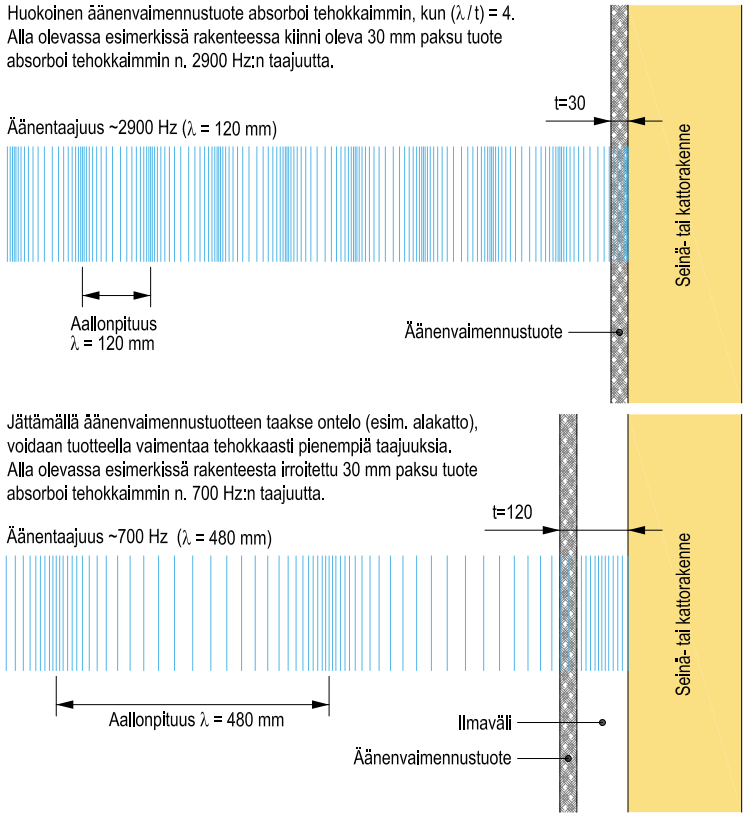
9.3 ABSORPTIOMATERIAALIT

Tyypillisiä äänenvaimentamiseen käytettäviä materiaaleja ovat tähän tarkoitukseen suunnitellut mineraalivillatuotteet, puukuituvillatuotteet, polyesterivillatuotteet, tekstiilituotteet, melamiinivaahtotuotteet jne. Vaimentamiseen käytettävät tuotteet ovat yleensä huokoisia kuitupohjaisia tuotteita. Tällaisten tuotteiden ääntä absorboiva toiminta perustuu pääasiassa siihen, että tuotteeseen kohdistuva äänienergia liikuttaa tuotteen kuitumaista rakennetta, jolloin syntyy energiahäviö. Tuotteita valittaessa tulee kiinnittää huomiota niiden palo-ominaisuuksiin, koska äänenvaimennustuotteet muodostavat usein myös valmiin pinnan (pintaluokka).

Äänenvaimentamiseen käytettävän tuotteen äänenvaimennusominaisuus ilmoitetaan absorptiosuhteella α, joka ilmoittaa tuotteen absorboiman ja siihen kohdistuvan äänitehon suhteen. Tuote, jonka $\alpha = 0$, ei absorboi siihen kohdistuvaa äänitehoa lainkaan. Vastaavasti tuote, jonka $\alpha = 1$, absorboi kaiken siihen kohdistuvan äänitehon. Äänenvaimennustuotteen absorptiosuhde vaihtelee äänentaajuuden mukaan. Tuotteella saavutettavaan absorptiosuhteeseen vaikuttaa myös tuotteen paksuus, tiheys, pinnoite ja asennustapa. Edellä mainitut tiedot tulee ilmoittaa tuotteen absorptio-ominaisuuksia esitettäessä. Käytännössä äänenvaimennustuotteilla voidaan vaimentaa tehokkaasti suuria taajuuksia (lyhyt aallonpituus). Myös ilma absorboi jonkin verran suuria taajuuksia, mutta pienillä taajuuksilla ilman merkitys tilan akustiikkaan on lähes merkityksetön.



Kuva 69. Esimerkki äänenvaimennustuotteen absorptiokäyrästä ja tuotteen absorptioluokitus.



Kuva 70. Esimerkki äänenvaimennustuotteen asennustavan vaikutuksesta tuotteen absorptio-ominaisuuksiin.

9.4 JÄLKIKAIUNTA-AIKA JA PUHEENSIIRTOINDEKSI

Jälkikaiunta-aika tarkoittaa aikaa, jolloin äänilähteen tuottama äänenpainetaso laskee 60 dB siitä hetkestä, kun äänilähde lopettaa toiminnan. Pitkä jälkikaiunta-aika koetaan tavallisesti epämiellyttäväksi, koska kaiunta heikentää esimerkiksi puheen erottelukykyä merkittävästi (sanoista ei saa selvää).

Jälkikaiunta-aikaan voidaan vaikuttaa tilan pintojen absorptio-ominaisuudella. Myös tilassa oleva ilma toimii absorboivana materiaalina suurille taajuuksille, mutta käytännössä ilman vaikutus jälkikaiunta-aikaan on lähes merkityksetön. Puurakenteisissa rakennuksissa seinä- ja kattopinnat ovat pääosin levyrakenteisia, jotka absorboivat sellaisenaan jonkin verran ääntä pienillä taajuuksilla. Esimerkiksi puurakenteisessa uloskäytävässä ei yleensä tarvita kovinkaan paljon lisävaimennusmateriaalia, jotta jälkikaiunta-aikavaatimus saataisiin täytettyä. Tilan jälkikaiunta-aika voidaan määrittää kaavoilla 2 ja 3.

Kaava 2.

$$T = 0{,}16\frac{V}{A}$$

T = jälkikaiunta-aika [s]
V = tilan tilavuus [m^3]
A = kaavasta 3

Kaava 3.

$$A = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i S_i$$

A = tilan kokonaisabsorptioala [m^2]
α_i = pinnan absorptiosuhde
S_i = pinnan pinta-ala [m^2]

Esimerkkilaskelma

Määritetään asuinkerrostalon porrashuoneen jälkikaiunta-aika.

Lähtötiedot

Tilavuus:	V = 109 m^3	
Lattia:	S_1 = 12,5 m^2	α_1 = 0,02 (keskimääräinen)
Seinät:	S_2 = 118 m^2	α_2 = 0,1 (keskimääräinen)
Katto:	S_3 = 4,5 m^2	α_3 = 0,1 (keskimääräinen)
Akustiikkalevyt:	S_4 = 8,0 m^2	α_4 = 0,8 (keskimääräinen)
Puuovet:	S_5 = 9,5 m^2	α_5 = 0,08 (keskimääräinen)
Ikkunat:	S_6 = 2,6 m^2	Ei huomioida

$$A = (12{,}5 \cdot 0{,}02) + (118 \cdot 0{,}1) + (4{,}5 \cdot 0{,}1) + (8 \cdot 0{,}8) + (9{,}5 \cdot 0{,}08) + (2{,}6 \cdot 0) = 19{,}7 \text{ m}^2$$

$$T = 0{,}16 \cdot \frac{109}{19{,}7} = 0{,}9 \text{ s} \leq 1{,}3 \text{ s OK}$$

TILAN HUONEAKUSTIIKKA

Puheensiirtoindeksi (*STI*) on lukuarvo, jolla kuvataan puheenerotettavuutta tilassa. *STI*-arvon ollessa 1, kuullaan tilassa kaikki puhujan sanojen tavut selvästi ja oikein. *STI*-arvon ollessa 0, ei puhujan sanoista saada selvää lainkaan.

Puheensiirtoindeksin korottamisella parannetaan tilan akustisia ominaisuuksia puhujan ja kuulijan välillä. Joissakin tiloissa liian korkeasta *STI*-arvosta on kuitenkin haittaa, joten aina ei tule tavoitella mahdollisimman korkeaa *STI*-arvoa. Esimerkki tällaisesta tilasta on avotoimisto, jossa tavallisesti halutaan, että puhetta siirtyy mahdollisimman vähän eri työpisteiden välillä. *STI*-arvo kertoo siis myös siitä, kuinka hyvin puheensiirtyminen saadaan estettyä puhujan ja kuulijan välillä.

Puheensiirtoindeksi kuvaa tilan akustisia ominaisuuksia kokonaisvaltaisesti ja siihen vaikuttaa seuraavat tekijät:

- Tilan jälkikaiunta-aika.
- Äänen heijastuminen tilassa.
- Tilan taustamelun äänitaso.
- Tilan muoto.
- Absorptiomateriaalien sijainti tilassa.
- Puheen äänitaso.
- Puhujan ja kuulijan välimatka.
- Äänentoistolaitteiden ominaisuudet ja säädöt.

Taulukko 34. Puheensiirtoindeksi puheenerotettavuuden näkökulmasta.

***STI*-arvo Erotettavuus**	**Kuvaus**
≤ 0,3	Käyttökelvoton
> 0,30...≤ 0,45	Huono
> 0,45...≤ 0,60	Välttävä
> 0,60...≤ 0,75	Hyvä
> 0,75	Erinomainen

Taulukko 35. Puheensiirtoindeksi puheensiirtymisen estämisen näkökulmasta.

***STI*-arvo Siirtymisen esto**	**Kuvaus**
≤ 0,05	Täydellinen
> 0,05...≤ 0,20	Riittävä
> 0,20...≤ 0,40	Hyvä
> 0,40...≤ 0,55	Kohtalainen
> 0,55...≤ 0,70	Välttävä
> 0,70...≤ 0,85	Huono
> 0,85	Ei ole

Taulukko 36. Tilan jälkikaiunta-aika ja puheensiirtoindeksi.

Tila	**Status**	**Jälkikaiunta-aika**	**Puheensiirtoindeksi *STI***
Asuinhuoneistoon johtava uloskäytävä	Määräys	≤ 1,3 s	-
Majoitushuoneisiin johtava uloskäytävä	Määräys	≤ 1,3 s	-
Potilashuoneisiin johtava uloskäytävä	Määräys	≤ 1,3 s	-
Opetustila	Ohje	≤ 0,5...0,7 s	≥ 0,7
Avoin oppimisympäristö	Ohje	≤ 0,5 s	≥ 0,7
Päiväkodin leikkitila	Ohje	≤ 0,6 s	≥ 0,7
Kokoustila	Ohje	≤ 0,5...0,7 s	≥ 0,7
Videoneuvottelutila	Ohje	≤ 0,3...0,5 s	≥ 0,7
Potilashuone	Ohje	≤ 0,8 s	≥ 0,6
Ruokailutila	Ohje	≤ 1,2 s	≥ 0,6
Liikuntatila	Ohje	≤ 1,2 s	≥ 0,6
Hoitotila	Ohje	≤ 0,8 s	≥ 0,6
Harrastustila	Ohje	≤ 0,8 s	≥ 0,6
Toimistotila (avoin)	Ohje	≤ 0,6 s	≤ 0,5
Toimistotila (huone)	Ohje	≤ 0,8 s	-

10 KORJAUSRAKENTAMINEN

10.1 MÄÄRÄYKSET

Korjaus- ja muutosrakentamisen yhteydessä lähtökohtana akustisille vaatimuksille pidetään rakennuksen valmistumisaikana voimassa olleita määräyksiä. Rakennuksen akustiset ominaisuudet saattavat olla kuitenkin valmistumisajan määräystasoa parempia. Korjaus- ja muutosrakentamisen yhteydessä rakennuksen ja sen pääkäyttötarkoituksen mukaisten toimintojen akustisia ominaisuuksia ja ääniolosuhteita ei saa heikentää missään tapauksessa. Tämän takia on tärkeää, että korjattavalle/muutettavalle rakennukselle tehdään akustinen kartoitus, jolla selvitetään rakennuksen nykyiset akustiset ominaisuudet ja ääniolosuhteet. Tapauksessa, jossa rakennukseen tehdään merkittäviä muutoksia, tarkastellaan akustiset vaatimukset tapauskohtaisesti rakennusluvan yhteydessä. Esimerkkejä merkittävistä muutoksista ovat seuraavat:

- Lattiapäällysteen muutos.
- Lattian pintarakenteen muutos.
- Alakaton rakenteen muutos.
- Viemäröinnin sijainnin muutos.
- Vesijohtojen sijainnin muutos.
- Ilmanvaihtoon liittyvä muutos.
- Kerroksessa olevien tilojen sijaintien muutos.
- Rakennukseen asennetaan jälkiasennushissi.

10.2 PUURAKENTEISET JULKISIVUELEMENTIT

Betonirakennuksen julkisivukorjauksen yhteydessä ulkoseinän sandwich-elementin ulkokuori saatetaan joutua poistamaan esimerkiksi sen huonokuntoisuuden takia tai esimerkiksi tapauksessa, jossa rakennukseen tehdään julkisivukorjaus puurakenteisilla suurelementeillä. Vanhoissa rakennuksissa ei-kantavan ulkoseinän sandwich-elementin sisäkuori saattaa olla vain 60…70 mm paksu, joten rakenteellinen sivutiesiirtymä sisäkuorta pitkin lisääntyy merkittävästi, kun sandwich-elementin ulkokuori poistetaan. Tämä johtuu siitä, että ulkoseinän sandwich-elementin ja huoneistojen välisten rakennusosien (seinä, välipohja) liittymien massa ja jäykkyys alenevat. Mikäli sandwich-elementin sisäkuori on ohuempi kuin 150 mm, tulee ulkoseinän sandwich-elementin sisäkuoren aiheuttamaa sivutiesiirtymää vähentää esimerkiksi jousirankojen varaan asennetulla levytyksellä (kuva 71). Sivutiesiirtymän vähentämiseen käytettävät menetelmät suunnitellaan yhdessä akustiikkasuunnittelijan kanssa.

10.3 PUURAKENTEINEN LISÄKERROS

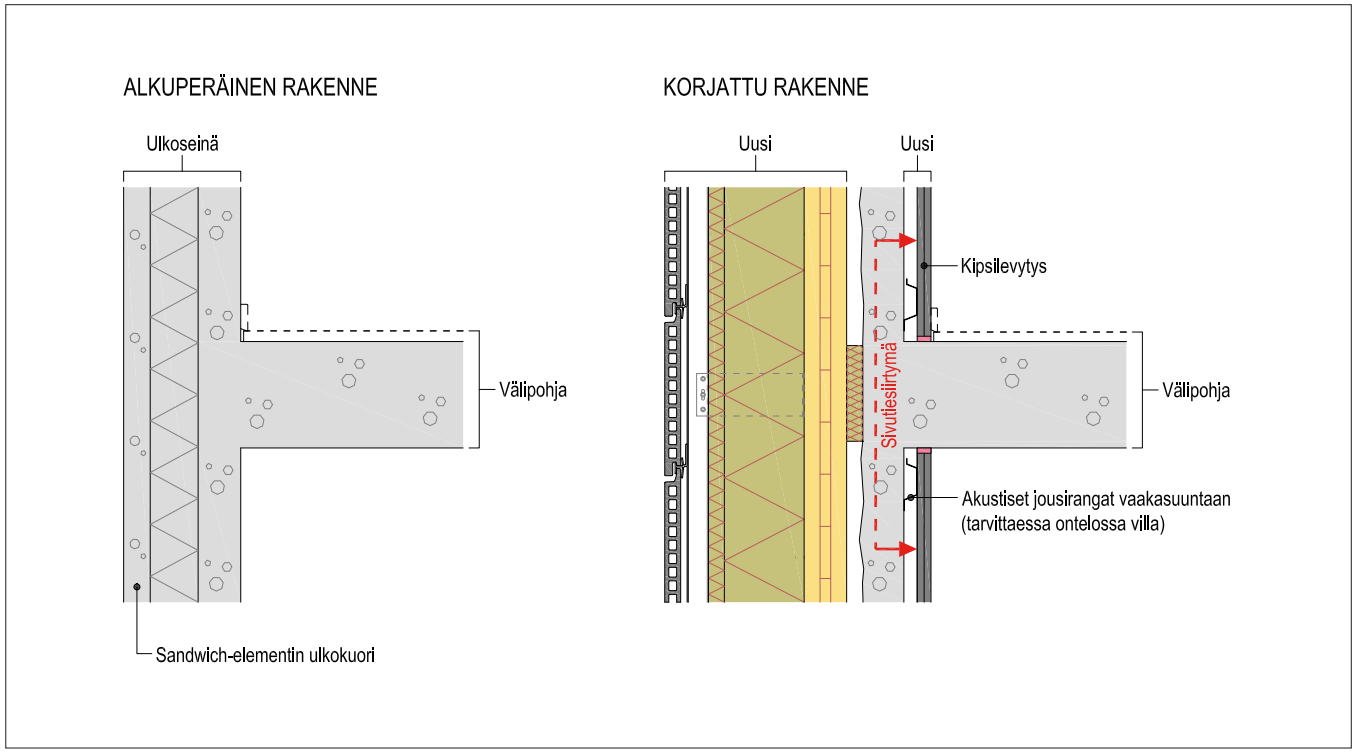
Betonirakenteiseen asuinkerrostaloon voidaan toteuttaa puurunkoisia lisäkerroksia (max 2 kpl). Lisäkerrosta toteutettaessa rakennuksen vanhasta betonirakenteisesta yläpohjalaatasta tulee välipohjarakenne. Lisäkerrosten huoneistojen välisten välipohjien tulee täyttää nykyisin voimassa olevat välipohjan ääneneristävyysvaatimukset. Suosituksena on, että ylimmän betonirakenteisen kerroksen ja lisäkerroksen välisestä välipohjasta toteutetaan ääneneristävyydeltään vaatimuksia parempi. Tämä suositus johtuu siitä, että ylimmän kerroksen asukkaat eivät ole tottuneet yläpuolelta kantautuviin ääniin.

Pelkästään vanhalla yläpohjan massiivibetonilaatalla tai ontelolaatalla välipohjan ääneneristävyysvaatimusten täyttäminen ei yleensä ole mahdollista. Kuvassa 73 on esitetty periaatteita ylimmän betonirakenteisen kerroksen ja lisäkerroksen välisestä välipohjasta. Suositeltava ratkaisu on toteuttaa välipohja asennuslattian avulla, koska asennuslattiaa voidaan hyödyntää talotekniikan asennuksiin.

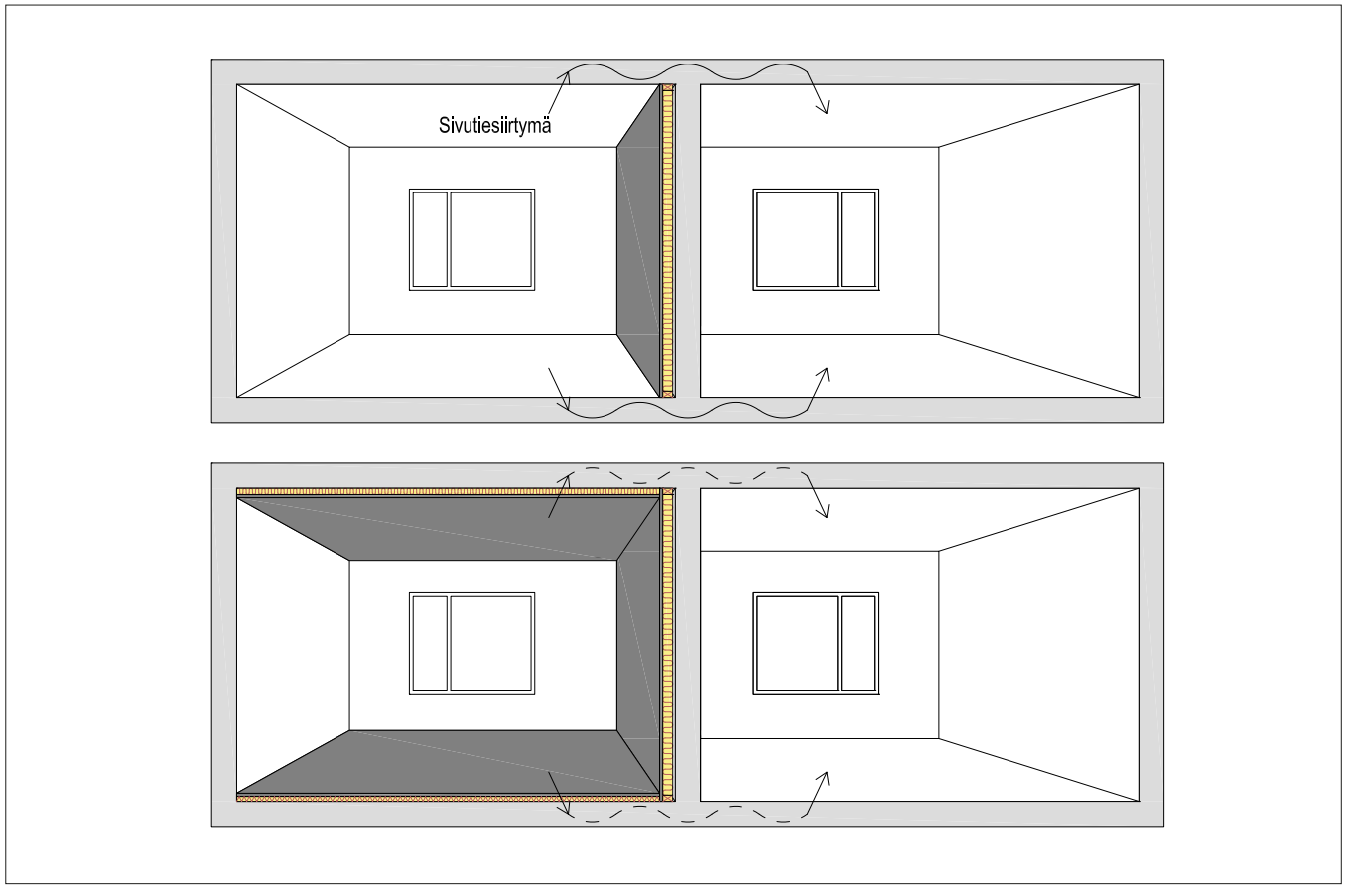
10.4 VÄLISEINÄN ÄÄNENERISTÄVYYDEN PARANTAMINEN

Väliseinien ääneneristävyyttä saatetaan joutua parantamaan esimerkiksi tapauksessa, jossa rakennuksen tilojen käyttötarkoituksia muutetaan. Myös asunnon sisäremontin yhteydessä saatetaan harkita huoneistojen välisen seinän ääneneristävyyden parantamista. Esimerkki tällaisesta on vanha puurunkoinen rivitaloasunto.

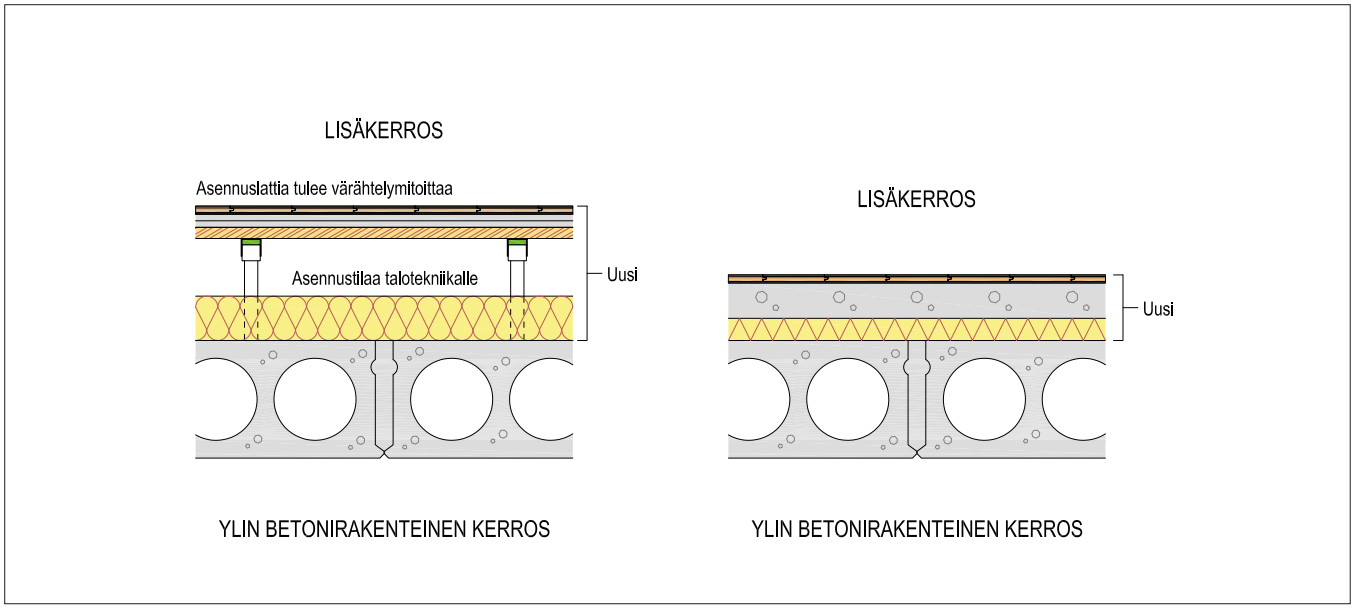
Mikäli väliseinän ääneneristävyyttä lähdetään parantamaan, tulee ääneneristävyyttä tarkastella kokonaisuutena ottaen huomioon myös mahdollisten rakenteellisten sivutiesiirtymien vaikutus. Tapauksesta riippuen väliseinää sivuavien rakenteiden vaikutus seinän ääneneristävyyteen saattaa olla niin merkittävä, että pelkästään seinän ääneneristävyyden parantaminen muutamalla desibelillä ei tuota käytännössä parannusta tilojen äänimaailmaan. Joissakin tapauksissa rakenteellisten sivutiesiirtymien takia myös tilan lattiaan ja kattoon joudutaan tekemään akustisia parannuksia.



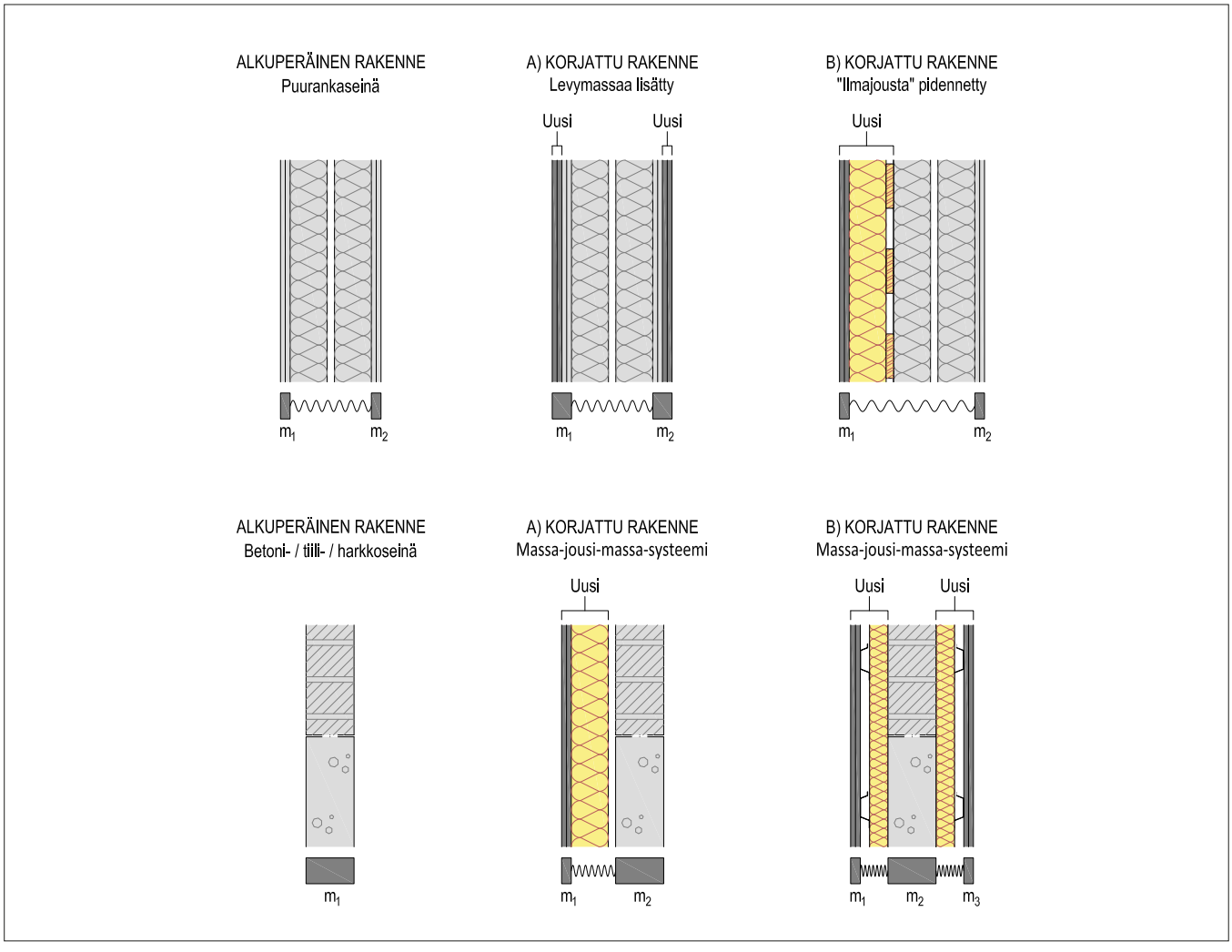
Kuva 71. Esimerkki betonirakenteisen julkisivun korjaamisesta puuelementeillä.



Kuva 72 Rakenteellisten sivutiesiirtymien vaikutusta tilojen välillä voidaan vähentää kelluvalla lattialla ja joustavalla alakatolla.



Kuva 73. Esimerkkejä lisäkerrosrakentamisen yhteydessä tarvittavista välipohjarakenteista.



Kuva 74. Periaatteita väliseinien ääneneristävyyden parantamiseen.

LISÄTIETOA

MÄÄRÄYKSET JA SUOSITUKSET

SFS 5907. 2004. Rakennusten akustinen luokitus. Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista. Helsinki, Suomen säädöskokoelma, nro 993/1992.

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä. Helsinki, Suomen säädöskokoelma, nro 796/2017.

Ääniympäristö – Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä. 2018. Helsinki, ympäristöministeriö.

YLEISTEOKSIA

Kylliäinen, M. & Hongisto, V. 2019. Rakennuksen ääniolosuhteiden suunnittelu ja toteutus. Helsinki, ympäristöministeriön julkaisuja 28.

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

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

Kylliäinen, M., Latvanne, P., Kuusinen, A. & Kekki, T. 2017. Puukerrostalojen ääneneristys – asiantuntijaselvitys. Joensuu, Karelia-ammattikorkeakoulun julkaisuja C44.

Uponor Decibel-käsikirja. Suunnittelu- ja asennusohje. 2017. Uponor.

TUTKIMUSKIRJALLISUUTTA

Hongisto, V., Mäkilä, M., Haapakangas, A., Kylliäinen, M. & Hyönä, J. 2013. Äänieristystyytyväisyys suomalaisissa asuinkerrostaloissa – kyselytutkimus. Rakennusfysiikka 2013. Tampere, 22.–24.10., Tampereen teknillisen yliopiston rakennustekniikan laitos ja Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, s. 331–338.

Hongisto V., Haapakangas, A., Mäkilä, M., Hyönä, J. & Kylliäinen, M. 2014. Melun vaikutukset asuinkerrostaloissa. Sisäilmastoseminaari 2014. Helsinki, 13.3.2014, Sisäilmayhdistys ry, SIY Raportti 32, s. 269–274.

Huhtala, T. 2006. Mittausjakson pituuden vaikutus maaperästä mitatun raideliikenteen värähtelyn asuntoihin aiheuttaman haitan arvioinnista. Diplomityö. Espoo, Teknillinen korkeakoulu, sähkö- ja tietoliikennetekniikan osasto.

Huhtala, T., Ruohonen, M. & Kylliäinen, M. 2017. Stabilointirakenne liikennetärinän torjuntakeinona. Akustiikkapäivät 2017. Espoo, 24.–25.8., Akustinen Seura ry, s. 278–283.

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

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

Kovalainen, V. & Lietzén, J. & Kylliäinen, M. 2019. Kelluvien laattojen askeläänеneristävyyden analyyttinen laskenta. Akustiikkapäivät 2019. Oulu, 28.–29.10., Akustinen Seura ry, s. 33–40.

Kylliäinen, M. 2005. Rakennuksen ulkokuoren rakennusosilta vaadittava ääneneristävyys. Akustiikkapäivät 2005. Kuopio, 26.-27.9., Akustinen Seura ry, s. 78–83.

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

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

Kylliäinen, M., Björman, J. & Hakkarainen, J. 2015. Puukerrostalon välipohjan toteuttaminen ilman kelluvaa lattiaa. Akustiikkapäivät 2015. Kuopio, 1.–2.9., Akustinen Seura ry, s. 247–252.

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

Laine, P., Yli-Kätkä, V.-M. & Hosiokangas, J. 2014. Ikkunoiden ääneneristävyysominaisuudet ja niiden vaikutus julkisivujen ääneneristävyyteen. Helsinki, Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 52/2014.

Latvanne, P. 2015. Puuvälipohjien akustiset ominaisuudet ja laskentamallit. Diplomityö. Tampere, Tampereen teknillinen yliopisto, talouden ja rakentamisen tiedekunta.

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

Latvanne, P. & Kylliäinen, M. 2017. Puuvälipohjien askeläänеneristävyyteen vaikuttavat tekijät. Akustiikkapäivät 2017. Espoo, 24.–25.8., Akustinen Seura ry, s. 117–122.

Latvanne, P., Kylliäinen, M., Kovalainen, V. & Lietzén, J. 2019. Parametrinen laskentamalli puuvälipohjien askeläänen-eristävyyden laskentaan. Rakennusfysiikka 2019. Tampere, 28.–30.10., Tampereen teknillinen yliopisto ja Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, s. 527–532.

Latvanne, P. & Kylliäinen, M. 2019. Puuvälipohjien askeläänеneristävyyden laskennallinen arviointi. Puu. Nro 3, s. 42–50.

Lietzén, J., Kylliäinen, M., Kovalainen, V. & Hongisto, V. 2013. Välipohjien askeläänеneristävyyden arviointi askeläänikojeen ja kävelyn perusteella. Akustiikkapäivät 2013. Turku, 22.–23.5., Akustinen Seura ry, s. 117–122.

Lietzén, J., Kylliäinen, M., Miettinen, J. & Pajunen, S. 2019. Askeläänikojeen aiheuttama herätevoima puuvälipohjilla. Akustiikkapäivät 2019. Oulu, 28.–29.10., Akustinen Seura ry, s. 20–25.

Pura, M. 2021. Äänen rakenteelliset sivutiesiirtymät puurakennuksissa. Diplomityö. Oulu, Oulun yliopisto, teknillinen tiedekunta, rakennus- ja yhdyskuntatekniikka.

Sipari, P. & Saarinen, A. 2003. Rakennuksen julkisivun ääneneristävyyden mitoittaminen. Helsinki, ympäristöministeriö, ympäristöopas 108.

Talja, A. 2004. Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta. Espoo, VTT Tiedotteita 2278.

Talja, A. 2011. Ohjeita liikennetärinän arviointiin. Espoo, VTT Tiedotteita 2569.

Talja, A., Vepsä, A., Kurkela, J. & Halonen, M. 2008. Rakennukseen siirtyvän tärinän arviointi. Espoo, VTT Tiedotteita 2425.

Talja, A. & Saarinen, A. 2009. Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi – Esiselvitys. Espoo, VTT Tiedotteita 2468.

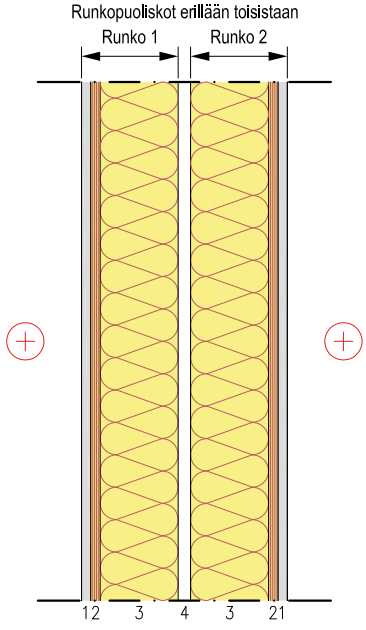
Törnqvist, J. & Talja, A. Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa. Espoo, VTT Working Papers 50.

Valjakka, S. 2021. Lattianpäällysteiden vaikutus puuvälipohjien askeläänieristävyyteen. Diplomityö. Tampere, Tampereen yliopisto, rakennetun ympäristön tiedekunta.

Valjakka, S., Lietzén, J., Kylliäinen, M. & Pajunen, S. 2019. Lattianpäällysteen askeläänieristävyyden parannusvaikutus CLT-välipohjilla. Akustiikkapäivät 2019. Oulu, 28.–29.10., Akustinen Seura ry, s. 26–32.

LIITE 1 Rakennetyypit

Suunnittelija	Työn nro	Tunnus
	Päiväys / Tekijä	HVS001
Rakennuskohde	Sisältö	
	Rankarakenteinen väliseinä	



Laskennallinen ilmaääneneristysluku R_w **= 64 dB**
Äänitasoeroluvun luokitus [1] $D_{nT,w}$ **= 55 dB**

Nro	Rakennekerros	Paksuus	Paino
1	Kipsikartonkilevy [2]	15 mm	≥ 12 kg/m^2
2	Kuusivanerilevy [2]	15 mm	≥ 7 kg/m^2
3	Rankarunko + Mineraalivilla	125 mm	-
4	Rako runkopuoliskojen välillä	20 mm	-

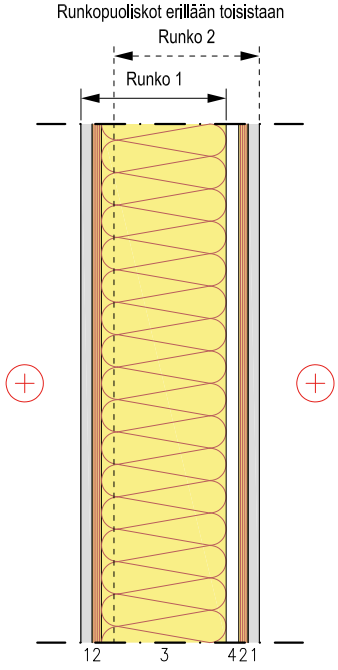
Muutosten vaikutusten arviointi

Nro	Rakennekerros	Paksuus	Paino	R_w
2	Kipsikartonkilevy	18 mm	≥ 15 kg/m^2	68 dB
3	Rankarunko + Mineraalivilla	150 mm	-	65 dB

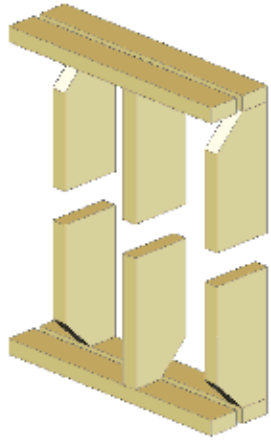
[1] Äänitasoeroluvun $D_{nT,w}$ luokitus 40/44/48/52/55 dB. Luokituksen täyttymisen edellytyksenä on, että mm. rakenteelliset sivutiesiirtymät eivät heikennä ääneneristävyyttä merkittävästi.
[2] Päällekkäisten levyjen saumat limitetään. Levykerroksia ei saa liimata toisiinsa.

Rakennetyypissä on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro		Tunnus
	Päiväys	Tekijä	HVS002
Rakennuskohde	Sisältö		
	Rankarakenteinen väliseinä		



Ohjauspuiden toteutusperiaate



Laskennallinen ilmaääneneristysluku R_w **= 65 dB**
Äänitasoeroluvun luokitus [1] $D_{nT,w}$ **= 55 dB**

Nro	Rakennekerros	Paksuus	Paino
1	Kipsikartonkilevy [2]	18 mm	≥ 15 kg/m²
2	Kuusivanerilevy [2]	15 mm	≥ 7 kg/m²
3	Rankarunko + Mineraalivilla	200 mm	-
4	Rako runkopuoliskojen välillä	20 mm	-

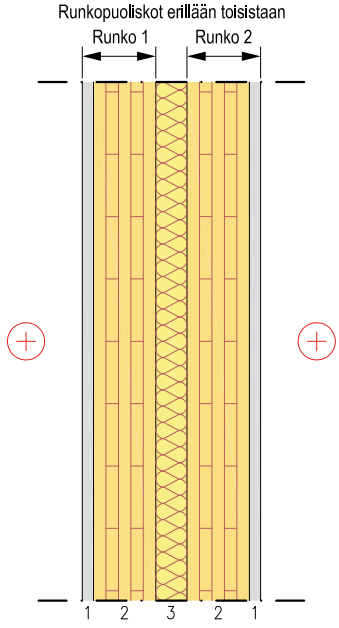
Muutosten vaikutusten arviointi

Nro	Rakennekerros	Paksuus	Paino	R_w
2	Kipsikartonkilevy	15 mm	≥ 12 kg/m²	67 dB
3	Rankarunko	250 mm	-	66 dB

[1] Äänitasoeroluvun $D_{nT,w}$ luokitus 40/44/48/52/55 dB. Luokituksen täyttymisen edellytyksenä on, että mm. rakenteelliset sivutiesiirtymät eivät heikennä ääneneristävyyttä merkittävästi.
[2] Päällekkäisten levyjen saumat limitetään. Levykerroksia ei saa liimata toisiinsa.

Rakennetyypissä on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro	Tunnus
	Päiväys / Tekijä	HVS101
Rakennuskohde	Sisältö	
	Massiivipuulevyrakenteinen väliseinä	



Laskennallinen ilmaääneneristysluku R_w **= 63 dB**
Äänitasoeroluvun luokitus [1] $D_{nT,w}$ **= 55 dB**

Nro	Rakennekerros	Paksuus	Paino
1	Kipsikartonkilevy	18 mm	≥ 15 kg/m^2
2	Massiivipuulevy (CLT, LVL jne.)	100 mm	≥ 50 kg/m^2
3	Rako runkopuoliskojen välillä + Mineraalivilla	50 mm	-

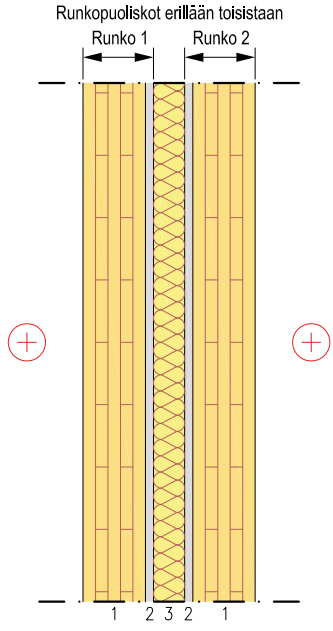
Muutosten vaikutusten arviointi

Nro	Rakennekerros	Muutos	Paino	R_w
1	Kipsikartonkilevy	Levy pois	-	50 dB [3]
1	Kipsikartonkilevy	13 mm	≥ 8 kg/m^2	59 dB
1	Kipsikartonkilevy [2]	2x 13 mm	≥ 16 kg/m^2	64 dB
2	Massiivipuulevy	80 mm	≥ 40 kg/m^2	64 dB
2	Massiivipuulevy	140 mm	≥ 70 kg/m^2	63 dB
3	Rako runkopuoliskojen välillä + Mineraalivilla	75 mm	-	66 dB

[1] Äänitasoeroluvun $D_{nT,w}$ luokitus 40/44/48/52/55 dB. Luokituksen täyttymisen edellytyksenä on, että mm. rakenteelliset sivutiesiirtymät eivät heikennä ääneneristävyyttä merkittävästi.
[2] Päällekkäisten levyjen saumat limitetään. Levykerroksia ei saa liimata toisiinsa.
[3] Äänitasoeroluvun $D_{nT,w}$ luokitus 44 dB.

Rakennetyypissä on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro		Tunnus
	Päiväys	Tekijä	HVS102
Rakennuskohde	Sisältö		
	Massiivipuulevyrakenteinen väliseinä		



Laskennallinen ilmaääneneristysluku R_w **= 59 dB**
Äänitasoeroluvun luokitus [1] $D_{nT,w}$ **= 55 dB**

Nro	Rakennekerros	Paksuus	Paino
1	Massiivipuulevy (CLT, LVL jne.)	100 mm	≥ 50 kg/m^2
2	Kipsikartonkilevy	13 mm	≥ 8 kg/m^2
3	Rako runkopuoliskojen välillä + Mineraalivilla	50 mm	-

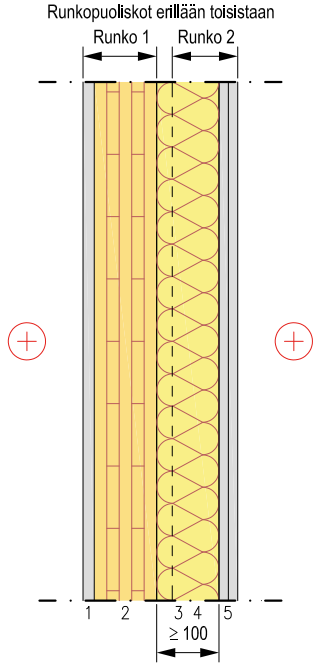
Muutosten vaikutusten arviointi

Nro	Rakennekerros	Muutos	Paino	R_w
1	Massiivipuulevy	80 mm	≥ 40 kg/m^2	60 dB
1	Massiivipuulevy	140 mm	≥ 70 kg/m^2	60 dB
2	Kipsikartonkilevy	15 mm	≥ 12 kg/m^2	61 dB
3	Rako runkopuoliskojen välillä + Mineraalivilla	75 mm	-	62 dB

[1] Äänitasoeroluvun $D_{nT,w}$ luokitus 40/44/48/52/55 dB. Luokituksen täyttymisen edellytyksenä on, että mm. rakenteelliset sivutiesiirtymät eivät heikennä ääneneristävyyttä merkittävästi.

Rakennetyypissä on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro	Tunnus
	Päiväys / Tekijä	HVS103
Rakennuskohde	Sisältö	
	Massiivipuulevyrakenteinen väliseinä	



Laskennallinen ilmaääneneristysluku R_w **= 66 dB**
Äänitasoeroluvun luokitus [1] $D_{nT,w}$ **= 55 dB**

Nro	Rakennekerros	Paksuus	Paino
1	Kipsikartonkilevy	18 mm	≥ 15 kg/m^2
2	Massiivipuulevy (CLT, LVL jne.)	100 mm	≥ 50 kg/m^2
3	Rako runkopuoliskojen välillä ≥ 20 mm + Rankarunko	100 mm	-
4	Mineraalivilla	100 mm	-
5	Kipsikartonkilevy [2]	2 x 15 mm	≥ 24 kg/m^2

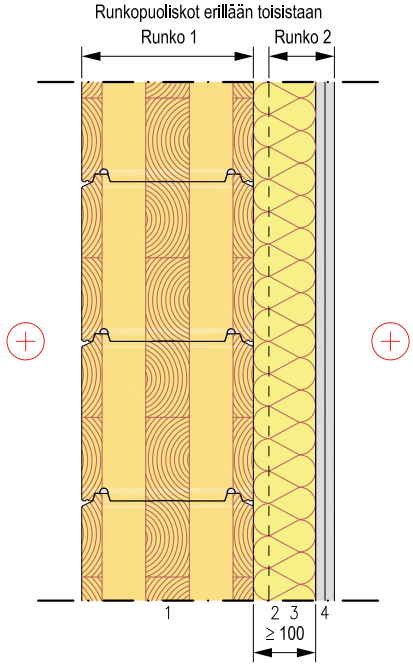
Muutosten vaikutusten arviointi

Nro	Rakennekerros	Muutos	Paino	R_w
2	Massiivipuulevy	140 mm	≥ 70 kg/m^2	66 dB
5	Kipsikartonkilevy [2]	2x 13 mm	≥ 16 kg/m^2	64 dB

[1] Äänitasoeroluvun $D_{nT,w}$ luokitus 40/44/48/52/55 dB. Luokituksen täyttymisen edellytyksenä on, että mm. rakenteelliset sivutiesiirtymät eivät heikennä ääneneristävyyttä merkittävästi.
[2] Päällekkäisten levyjen saumat limitetään. Levykerroksia ei saa liimata toisiinsa.

Rakennetyypissä on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro		Tunnus
	Päiväys	Tekijä	HVS201
Rakennuskohde	Sisältö		
	Hirsirakenteinen väliseinä		



Laskennallinen ilmaääneneristysluku R_w **= 69 dB**
Äänitasoeroluvun luokitus [1] $D_{nT,w}$ **= 55 dB**

Nro	Rakennekerros	Paksuus	Paino
1	Hirsi (lamelli tai painumaton)	275 mm	≥ 138 kg/m^2
2	Rako runkopuoliskojen välillä ≥ 20 mm + Rankarunko	100 mm	-
3	Mineraalivilla	100 mm	-
4	Kipsikartonkilevy [2]	2 x 15 mm	≥ 24 kg/m^2

Muutosten vaikutusten arviointi

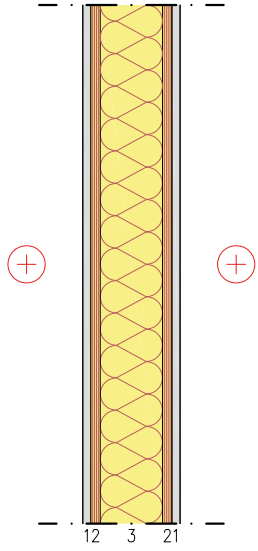
Nro	Rakennekerros	Muutos	Paino	R_w
1	Hirsi (lamelli tai painumaton)	205 mm	≥ 103 kg/m^2	64 dB

[1] Äänitasoeroluvun $D_{nT,w}$ luokitus 40/44/48/52/55 dB. Luokituksen täyttymisen edellytyksenä on, että mm. rakenteelliset sivutiesiirtymät eivät heikennä ääneneristävyyttä merkittävästi.
[2] Päällekkäisten levyjen saumat limitetään. Levykerroksia ei saa liimata toisiinsa.

Huomio!
Erillinen levyverhous estää tehokkaasti hirsiseinään mahdollisesti syntyvien rakojen aiheuttamia äänivuotoja. Hirsiseinän mahdollisten rakojen kautta tapahtuva sivutiesiirtymä voi olla merkittävä ilmaääneneristävyyttä heikentävä tekijä levyttämättömällä puolella.

Rakennetyypissä on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro		Tunnus
	Päiväys	Tekijä	VS001
Rakennuskohde	Sisältö		
	Rankarakenteinen väliseinä		



Laskennallinen ilmaääneneristysluku R_w **= 43 dB**
Äänitasoeroluvun luokitus [1] $D_{nT,w}$ **= 40 dB**

Nro	Rakennekerros	Paksuus	Paino
1	Kipsikartonkilevy [2]	13 mm	≥ 8 kg/m^2
2	Kuusivanerilevy [2]	15 mm	≥ 7 kg/m^2
3	Rankarunko + Mineraalivilla	100 mm	-

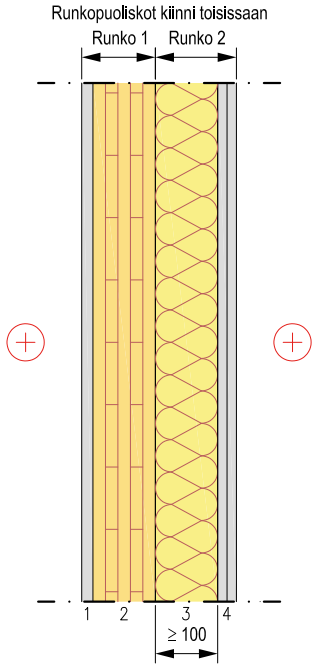
Muutosten vaikutusten arviointi

Nro	Rakennekerros	Muutos	Paino	R_w
2	Kuusivanerilevy	Levy pois	-	41 dB [3]
3	Rankarunko + Mineraalivilla	150 mm	-	43 dB

[1] Äänitasoeroluvun $D_{nT,w}$ luokitus 40/44/48/52/55 dB. Luokituksen täyttymisen edellytyksenä on, että mm. rakenteelliset sivutiesiirtymät eivät heikennä ääneneristävyyttä merkittävästi.
[2] Päällekkäisten levyjen saumat limitetään. Levykerroksia ei saa liimata toisiinsa.
[3] Seinä ei täytä mitään tässä esitetyistä äänitasoeroluvun $D_{nT,w}$ luokista.

Rakennetyypissä on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro		Tunnus
	Päiväys	Tekijä	VS101
Rakennuskohde	Sisältö		
	Massiivipuulevyrakenteinen väliseinä		



Laskennallinen ilmaääneneristysluku R_w **= 51 dB**
Äänitasoeroluvun luokitus [1] $D_{nT,w}$ **= 48 dB**

Nro	Rakennekerros	Paksuus	Paino
1	Kipsikartonkilevy	18 mm	≥ 15 kg/m^2
2	Massiivipuulevy (CLT, LVL jne.)	100 mm	≥ 50 kg/m^2
3	Rankarunko + Mineraalivilla	100 mm	-
4	Kipsikartonkilevy [2]	2 x 15 mm	≥ 24 kg/m^2

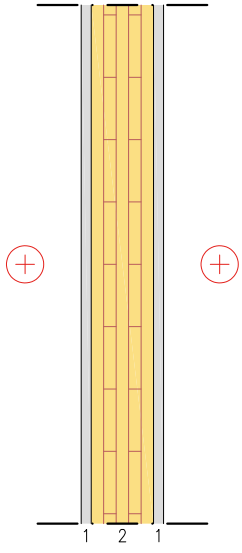
Muutosten vaikutusten arviointi

Nro	Rakennekerros	Muutos	Paino	R_w
2	Massiivipuulevy	140 mm	≥ 70 kg/m^2	52 dB
4	Kipsikartonkilevy [2]	2x 13 mm	≥ 16 kg/m^2	52 dB

[1] Äänitasoeroluvun $D_{nT,w}$ luokitus 40/44/48/52/55 dB. Luokituksen täyttymisen edellytyksenä on, että mm. rakenteelliset sivutiesiirtymät eivät heikennä ääneneristävyyttä merkittävästi.
[2] Päällekkäisten levyjen saumat limitetään. Levykerroksia ei saa liimata toisiinsa.

Rakennetyypissä on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro		Tunnus
	Päiväys	Tekijä	VS102
Rakennuskohde	Sisältö		
	Massiivipuulevyrakenteinen väliseinä		



Laskennallinen ilmaääneneristysluku R_w **= 43 dB**
Äänitasoeroluvun luokitus [1] $D_{nT,w}$ **= 40 dB**

Nro	Rakennekerros	Paksuus	Paino
1	Kipsikartonkilevy	15 mm	≥ 12 kg/m^2
2	Massiivipuulevy (CLT, LVL jne.)	100 mm	≥ 50 kg/m^2

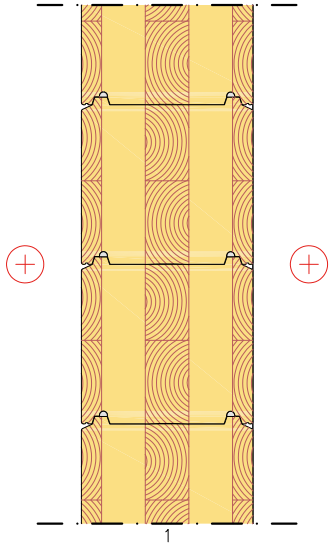
Muutosten vaikutusten arviointi

Nro	Rakennekerros	Muutos	Paino	R_w
1	Kipsikartonkilevy	Levy pois	-	33 dB [3]
2	Massiivipuulevy	80 mm	≥ 40 kg/m^2	40 dB [3]
2	Massiivipuulevy	140 mm	≥ 70 kg/m^2	42 dB [3]

[1] Äänitasoeroluvun $D_{nT,w}$ luokitus 40/44/48/52/55 dB. Luokituksen täyttymisen edellytyksenä on, että mm. rakenteelliset sivutiesiirtymät eivät heikennä ääneneristävyyttä merkittävästi.
[2] Päällekkäisten levyjen saumat limitetään. Levykerroksia ei saa liimata toisiinsa.
[3] Seinä ei täytä mitään tässä esitetyistä äänitasoeroluvun $D_{nT,w}$ luokista.

Rakennetyypissä on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro		Tunnus
	Päiväys	Tekijä	VS201
Rakennuskohde	Sisältö		
	Hirsirakenteinen väliseinä		



Laskennallinen ilmaääneneristysluku R_w **= 46 dB**
Äänitasoeroluvun luokitus [1] $D_{nT,w}$ **= 40 dB**

Nro	Rakennekerros	Paksuus	Paino
1	Hirsi (lamelli tai painumaton)	275 mm	≥ 138 kg/m^2

Muutosten vaikutusten arviointi

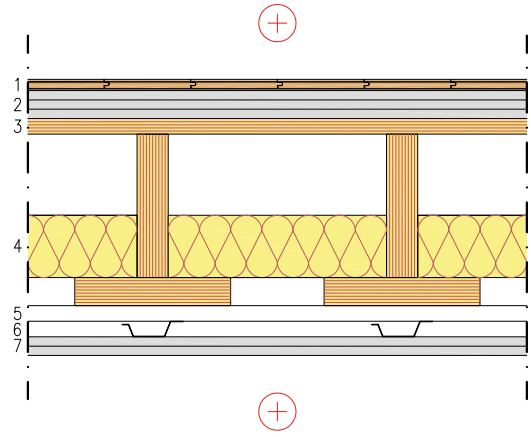
Nro	Rakennekerros	Muutos	Paino	R_w
1	Hirsi (lamelli tai painumaton)	205 mm	≥ 103 kg/m^2	42 dB [2]

[1] Äänitasoeroluvun $D_{nT,w}$ luokitus 40/44/48/52/55 dB. Luokituksen täyttymisen edellytyksenä on, että mm. rakenteelliset sivutiesiirtymät eivät heikennä ääneneristävyyttä merkittävästi.
[2] Seinä ei täytä mitään tässä esitetyistä äänitasoeroluvun $D_{nT,w}$ luokista.

Huomio!
Ilmaääneneristysluvussa ja äänitasoeroluvun luokituksessa ei ole huomioitu hirsien välisten saumojen mahdollisia rakoja (ks. ohjeen kohta 2.2).

Rakennetyypissä on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro	Tunnus
	Päiväys / Tekijä	VP001
Rakennuskohde	Sisältö	
	Ripalaattarakenteinen välipohja	



Äänitasoeroluvun luokitus [1] $D_{nT,w}$ = 55 dB

Askeläänitasoluvun luokitus [2] $L'_{nT,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ = 53 dB

Nro	Rakennekerros	Paksuus	Paino
1	Joustava lattiapinnoite, $\Delta L_w \geq 18$ dB (esim. laminaatti tai parketti)	8...20 mm	-
2	Lattiakipsilevy	3x 15 mm	≥ 46 kg/m^2
3	Teollinen LVL-ripalaatta	≥ 300 mm	-
4	Mineraalivilla	100 mm	-
5	Koolaus	25 mm	-
6	Akustiset jousirangat	25 mm	-
7	Kipsikartonkilevy [3]	2x 15 mm	≥ 24 kg/m^2

Muutosten vaikutusten arviointi

Nro	Rakennekerros	Muutos	Paino	$L'_{nT,w}+C_{I,50\text{-}2500}$ [4]
1	Joustava lattiapinnoite	Joustamaton	-	+ 12 dB
2	Lattiakipsilevy	Betoni 60 mm	150 kg/m^2	- 7 dB
7	Kipsikartonkilevy [3]	2x 13 mm	≥ 16 kg/m^2	+ 1 dB

[1] Äänitasoeroluvun $D_{nT,w}$ luokitus 52/55 dB. Luokituksen täyttymisen edellytyksenä on, että mm. rakenteelliset sivutiesiirtymät eivät heikennä ääneneristävyyttä merkittävästi.

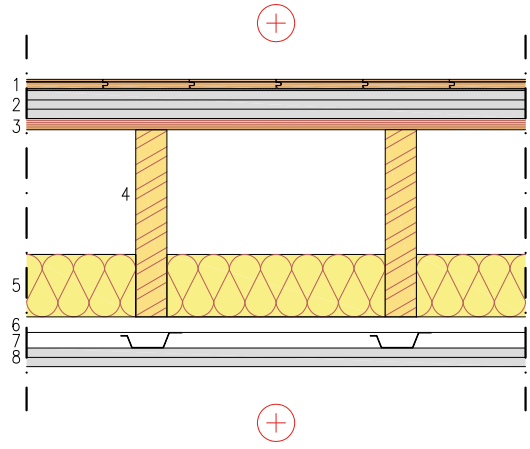
[2] Askeläänitasoluvun $L'_{nT,w}+C_{I,50\text{-}2500}$ luokitus 63/53 dB. Luokituksen täyttymisen edellytyksenä on, että mm. rakenteelliset sivutiesiirtymät eivät heikennä ääneneristävyyttä merkittävästi.

[3] Päällekkäisten levyjen saumat liimitetään. Levykerroksia ei saa liimata toisiinsa.

[4] Muutoksen arvioitu vaikutus askeläänitasolukuun $L'_{nT,w} + C_{I,50\text{-}2500}$. Positiivinen arvo kuvaa askelääneneristävyyden heikennystä ja negatiivinen parannusta.

Rakennetyypissä on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro		Tunnus
	Päiväys	Tekijä	VP002
Rakennuskohde	Sisältö		
	Palkkirakenteinen välipohja		



Äänitasoeroluvun luokitus [1] $D_{nT,w}$ = 55 dB

Askeläänitasoluvun luokitus [2] $L'_{nT,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ = 53 dB

Nro	Rakennekerros	Paksuus	Paino
1	Joustava lattiapinnoite, $\Delta L_w \geq 18$ dB (esim. laminaatti tai parketti)	8...20 mm	-
2	Lattiakipsilevy	3x 15 mm	≥ 45 kg/m^2
3	Kuusivaneri	18 mm	-
4	Massiivipuupalkki, levyuumapalkki, ristikkopalkki	≥ 300 mm	-
5	Mineraalivilla	100 mm	-
6	Koolaus	25 mm	-
7	Akustiset jousirangat	25 mm	-
8	Kipsikartonkilevy [3]	2x 15 mm	≥ 24 kg/m^2

Muutosten vaikutusten arviointi

Nro	Rakennekerros	Muutos	Paino	$L'_{nT,w}+C_{I,50\text{-}2500}$ [4]
1	Joustava lattiapinnoite	Joustamaton	-	+ 11 dB
2	Lattiakipsilevy	Betoni 60 mm	150 kg/m^2	- 8 dB
8	Kipsikartonkilevy [3]	2x 13 mm	≥ 16 kg/m^2	+ 1 dB

[1] Äänitasoeroluvun $D_{nT,w}$ luokitus 52/55 dB. Luokituksen täyttymisen edellytyksenä on, että mm. rakenteelliset sivutiesiirtymät eivät heikennä ääneneristävyyttä merkittävästi.

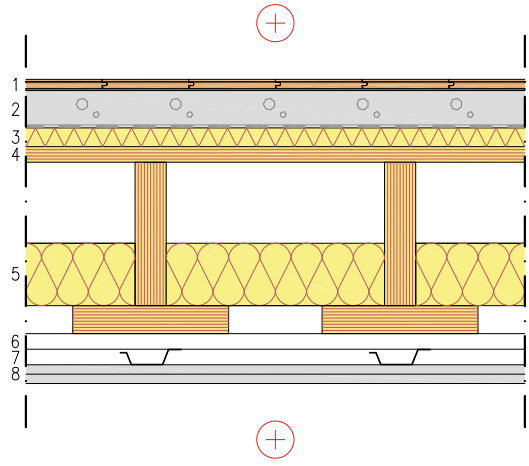
[2] Askeläänitasoluvun $L'_{nT,w}+C_{I,50\text{-}2500}$ luokitus 63/53 dB. Luokituksen täyttymisen edellytyksenä on, että mm. rakenteelliset sivutiesiirtymät eivät heikennä ääneneristävyyttä merkittävästi.

[3] Päällekkäisten levyjen saumat limitetään. Levykerroksia ei saa liimata toisiinsa.

[4] Muutoksen arvioitu vaikutus askeläänitasolukuun $L'_{nT,w} + C_{I,50\text{-}2500}$. Positiivinen arvo kuvaa askelääneneristävyyden heikennystä ja negatiivinen parannusta.

Rakennetyypissä on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro	Tunnus
	Päiväys / Tekijä	VP003
Rakennuskohde	Sisältö	
	Ripalaattarakenteinen välipohja	



Äänitasoeroluvun luokitus [1] $D_{nT,w}$ = 55 dB

Askeläänitasoluvun luokitus [2] $L'_{nT,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ = 53 dB

Nro	Rakennekerros	Paksuus	Paino
1	Joustava lattiapinnoite, $\Delta L_w \geq 18$ dB (esim. laminaatti tai parketti)	8...20 mm	-
2	Betonilaatta	60 mm	≥ 150 kg/m^2
3	Valusuojakangas + Askeläänieneriste (jäykkä villa)	30 mm	-
4	Teollinen LVL-ripalaatta	≥ 300 mm	-
5	Mineraalivilla	100 mm	-
6	Koolaus	25 mm	-
7	Akustiset jousirangat	25 mm	-
8	Kipsikartonkilevy [3]	2x 15 mm	≥ 24 kg/m^2

Muutosten vaikutusten arviointi

Nro	Rakennekerros	Muutos	Paino	$L'_{nT,w}+C_{I,50\text{-}2500}$ [4]
1	Joustava lattiapinnoite	Joustamaton	-	+ 2 dB
2	Betonilaatta	Muu valulaatta	≥ 80 kg/m^2	+ 2 dB
8	Kipsikartonkilevy [3]	2x 13 mm	≥ 16 kg/m^2	+ 2 dB

[1] Äänitasoeroluvun $D_{nT,w}$ luokitus 52/55 dB. Luokituksen täyttymisen edellytyksenä on, että mm. rakenteelliset sivutiesiirtymät eivät heikennä ääneneristävyyttä merkittävästi.

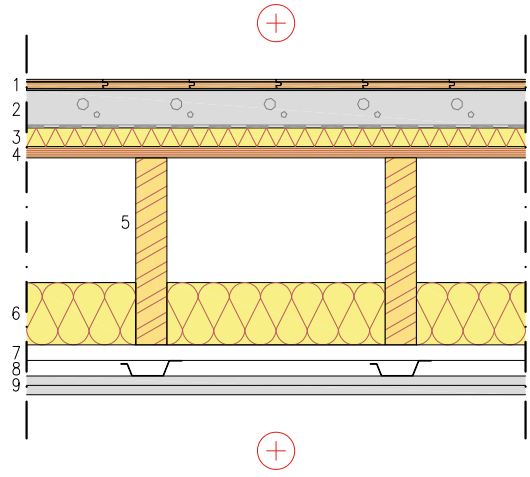
[2] Askeläänitasoluvun $L'_{nT,w}+C_{I,50\text{-}2500}$ luokitus 63/53 dB. Luokituksen täyttymisen edellytyksenä on, että mm. rakenteelliset sivutiesiirtymät eivät heikennä ääneneristävyyttä merkittävästi.

[3] Päällekkäisten levyjen saumat limitetään. Levykerroksia ei saa liimata toisiinsa.

[4] Muutoksen arvioitu vaikutus askeläänitasolukuun $L'_{nT,w} + C_{I,50\text{-}2500}$. Positiivinen arvo kuvaa askelääneneristävyyden heikennystä ja negatiivinen parannusta.

Rakennetyypissä on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro		Tunnus
	Päiväys	Tekijä	VP004
Rakennuskohde	Sisältö		
	Palkkirakenteinen välipohja		



Äänitasoeroluvun luokitus [1] $D_{nT,w}$ = 55 dB

Askeläänitasoluvun luokitus [2] $L'_{nT,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ = 53 dB

Nro	Rakennekerros	Paksuus	Paino
1	Joustava lattiapinnoite, $\Delta L_w \geq 18$ dB (esim. laminaatti tai parketti)	8...20 mm	-
2	Betonilaatta	60 mm	≥ 150 kg/m^2
3	Valusuojakangas + Askeläänieneriste (jäykkä villa)	30 mm	-
4	Kuusivaneri	18 mm	-
5	Massiivipuupalkki, levyuumapalkki, ristikkopalkki	≥ 300 mm	-
6	Mineraalivilla	100 mm	-
7	Koolaus	25 mm	-
8	Akustiset jousirangat	25 mm	-
9	Kipsikartonkilevy [3]	2x 15 mm	≥ 24 kg/m^2

Muutosten vaikutusten arviointi

Nro	Rakennekerros	Muutos	Paino	$L'_{nT,w}+C_{I,50\text{-}2500}$ [4]
1	Joustava lattiapinnoite	Joustamaton	-	+ 2 dB
2	Betonilaatta	Muu valulaatta	≥ 80 kg/m^2	+ 2 dB
9	Kipsikartonkilevy [3]	2x 13 mm	≥ 16 kg/m^2	+ 2 dB

[1] Äänitasoeroluvun $D_{nT,w}$ luokitus 52/55 dB. Luokituksen täyttymisen edellytyksenä on, että mm. rakenteelliset sivutiesiirtymät eivät heikennä ääneneristävyyttä merkittävästi.

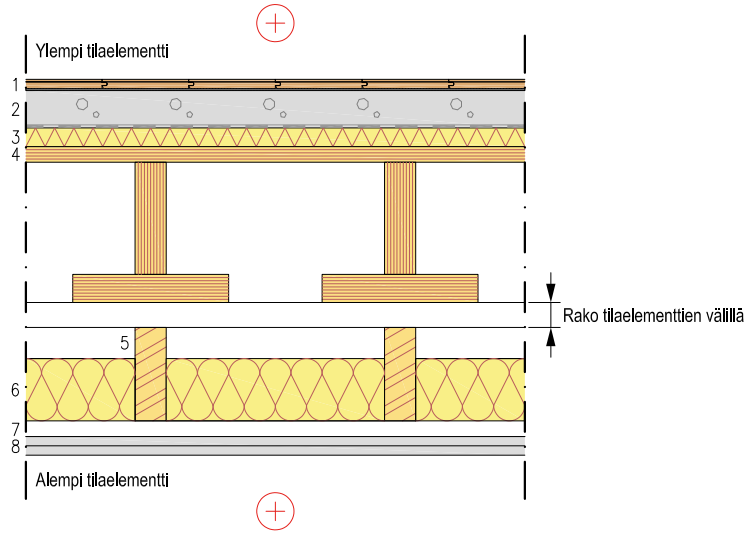
[2] Askeläänitasoluvun $L'_{nT,w}+C_{I,50\text{-}2500}$ luokitus 63/53 dB. Luokituksen täyttymisen edellytyksenä on, että mm. rakenteelliset sivutiesiirtymät eivät heikennä ääneneristävyyttä merkittävästi.

[3] Päällekkäisten levyjen saumat limitetään. Levykerroksia ei saa liimata toisiinsa.

[4] Muutoksen arvioitu vaikutus askeläänitasolukuun $L'_{nT,w} + C_{I,50\text{-}2500}$. Positiivinen arvo kuvaa askelääneneristävyyden heikennystä ja negatiivinen parannusta.

Rakennetyypissä on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro		Tunnus
	Päiväys	Tekijä	VP005
Rakennuskohde	Sisältö		
	Ripalaattarakenteinen välipohja		



Äänitasoeroluvun luokitus [1] $D_{nT,w}$ = 55 dB

Askeläänitasoluvun luokitus [2] $L'_{nT,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ = 53 dB

Nro	Rakennekerros	Paksuus	Paino
1	Joustava lattiapinnoite, $\Delta L_w \geq 18$ dB (esim. laminaatti tai parketti)	8...20 mm	-
2	Betonilaatta	60 mm	≥ 150 kg/m^2
3	Valusuojakangas + Askeläänieneriste (jäykkä villa)	30 mm	-
4	Teollinen LVL-ripalaatta	≥ 250 mm	-
5	Koolaus	≥ 150 mm	-
6	Mineraalivilla	100 mm	-
7	Koolaus	25 mm	-
8	Kipsikartonkilevy [3]	2x 15 mm	≥ 24 kg/m^2

Muutosten vaikutusten arviointi

Nro	Rakennekerros	Muutos	Paino	$L'_{nT,w}+C_{I,50\text{-}2500}$ [4]
1	Joustava lattiapinnoite	Joustamaton	-	+ 2 dB
2	Betonilaatta	Muu valulaatta	≥ 80 kg/m^2	+ 2 dB
8	Kipsikartonkilevy [3]	2x 13 mm	≥ 16 kg/m^2	+ 2 dB

[1] Äänitasoeroluvun $D_{nT,w}$ luokitus 52/55 dB. Luokituksen täyttymisen edellytyksenä on, että mm. rakenteelliset sivutiesiirtymät eivät heikennä ääneneristävyyttä merkittävästi.

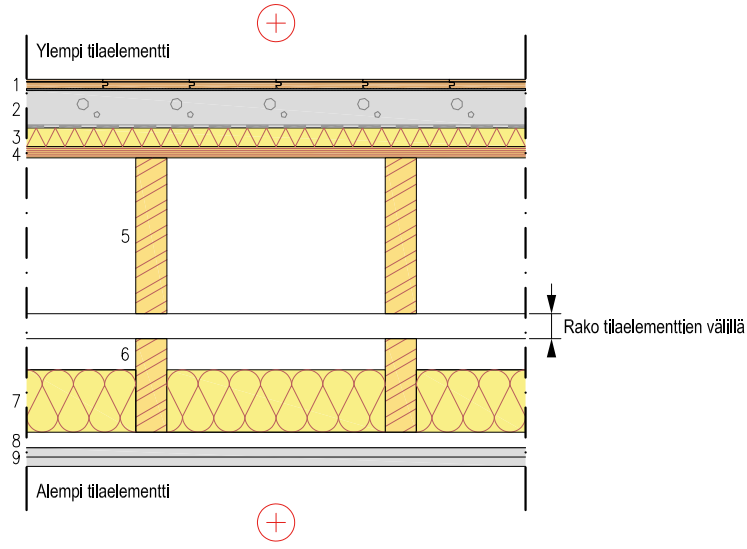
[2] Askeläänitasoluvun $L'_{nT,w}+C_{I,50\text{-}2500}$ luokitus 63/53 dB. Luokituksen täyttymisen edellytyksenä on, että mm. rakenteelliset sivutiesiirtymät eivät heikennä ääneneristävyyttä merkittävästi.

[3] Päällekkäisten levyjen saumat limitetään. Levykerroksia ei saa liimata toisiinsa.

[4] Muutoksen arvioitu vaikutus askeläänitasolukuun $L'_{nT,w} + C_{I,50\text{-}2500}$. Positiivinen arvo kuvaa askelääneneristävyyden heikennystä ja negatiivinen parannusta.

Rakennetyypissä on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro		Tunnus
	Päiväys	Tekijä	VP006
Rakennuskohde	Sisältö		
	Palkkirakenteinen välipohja		



Äänitasoeroluvun luokitus [1] $D_{nT,w}$ = 55 dB

Askeläänitasoluvun luokitus [2] $L'_{nT,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ = 53 dB

Nro	Rakennekerros	Paksuus	Paino
1	Joustava lattiapinnoite, $\Delta L_w \geq 18$ dB (esim. laminaatti tai parketti)	8...20 mm	-
2	Betonilaatta	60 mm	≥ 150 kg/m^2
3	Valusuojakangas + Askeläänieneriste (jäykkä villa)	30 mm	-
4	Kuusivaneri	18 mm	-
5	Massiivipuupalkki, levyuumapalkki, ristikkopalkki	≥ 250 mm	-
6	Koolaus	≥ 150 mm	-
7	Mineraalivilla	100 mm	-
8	Koolaus	25 mm	-
9	Kipsikartonkilevy [3]	2x 15 mm	≥ 24 kg/m^2

Muutosten vaikutusten arviointi

Nro	Rakennekerros	Muutos	Paino	$L'_{nT,w}+C_{I,50\text{-}2500}$ [4]
1	Joustava lattiapinnoite	Joustamaton	-	+ 2 dB
2	Betonilaatta	Muu valulaatta	≥ 80 kg/m^2	+ 2 dB
9	Kipsikartonkilevy [3]	2x 13 mm	≥ 16 kg/m^2	+ 2 dB

[1] Äänitasoeroluvun $D_{nT,w}$ luokitus 52/55 dB. Luokituksen täyttymisen edellytyksenä on, että mm. rakenteelliset sivutiesiirtymät eivät heikennä ääneneristävyyttä merkittävästi.

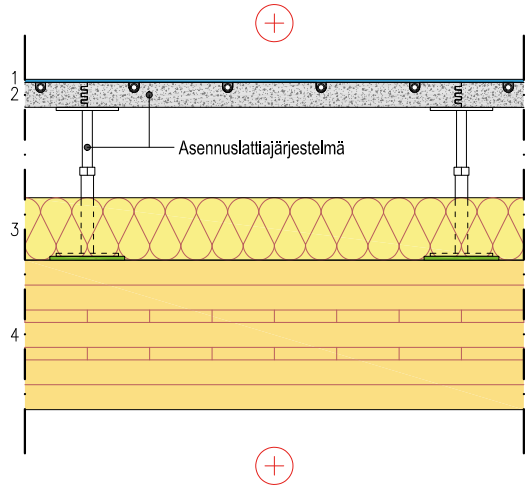
[2] Askeläänitasoluvun $L'_{nT,w}+C_{I,50\text{-}2500}$ luokitus 63/53 dB. Luokituksen täyttymisen edellytyksenä on, että mm. rakenteelliset sivutiesiirtymät eivät heikennä ääneneristävyyttä merkittävästi.

[3] Päällekkäisten levyjen saumat limitetään. Levykerroksia ei saa liimata toisiinsa.

[4] Muutoksen arvioitu vaikutus askeläänitasolukuun $L'_{nT,w} + C_{I,50\text{-}2500}$. Positiivinen arvo kuvaa askelääneneristävyyden heikennystä ja negatiivinen parannusta.

Rakennetyypissä on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro	Tunnus
	Päiväys / Tekijä	VP101
Rakennuskohde	Sisältö	
	Massiivipuulevyrakenteinen välipohja	



Äänitasoeroluvun luokitus [1] $D_{nT,w}$ = 52 dB

Askeläänitasoluvun luokitus [2] $L'_{nT,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ = 63 dB

Nro	Rakennekerros	Paksuus	Paino
1	Joustava lattiapinnoite, $\Delta L_w \geq 18$ dB (esim. muovimatto)	-	-
2	Kuituvahvisteinen kalsiumsulfaattilevy (600x600)	40 mm	≥ 50 kg/m^2
3	Mineraalivilla	100 mm	-
4	Massiivipuulevy (CLT, LVL jne.)	240 mm	≥ 120 kg/m^2

[1] Äänitasoeroluvun $D_{nT,w}$ luokitus 52/55 dB. Luokituksen täyttymisen edellytyksenä on, että mm. rakenteelliset sivutiesiirtymät eivät heikennä ääneneristävyyttä merkittävästi.

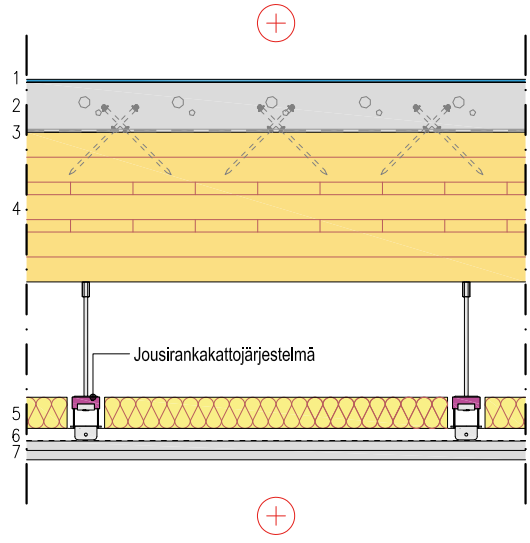
[2] Askeläänitasoluvun $L'_{nT,w}+C_{I,50\text{-}2500}$ luokitus 63/53 dB. Luokituksen täyttymisen edellytyksenä on, että mm. rakenteelliset sivutiesiirtymät eivät heikennä ääneneristävyyttä merkittävästi.

Huomio!

Rakennetyypillä on laskennallisesti mahdollista saavuttaa myös asuinrakennuksen vaatimustasot D_{nTw} = 55 dB ja $L'_{nT,w}+C_{I,50\text{-}2500}$ = 53 dB, mutta rakenne on laskennallisesti herkkä eri parametrien muutoksille. Täten vaatimustenmukaisuutta ei pystytä varmuudella kaikissa tilanteissa toteuttamaan. Rakennetyypin käyttö asuntorakentamisessa edellyttää kohteen akustiikkasuunnittelijan erillistä hyväksyntää.

Rakennetyypissä on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro		Tunnus
	Päiväys	Tekijä	VP102
Rakennuskohde	Sisältö		
	Massiivipuulevyrakenteinen välipohja		



Äänitasoeroluvun luokitus [1] $D_{nT,w}$ = 55 dB

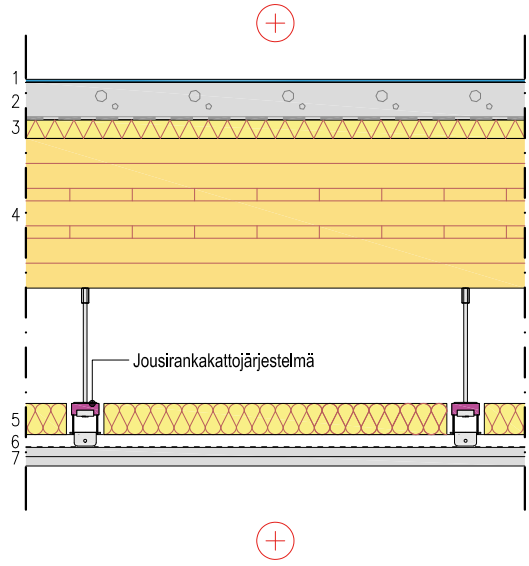
Askeläänitasoluvun luokitus [2] $L'_{nT,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ = 53 dB

Nro	Rakennekerros	Paksuus	Paino
1	Joustava lattiapinnoite, $\Delta L_w \geq 18$ dB (esim. muovimatto)	-	-
2	Betonilaatta (liittorakenne massiivipuulevyn kanssa) [4]	80 mm	≥ 200 kg/m^2
3	Valusuojakangas	-	-
4	Massiivipuulevy (CLT, LVL jne.)	240 mm	≥ 120 kg/m^2
5	Mineraalivilla	50 mm	-
6	Tärinäeristimillä varustettu jousirankakattojärjestelmä	20 mm	-
7	Kipsikartonkilevy [3]	2x 15 mm	≥ 24 kg/m^2

[1] Äänitasoeroluvun $D_{nT,w}$ luokitus 52/55 dB. Luokituksen täyttymisen edellytyksenä on, että mm. rakenteelliset sivutiesiirtymät eivät heikennä ääneneristävyyttä merkittävästi.
[2] Askeläänitasoluvun $L'_{nT,w}+C_{I,50\text{-}2500}$ luokitus 63/53 dB. Luokituksen täyttymisen edellytyksenä on, että mm. rakenteelliset sivutiesiirtymät eivät heikennä ääneneristävyyttä merkittävästi.
[3] Päällekkäisten levyjen saumat limitetään. Levykerroksia ei saa liimata toisiinsa.
[4] Liittorakenteen avulla voidaan parantaa erityisesti askeläääneneristävyyttä.

Rakennetyypissä on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro	Tunnus
	Päiväys / Tekijä	VP103
Rakennuskohde	Sisältö	
	Massiivipuulevyrakenteinen välipohja	



Äänitasoeroluvun luokitus [1] $D_{nT,w}$ = 55 dB

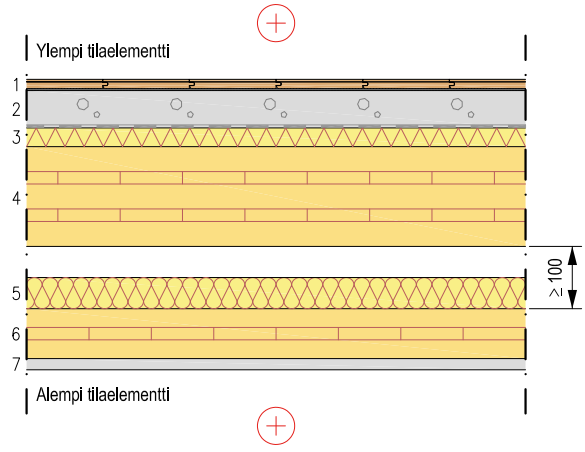
Askeläänitasoluvun luokitus [2] $L'_{nT,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ = 53 dB

Nro	Rakennekerros	Paksuus	Paino
1	Joustava lattiapinnoite, $\Delta L_w \geq 18$ dB (esim. muovimatto)	-	-
2	Betonilaatta	60 mm	≥ 150 kg/m^2
3	Valusuojakangas + Askeleäänieneriste (jäykkä villa)	30 mm	-
4	Massiivipuulevy (CLT, LVL jne.)	240 mm	≥ 120 kg/m^2
5	Mineraalivilla	50 mm	-
6	Tärinäeristimillä varustettu jousirankakattojärjestelmä	20 mm	-
7	Kipsikartonkilevy [3]	2x 15 mm	≥ 24 kg/m^2

[1] Äänitasoeroluvun $D_{nT,w}$ luokitus 52/55 dB. Luokituksen täyttymisen edellytyksenä on, että mm. rakenteelliset sivutiesiirtymät eivät heikennä ääneneristävyyttä merkittävästi.
[2] Askeläänitasoluvun $L'_{nT,w}+C_{I,50\text{-}2500}$ luokitus 63/53 dB. Luokituksen täyttymisen edellytyksenä on, että mm. rakenteelliset sivutiesiirtymät eivät heikennä ääneneristävyyttä merkittävästi.
[3] Päällekkäisten levyjen saumat limitetään. Levykerroksia ei saa liimata toisiinsa.

Rakennetyypissä on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro		Tunnus
	Päiväys	Tekijä	VP104
Rakennuskohde	Sisältö		
	Massiivipuulevyrakenteinen välipohja		



Äänitasoeroluvun luokitus [1] $D_{nT,w}$ = 55 dB

Askeläänitasoluvun luokitus [2] $L'_{nT,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ = 63 dB

Nro	Rakennekerros	Paksuus	Paino
1	Joustava lattiapinnoite, $\Delta L_w \geq 18$ dB (esim. laminaatti tai parketti)	8...20 mm	-
2	Betonilaatta	60 mm	≥ 150 kg/m^2
3	Valusuojakangas + Askeläänieneriste (jäykkä villa)	30 mm	-
4	Massiivipuulevy (CLT, LVL jne.)	≥ 160 mm	≥ 80 kg/m^2
5	Mineraalivilla	50 mm	-
6	Massiivipuulevy (CLT, LVL jne.)	80 mm	≥ 40 kg/m^2
7	Kipsikartonkilevy	18 mm	≥ 15 kg/m^2

Muutosten vaikutusten arviointi

Nro	Rakennekerros	Muutos	Paino	$L'_{nT,w}+C_{I,50\text{-}2500}$ [3]
1	Joustava lattiapinnoite	Joustamaton	-	+ 2 dB
2	Betonilaatta	Muu valulaatta	≥ 80 kg/m^2	0 dB
7	Kipsikartonkilevy	Levyn poisto	-	+ 3 dB

[1] Äänitasoeroluvun $D_{nT,w}$ luokitus 52/55 dB. Luokituksen täyttymisen edellytyksenä on, että mm. rakenteelliset sivutiesiirtymät eivät heikennä ääneneristävyyttä merkittävästi.

[2] Askeläänitasoluvun $L'_{nT,w}+C_{I,50\text{-}2500}$ luokitus 63/53 dB. Luokituksen täyttymisen edellytyksenä on, että mm. rakenteelliset sivutiesiirtymät eivät heikennä ääneneristävyyttä merkittävästi.

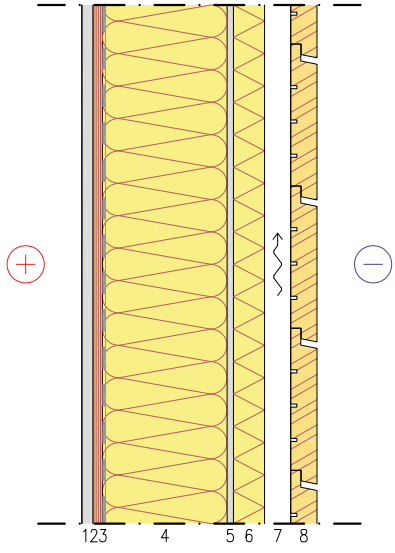
[3] Muutoksen arvioitu vaikutus askeläänitasolukuun $L'_{nT,w} + C_{I,50\text{-}2500}$. Positiivinen arvo kuvaa askelääneneristävyyden heikennystä ja negatiivinen parannusta.

Huomio!

Rakennetyypillä on laskennallisesti mahdollista saavuttaa myös asuinrakennuksen vaatimustaso $L'_{nT,w}+C_{I,50\text{-}2500}$ = 53 dB, mutta rakenne on laskennallisesti herkkä eri parametrien muutoksille. Täten vaatimustenmukaisuutta ei pystytä varmuudella kaikissa tilanteissa toteuttamaan. Rakennetyypin käyttö asuntorakentamisessa edellyttää kohteen akustiikkasuunnittelijan erillistä hyväksyntää.

Rakennetyypissä on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro		Tunnus
	Päiväys	Tekijä	US001
Rakennuskohde	Sisältö		
	Rankarakenteinen ulkoseinä		



Laskennallinen tieliikennemelun ilmaääneneristysluku $R_w + C_{tr}$ = 46 dB

Nro	Rakennekerros	Paksuus	Paino
1	Kipsikartonkilevy [1)]	18 mm	≥ 15 kg/m²
2	Kuusivanerilevy [1)]	15 mm	≥ 7 kg/m²
3	Ilman- ja höyrynsulku	-	-
4	Rankarunko + Mineraalivilla	200 mm	-
5	Tuulensuojakipsikartonkilevy	9 mm	≥ 7 kg/m²
6	Tuulensuojamineraalivilla	50 mm	-
7	Ulkoverhouksen kiinnityskoolaus + Tuuletusrako	-	-
8	Ulkoverhouspaneeli	-	-

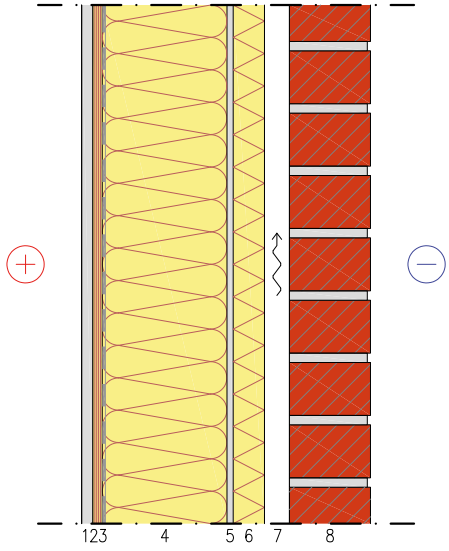
Muutosten vaikutusten arviointi

Nro	Rakennekerros	Muutos	Paino	$R_w + C_{tr}$
1	Kipsikartonkilevy [1)]	2x 18 mm	≥ 30 kg/m²	49 dB
4	Rankarunko + Mineraalivilla	250 mm	-	46 dB

[1)] Päällekkäisten levyjen saumat limitetään. Levykerroksia ei saa liimata toisiinsa.

Rakennetyypissä on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro		Tunnus
	Päiväys	Tekijä	US002
Rakennuskohde	Sisältö		
	Rankarakenteinen ulkoseinä		



Laskennallinen tieliikennemelun ilmaääneneristysluku $R_w + C_{tr}$ = 55 dB

Nro	Rakennekerros	Paksuus	Paino
1	Kipsikartonkilevy [1)]	18 mm	≥ 15 kg/m^2
2	Kuusivanerilevy [1)]	15 mm	≥ 7 kg/m^2
3	Ilman- ja höyrynsulku	-	-
4	Rankarunko + Mineraalivilla	200 mm	-
5	Tuulensuojakipsikartonkilevy	9 mm	≥ 7 kg/m^2
6	Tuulensuojamineraalivilla	50 mm	-
7	Tuuletusrako	-	-
8	Julkisivutiili (reikätiili)	130 mm	≥ 156 kg/m^2

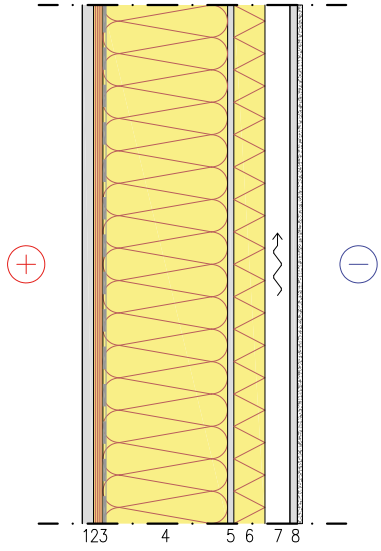
Muutosten vaikutusten arviointi

Nro	Rakennekerros	Muutos	Paino	$R_w + C_{tr}$
1	Kipsikartonkilevy [1)]	2x 18 mm	≥ 30 kg/m^2	57 dB
4	Rankarunko + Mineraalivilla	250 mm	-	56 dB

[1)] Päällekkäisten levyjen saumat limitetään. Levykerroksia ei saa liimata toisiinsa.

Rakennetyypissä on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro	Tunnus
	Päiväys / Tekijä	US003
Rakennuskohde	Sisältö	
	Rankarakenteinen ulkoseinä	



Laskennallinen tieliikennemelun ilmaääneneristysluku $R_w + C_{tr}$ = 51 dB

Nro	Rakennekerros	Paksuus	Paino
1	Kipsikartonkilevy [1)]	18 mm	≥ 15 kg/m^2
2	Kuusivanerilevy [1)]	15 mm	≥ 7 kg/m^2
3	Ilman- ja höyrynsulku	-	-
4	Rankarunko + Mineraalivilla	200 mm	-
5	Tuulensuojakipsikartonkilevy	9 mm	≥ 7 kg/m^2
6	Tuulensuojamineraalivilla	50 mm	-
7	Ulkoverhouksen kiinnityskoolaus + Tuuletusrako	-	-
8	Rappauslevy + Rappaus	12 + 8 mm	≥ 30 kg/m^2

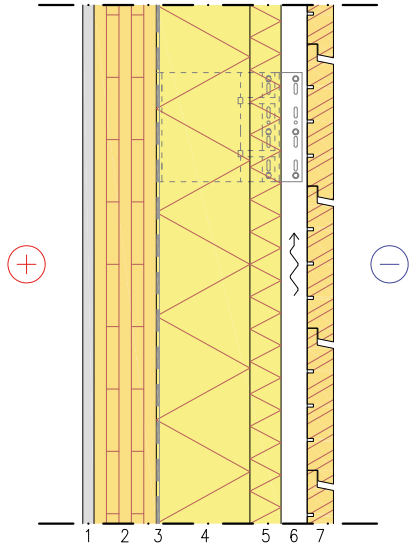
Muutosten vaikutusten arviointi

Nro	Rakennekerros	Muutos	Paino	$R_w + C_{tr}$
1	Kipsikartonkilevy [1)]	2x 18 mm	≥ 30 kg/m^2	54 dB
4	Rankarunko + Mineraalivilla	250 mm	-	51 dB

[1)] Päällekkäisten levyjen saumat limitetään. Levykerroksia ei saa liimata toisiinsa.

Rakennetyypissä on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro	Tunnus
	Päiväys / Tekijä	US101
Rakennuskohde	Sisältö	
	Massiivipuulevyrakenteinen ulkoseinä	



Laskennallinen tieliikennemelun ilmaääneneristysluku $R_w + C_{tr}$ = 39 dB

Nro	Rakennekerros	Paksuus	Paino
1	Kipsikartonkilevy	18 mm	≥ 15 kg/m^2
2	Massiivipuulevy (CLT, LVL jne.)	100 mm	≥ 50 kg/m^2
3	Ilman- ja höyrynsulku (tarvittaessa)	-	-
4	Jäykkä mineraalivilla	150 mm	-
5	Tuulensuojamineraalivilla	50 mm	-
6	Ulkoverhouksen kiinnitysjärjestelmä + Tuuletusrako	-	-
7	Ulkoverhouspaneeli	-	-

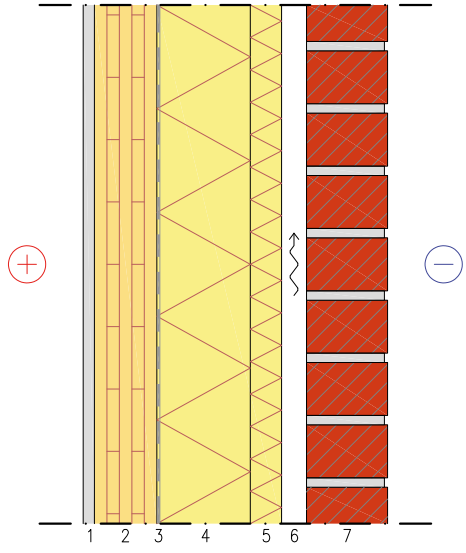
Muutosten vaikutusten arviointi

Nro	Rakennekerros	Muutos	Paino	$R_w + C_{tr}$
1	Kipsikartonkilevy	Levy pois	-	34 dB
1	Kipsikartonkilevy [1)]	2x 18 mm	≥ 30 kg/m^2	42 dB
2	Massiivipuulevy	140 mm	≥ 70 kg/m^2	40 dB

[1)] Päällekkäisten levyjen saumat limitetään. Levykerroksia ei saa liimata toisiinsa.

Rakennetyypissä on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro	Tunnus
	Päiväys / Tekijä	US102
Rakennuskohde	Sisältö	
	Massiivipuulevyrakenteinen ulkoseinä	



Laskennallinen tieliikennemelun ilmaääneneristysluku $R_w + C_{tr}$ = 56 dB

Nro	Rakennekerros	Paksuus	Paino
1	Kipsikartonkilevy	18 mm	≥ 15 kg/m^2
2	Massiivipuulevy (CLT, LVL jne.)	100 mm	≥ 50 kg/m^2
3	Ilman- ja höyrynsulku (tarvittaessa)	-	-
4	Jäykkä mineraalivilla	150 mm	-
5	Tuulensuojamineraalivilla	50 mm	-
6	Tuuletusrako	-	-
7	Julkisivutiili (reikätiili)	130 mm	≥ 156 kg/m^2

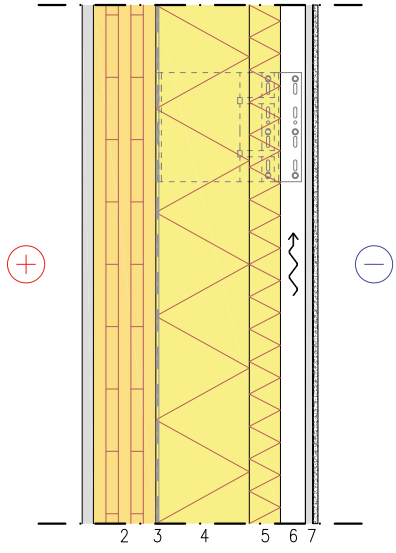
Muutosten vaikutusten arviointi

Nro	Rakennekerros	Muutos	Paino	$R_w + C_{tr}$
1	Kipsikartonkilevy	Levy pois	-	53 dB
1	Kipsikartonkilevy [1)]	2x 18 mm	≥ 30 kg/m^2	58 dB
2	Massiivipuulevy	140 mm	≥ 70 kg/m^2	56 dB

[1)] Päällekkäisten levyjen saumat limitetään. Levykerroksia ei saa liimata toisiinsa.

Rakennetyypissä on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro		Tunnus
	Päiväys	Tekijä	US103
Rakennuskohde	Sisältö		
	Massiivipuulevyrakenteinen ulkoseinä		



Laskennallinen tieliikennemelun ilmaääneneristysluku $R_w + C_{tr}$ = 49 dB

Nro	Rakennekerros	Paksuus	Paino
1	Kipsikartonkilevy	18 mm	≥ 15 kg/m^2
2	Massiivipuulevy (CLT, LVL jne.)	100 mm	≥ 50 kg/m^2
3	Ilman- ja höyrynsulku (tarvittaessa)	-	-
4	Jäykkä mineraalivilla	150 mm	-
5	Tuulensuojamineraalivilla	50 mm	-
6	Ulkoverhouksen kiinnitysjärjestelmä + Tuuletusrako	-	-
7	Rappauslevy + Rappaus	12 + 8 mm	≥ 30 kg/m^2

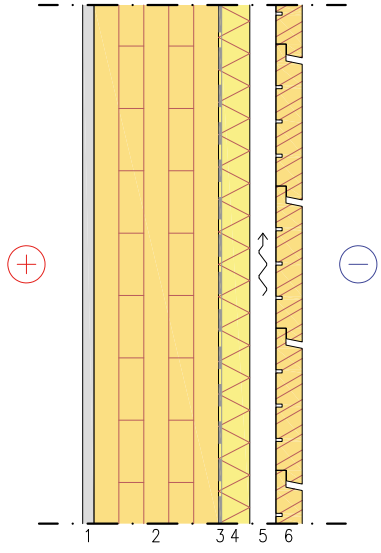
Muutosten vaikutusten arviointi

Nro	Rakennekerros	Muutos	Paino	$R_w + C_{tr}$
1	Kipsikartonkilevy	Levy pois	-	46 dB
1	Kipsikartonkilevy [1)]	2x 18 mm	≥ 30 kg/m^2	51 dB
2	Massiivipuulevy	140 mm	≥ 70 kg/m^2	50 dB

[1)] Päällekkäisten levyjen saumat limitetään. Levykerroksia ei saa liimata toisiinsa.

Rakennetyypissä on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro	Tunnus
	Päiväys / Tekijä	US104
Rakennuskohde	Sisältö	
	Massiivipuulevyrakenteinen ulkoseinä	



Laskennallinen tieliikennemelun ilmaääneneristysluku $R_w + C_{tr}$ = 41 dB

Nro	Rakennekerros	Paksuus	Paino
1	Kipsikartonkilevy	18 mm	≥ 15 kg/m^2
2	Massiivipuulevy (CLT, LVL jne.)	200 mm	≥ 100 kg/m^2
3	Ilmansulku (tarvittaessa)	-	-
4	Tuulensuojamineraalivilla	50 mm	-
5	Ulkoverhouksen kiinnityskoolaus + Tuuletusrako	-	-
6	Ulkoverhouspaneeli	-	-

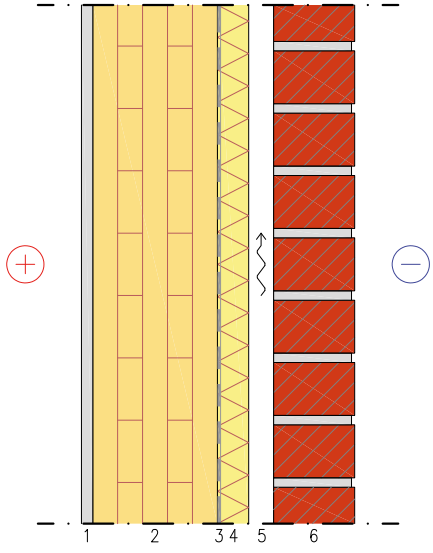
Muutosten vaikutusten arviointi

Nro	Rakennekerros	Muutos	Paino	$R_w + C_{tr}$
1	Kipsikartonkilevy	Levy pois	-	38 dB
1	Kipsikartonkilevy [1)]	2x 18 mm	≥ 30 kg/m^2	44 dB
2	Massiivipuulevy	260 mm	≥ 130 kg/m^2	43 dB

[1)] Päällekkäisten levyjen saumat limitetään. Levykerroksia ei saa liimata toisiinsa.

Rakennetyypissä on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro		Tunnus
	Päiväys	Tekijä	US105
Rakennuskohde	Sisältö		
	Massiivipuulevyrakenteinen ulkoseinä		



Laskennallinen tieliikennemelun ilmaääneneristysluku $R_w + C_{tr}$ = 46 dB

Nro	Rakennekerros	Paksuus	Paino
1	Kipsikartonkilevy	18 mm	≥ 15 kg/m^2
2	Massiivipuulevy (CLT, LVL jne.)	200 mm	≥ 100 kg/m^2
3	Ilmansulku (tarvittaessa)	-	-
4	Tuulensuojamineraalivilla	50 mm	-
5	Tuuletusrako	-	-
6	Julkisivutiili (reikätiili)	130 mm	≥ 156 kg/m^2

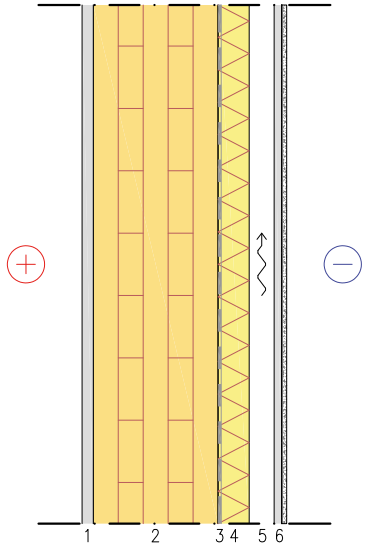
Muutosten vaikutusten arviointi

Nro	Rakennekerros	Muutos	Paino	$R_w + C_{tr}$
1	Kipsikartonkilevy	Levy pois	-	44 dB
1	Kipsikartonkilevy [1)]	2x 18 mm	≥ 30 kg/m^2	47 dB
2	Massiivipuulevy	260 mm	≥ 130 kg/m^2	47 dB

[1)] Päällekkäisten levyjen saumat limitetään. Levykerroksia ei saa liimata toisiinsa.

Rakennetyypissä on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro	Tunnus
	Päiväys / Tekijä	US106
Rakennuskohde	Sisältö	
	Massiivipuulevyrakenteinen ulkoseinä	



Laskennallinen tieliikennemelun ilmaääneneristysluku $R_w + C_{tr}$ = 50 dB

Nro	Rakennekerros	Paksuus	Paino
1	Kipsikartonkilevy	18 mm	≥ 15 kg/m^2
2	Massiivipuulevy (CLT, LVL jne.)	200 mm	≥ 100 kg/m^2
3	Ilmansulku (tarvittaessa)	-	-
4	Tuulensuojamineraalivilla	50 mm	-
5	Ulkoverhouksen kiinnityskoolaus + Tuuletusrako	-	-
6	Rappauslevy + Rappaus	12 + 8 mm	≥ 30 kg/m^2

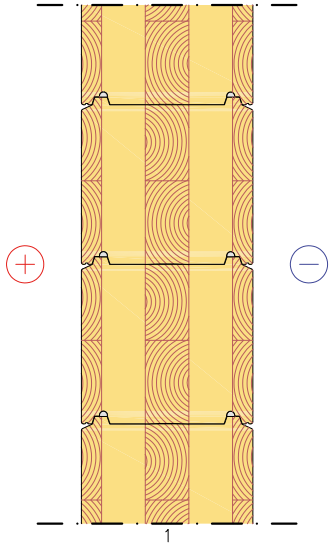
Muutosten vaikutusten arviointi

Nro	Rakennekerros	Muutos	Paino	$R_w + C_{tr}$
1	Kipsikartonkilevy	Levy pois	-	47 dB
1	Kipsikartonkilevy [1)]	2x 18 mm	≥ 30 kg/m^2	52 dB
2	Massiivipuulevy	260 mm	≥ 130 kg/m^2	51 dB

[1)] Päällekkäisten levyjen saumat limitetään. Levykerroksia ei saa liimata toisiinsa.

Rakennetyypissä on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro		Tunnus
	Päiväys	Tekijä	US201
Rakennuskohde	Sisältö		
	Hirsirakenteinen ulkoseinä		



Laskennallinen tieliikennemelun ilmaääneneristysluku $R_w + C_{tr}$ = 40 dB

Nro	Rakennekerros	Paksuus	Paino
1	Hirsi (lamelli tai painumaton)	275 mm	≥ 138 kg/m^2

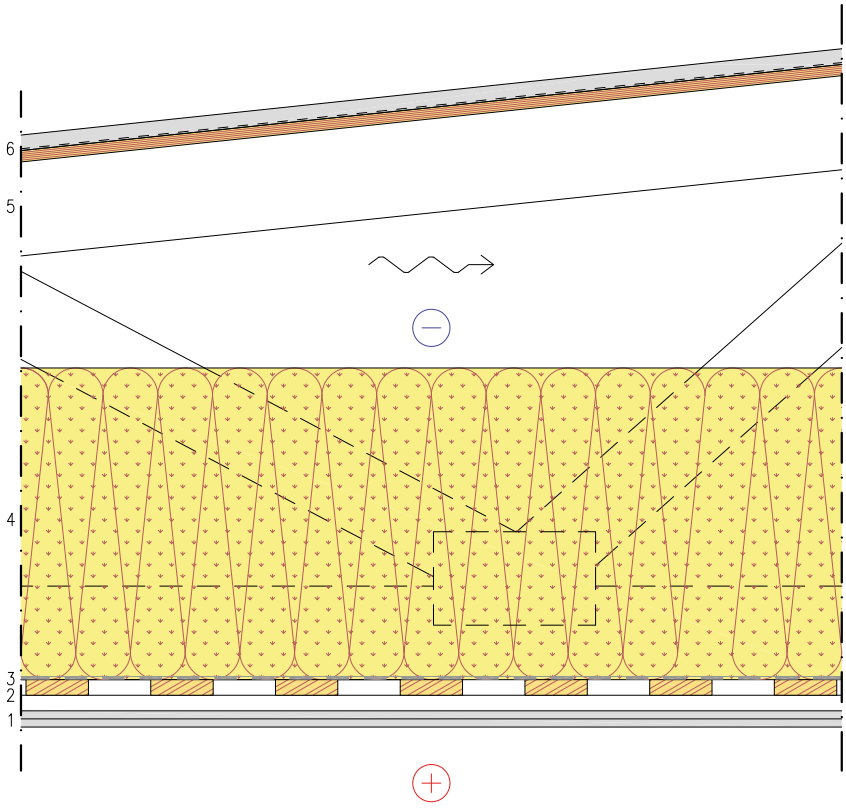
Muutosten vaikutusten arviointi

Nro	Rakennekerros	Muutos	Paino	$R_w + C_{tr}$
1	Hirsi	205 mm	≥ 103 kg/m^2	36 dB

Huomio!
Ilmaääneneristysluvussa ei ole huomioitu hirsien välisten saumojen mahdollisia rakoja (ks. ohjeen kohta 2.2).

Rakennetyypissä on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro	Tunnus
	Päiväys / Tekijä	YP001
Rakennuskohde	Sisältö	
	NR-ristikkorakenteinen yläpohja	



Laskennallinen lentoliikennemelun ilmaääneneristysluku $R_w + C = 50$ dB
Laskennallinen tieliikennemelun ilmaääneneristysluku $R_w + C_{tr} = 44$ dB

Nro	Rakennekerros	Paksuus	Paino
1	Kipsikartonkilevy [1)]	2x 13 mm	≥ 16 kg/m^2
2	Levytyksen kiinnityskoolaus	-	-
3	Ilman- ja höyrynsulku	-	-
4	Levy- tai puhallusvilla	500 mm	-
5	NR-ristikot	-	-
6	Peltikate + Alusrakenne (levy tai harvalaudoitus)	-	-

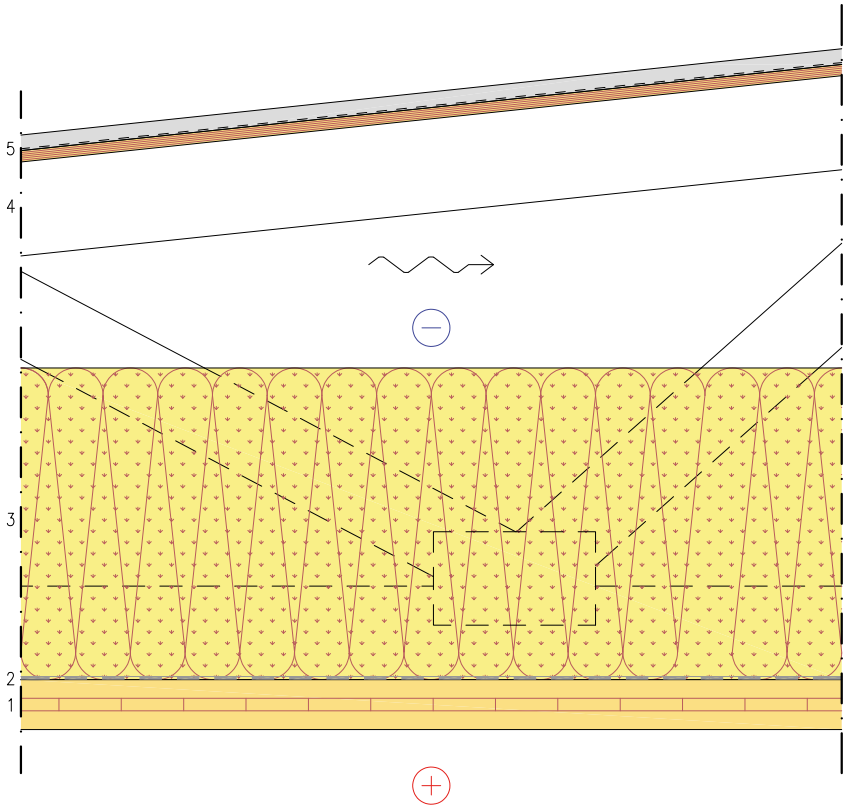
Muutosten vaikutusten arviointi

Nro	Rakennekerros	Muutos	Paino	$R_w + C$	$R_w + C_{tr}$
1	Kipsikartonkilevy	13 mm	≥ 8 kg/m^2	44 dB	38 dB
6	Tiilikate + Alusrakenne (koolaus)	-	≥ 36 kg/m^2	51 dB	49 dB

[1)] Päällekkäisten levyjen saumat limitetään. Levykerroksia ei saa liimata toisiinsa.

Rakennetyypissä on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro		Tunnus
	Päiväys	Tekijä	YP101
Rakennuskohde	Sisältö		
	NR-ristikkorakenteinen yläpohja		



Laskennallinen lentoliikennemelun ilmaääneneristysluku $R_w + C = 51$ dB
Laskennallinen tieliikennemelun ilmaääneneristysluku $R_w + C_{tr} = 47$ dB

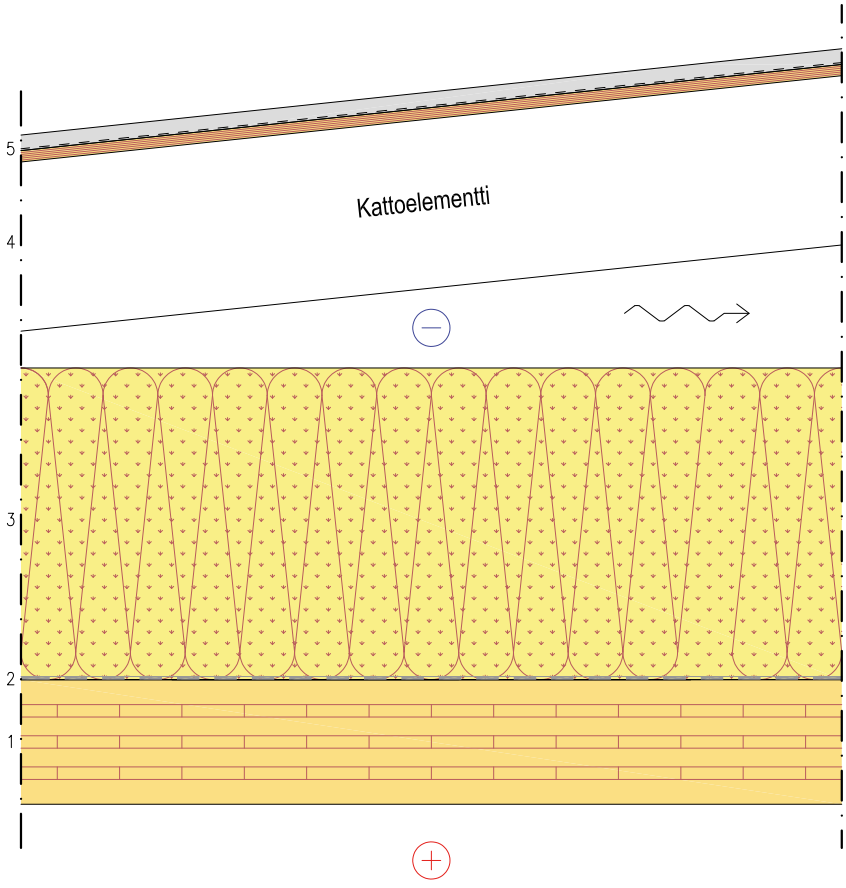
Nro	Rakennekerros	Paksuus	Paino
1	Massiivipuulevy	≥ 80 mm	≥ 40 kg/m^2
2	Ilman- ja höyrynsulku (tarvittaessa)	-	-
3	Levy- tai puhallusvilla	500 mm	-
4	NR-ristikot	-	-
5	Peltikate + Alusrakenne (levy tai harvalaudoitus)	-	-

Muutosten vaikutusten arviointi

Nro	Rakennekerros	Muutos	Paino	$R_w + C$	$R_w + C_{tr}$
1	Massiivipuulevy	140 mm	≥ 70 kg/m^2	52 dB	47 dB
5	Tiilikate + Alusrakenne (koolaus)	-	≥ 36 kg/m^2	48 dB	45 dB

Rakennetyypissä on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro	Tunnus
	Päiväys / Tekijä	YP102
Rakennuskohde	Sisältö	
	Kattoelementtirakenteinen yläpohja	



Laskennallinen lentoliikennemelun ilmaääneneristysluku $R_w + C = 54$ dB
Laskennallinen tieliikennemelun ilmaääneneristysluku $R_w + C_{tr} = 48$ dB

Nro	Rakennekerros	Paksuus	Paino
1	Massiivipuulevy	≥ 200 mm	≥ 100 kg/m^2
2	Ilman- ja höyrynsulku (tarvittaessa)	-	-
3	Levy- tai puhallusvilla	500 mm	-
4	Kattoelementit	-	-
5	Peltikate + Alusrakenne (levy tai harvalaudoitus)	-	-

Muutosten vaikutusten arviointi

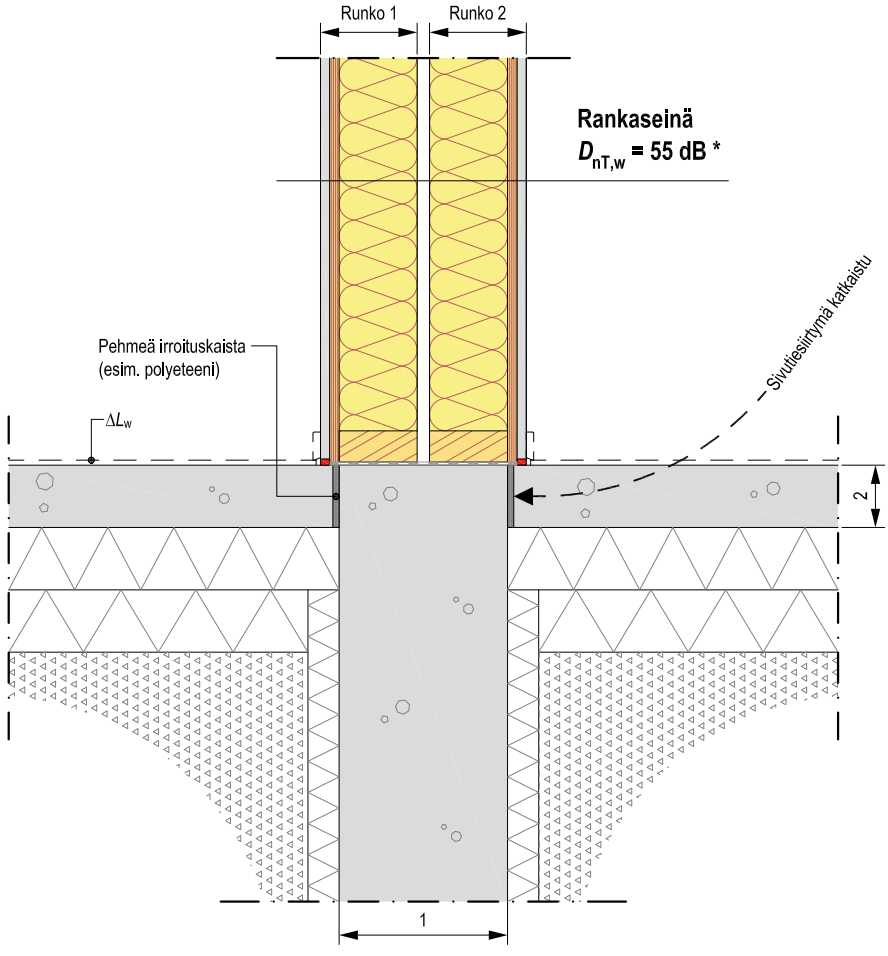
Nro	Rakennekerros	Muutos	Paino	$R_w + C$	$R_w + C_{tr}$
1	Massiivipuulevy	140 mm	≥ 70 kg/m^2	52 dB	47 dB
5	Tiilikate + Alusrakenne (koolaus)	-	≥ 36 kg/m^2	53 dB	49 dB

Rakennetyypissä on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

LIITE 2 Rakennedetaljit

Suunnittelija	Työn nro		Tunnus
	Päiväys	Tekijä	DA001
Rakennuskohde	Sisältö		
	Alapohjaliittymä		

* Äänitasoeroluvun luokitus (ks. Liite 1 Rakennetyypit)



= Elastinen tiivistysmassa palotekniset seikat huomioiden

Vaatimukset betonirakenteelle sivutiesiirtymän näkökulmasta

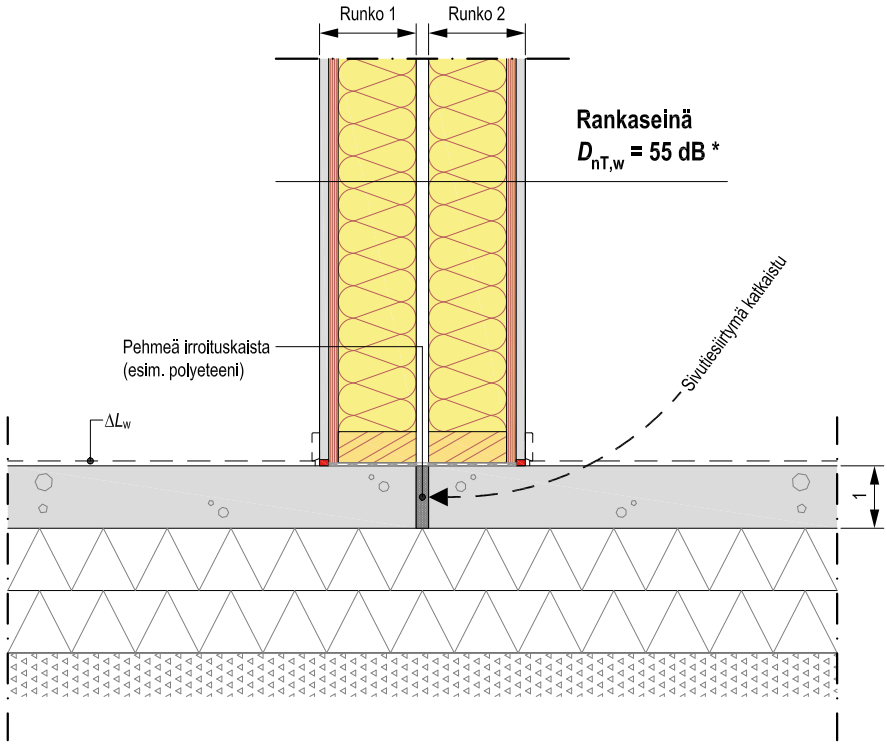
Nro	Rakenne	Toteutustapa	ΔL_w	Paksuus	Paino
1	Betonisokkeli	Paikalla valettu tai elementti	-	≥ 140 mm	≥ 350 kg/m^2
2	Betonilaatta	Paikalla valettu	Ei vaatimusta	Ei vaatimusta	Ei vaatimusta

Huomio!
Kovat lämmöneristeet (esim. EPS, XPS, PU) eivät sovellu rakenteellisten sivutiesiirtymien katkoksi.

Rakennedetaljissa on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro	Tunnus
	Päiväys / Tekijä	DA002
Rakennuskohde	Sisältö	
	Alapohjaliittymä	

* Äänitasoeroluvun luokitus (ks. Liite 1 Rakennetyypit)



Vaatimukset betonirakenteelle sivutiesiirtymän näkökulmasta

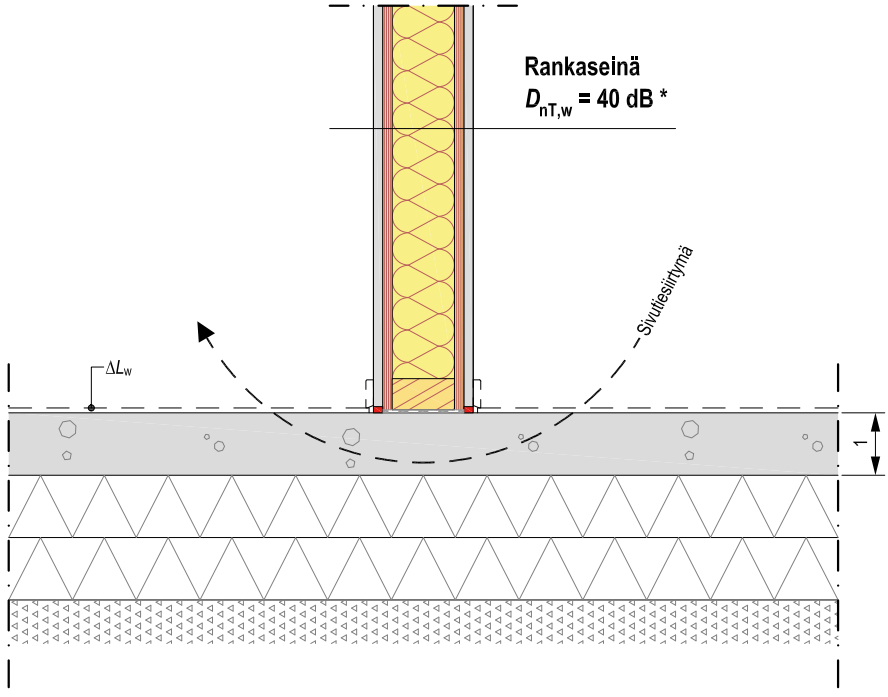
Nro	Rakenne	Toteutustapa	ΔL_w	Paksuus	Paino
1	Betonilaatta	Paikalla valettu	Ei vaatimusta	Ei vaatimusta	Ei vaatimusta

Huomio!
Kovat lämmöneristeet (esim. EPS, XPS, PU) eivät sovellu rakenteellisten sivutiesiirtymien katkoksi.

Rakennedetaljissa on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro		Tunnus
	Päiväys	Tekijä	DA003
Rakennuskohde	Sisältö		
	Alapohjaliittymä		

* Äänitasoeroluvun luokitus (ks. Liite 1 Rakennetyypit)



= Elastinen tiivistysmassa palotekniset seikat huomioiden

Vaatimukset betonirakenteelle sivutiesiirtymän näkökulmasta

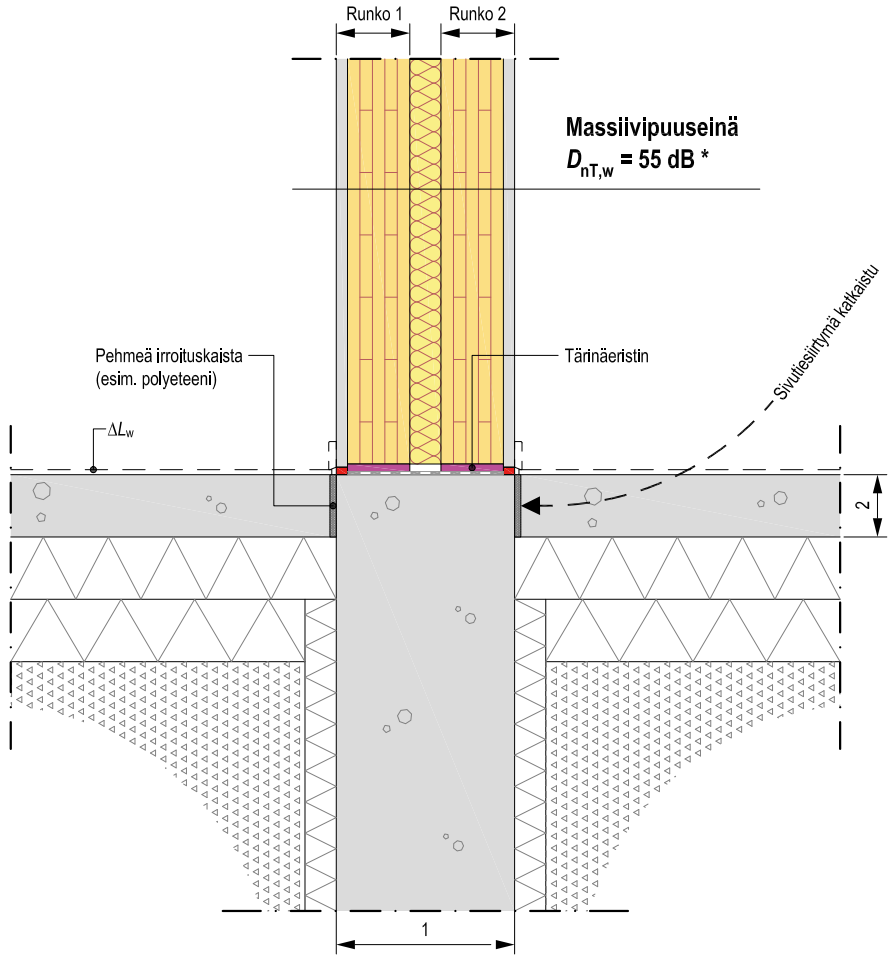
Nro	Rakenne	Toteutustapa	ΔL_w	Paksuus	Paino
1	Betonilaatta	Paikalla valettu	≥ 20 dB	≥ 80 mm	≥ 200 kg/m^2

Huomio!
Kovat lämmöneristeet (esim. EPS, XPS, PU) eivät sovellu rakenteellisten sivutiesiirtymien katkoksi.

Rakennedetaljissa on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro	Tunnus
	Päiväys / Tekijä	DA101
Rakennuskohde	Sisältö	
	Alapohjaliittymä	

* Äänitasoeroluvun luokitus (ks. Liite 1 Rakennetyypit)



= Elastinen tiivistysmassa palotekniset seikat huomioiden

Vaatimukset betonirakenteelle sivutiesiirtymän näkökulmasta

Nro	Rakenne	Toteutustapa	ΔL_w	Paksuus	Paino
1	Betonisokkeli	Paikalla valettu tai elementti	-	≥ 140 mm	≥ 350 kg/m^2
2	Betonilaatta	Paikalla valettu	Ei vaatimusta	Ei vaatimusta	Ei vaatimusta

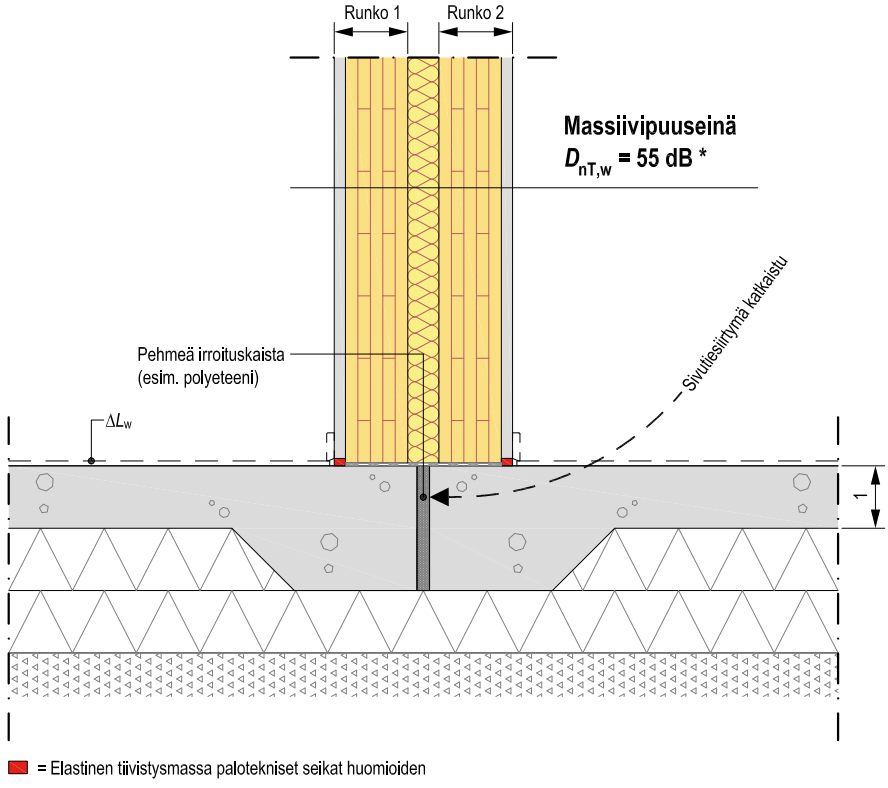
Huomio!
Kovat lämmöneristeet (esim. EPS, XPS, PU) eivät sovellu rakenteellisten sivutiesiirtymien katkoksi.

CLT-levyjen välisissä liitoksissa on useita toisistaan poikkeavia toteutustapoja, joilla on merkittävä vaikutus sivutiesiirtymien suuruuteen. Esimerkiksi ruuvien laatu, kulma, määrä ja sijainti sekä levyjen saumojen sijainnit vaikuttavat lopputulokseen. Täten CLT-levyjen välisille liitoksille ei ole mahdollista esittää yleispäteviä ääneneristysluokituksia, jotka toteutuisivat kaikilla eri liitostavoilla. Edellä esitetty CLT-levyjen liitos on esitettyyn luokitukseen suuntaa-antava ja lopullinen liitos tulee hyväksyttää akustiikkasuunnittelijalla.

Rakennedetaljissa on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro		Tunnus
	Päiväys	Tekijä	DA102
Rakennuskohde	Sisältö		
	Alapohjaliittymä		

* Äänitasoeroluvun luokitus (ks. Liite 1 Rakennetyypit)



Vaatimukset betonirakenteelle sivutiesiirtymän näkökulmasta

Nro	Rakenne	Toteutustapa	ΔL_w	Paksuus	Paino
1	Betonilaatta	Paikalla valettu	Ei vaatimusta	Ei vaatimusta	Ei vaatimusta

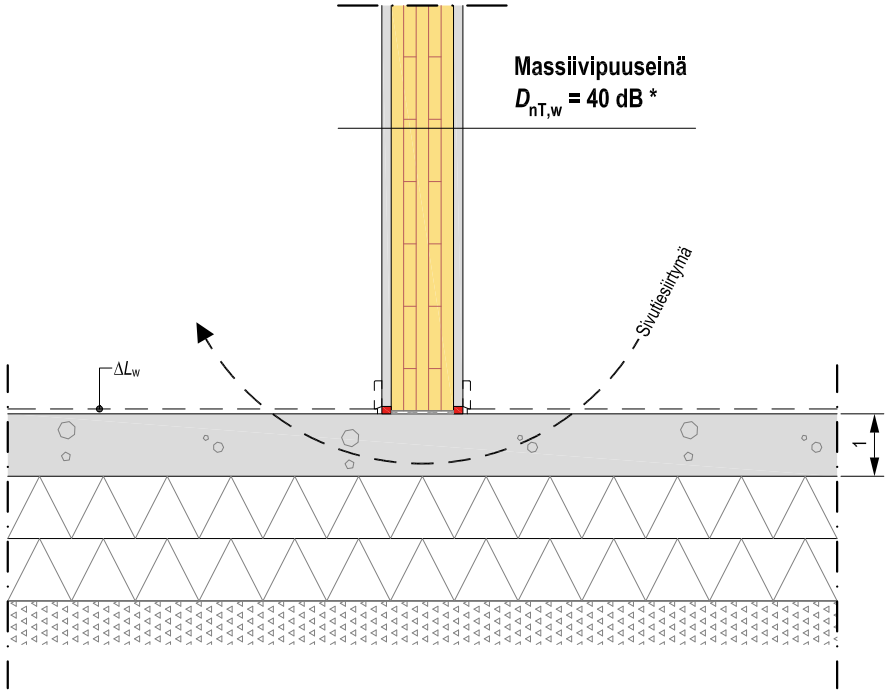
Huomio!
Kovat lämmöneristeet (esim. EPS, XPS, PU) eivät sovellu rakenteellisten sivutiesiirtymien katkoksi.

CLT-levyjen välisissä liitoksissa on useita toisistaan poikkeavia toteutustapoja, joilla on merkittävä vaikutus sivutiesiirtymien suuruuteen. Esimerkiksi ruuvien laatu, kulma, määrä ja sijainti sekä levyjen saumojen sijainnit vaikuttavat lopputulokseen. Täten CLT-levyjen välisille liitoksille ei ole mahdollista esittää yleispäteviä ääneneristysluokituksia, jotka toteutuisivat kaikilla eri liitostavoilla. Edellä esitetty CLT-levyjen liitos on esitettyyn luokitukseen suuntaa-antava ja lopullinen liitos tulee hyväksyttää akustiikkasuunnittelijalla.

Rakennedetaljissa on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro	Tunnus
	Päiväys / Tekijä	DA103
Rakennuskohde	Sisältö	
	Alapohjaliittymä	

* Äänitasoeroluvun luokitus (ks. Liite 1 Rakennetyypit)



= Elastinen tiivistysmassa palotekniset seikat huomioiden

Vaatimukset betonirakenteelle sivutiesiirtymän näkökulmasta

Nro	Rakenne	Toteutustapa	ΔL_w	Paksuus	Paino
1	Betonilaatta	Paikalla valettu	≥ 20 dB	≥ 80 mm	≥ 200 kg/m^2

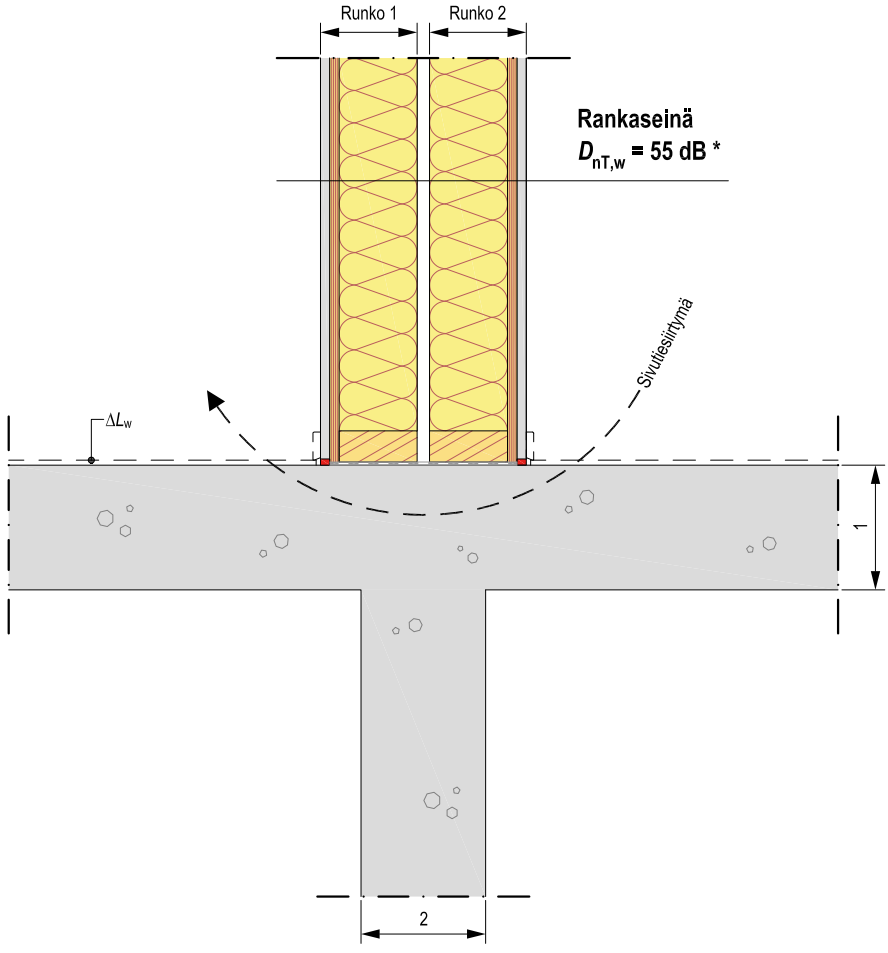
Huomio!
Kovat lämmöneristeet (esim. EPS, XPS, PU) eivät sovellu rakenteellisten sivutiesiirtymien katkoksi.

CLT-levyjen välisissä liitoksissa on useita toisistaan poikkeavia toteutustapoja, joilla on merkittävä vaikutus sivutiesiirtymien suuruuteen. Esimerkiksi ruuvien laatu, kulma, määrä ja sijainti sekä levyjen saumojen sijainnit vaikuttavat lopputulokseen. Täten CLT-levyjen välisille liitoksille ei ole mahdollista esittää yleispäteviä ääneneristysluokituksia, jotka toteutuisivat kaikilla eri liitostavoilla. Edellä esitetty CLT-levyjen liitos on esitettyyn luokitukseen suuntaa-antava ja lopullinen liitos tulee hyväksyttää akustiikkasuunnittelijalla.

Rakennedetaljissa on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro		Tunnus
	Päiväys	Tekijä	DV001
Rakennuskohde	Sisältö		
	Välipohjaliittymä		

* Äänitasoeroluvun luokitus (ks. Liite 1 Rakennetyypit)



= Elastinen tiivistysmassa palotekniset seikat huomioiden

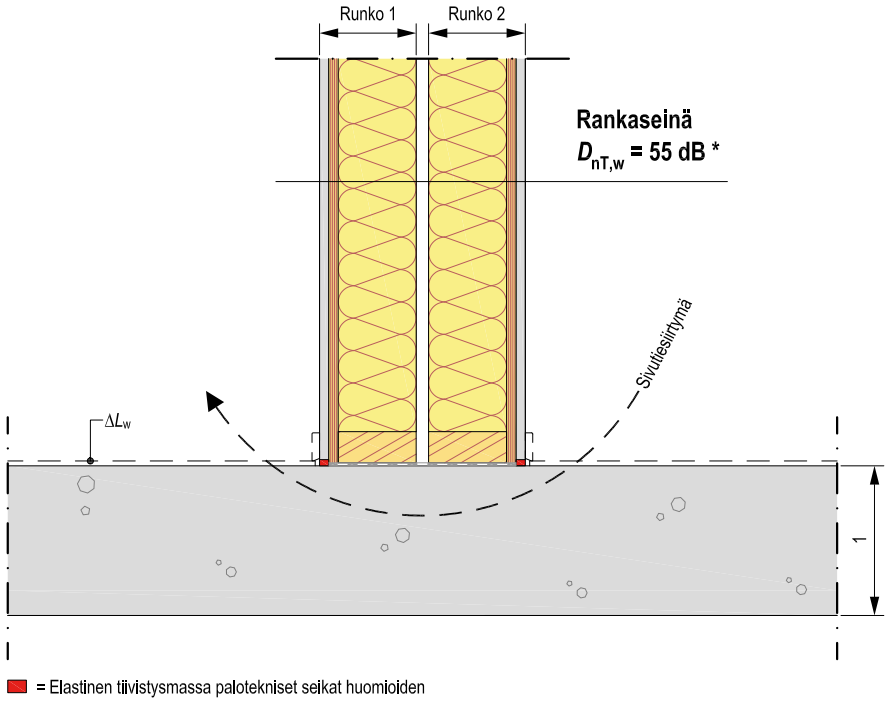
Vaatimukset betonirakenteelle sivutiesiirtymän näkökulmasta

Nro	Rakenne	Toteutustapa	ΔL_w	Paksuus	Paino
1	Betonilaatta	Paikalla valettu	≥ 18 dB	≥ 240 mm	≥ 600 kg/m^2
1	Betonilaatta	Ontelolaatta + Pintalaatta	≥ 18 dB	≥ 270 + 50 mm	≥ 500 kg/m^2
1	Betonilaatta	Ontelolaatta + Pintalaatta	≥ 18 dB	≥ 320 + 40 mm	≥ 500 kg/m^2
2	Betoniseinä	Elementti tai paikalla valettu	-	≥ 180 mm	≥ 450 kg/m^2

Rakennedetaljissa on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro	Tunnus
	Päiväys / Tekijä	DV002
Rakennuskohde	Sisältö	
	Välipohjaliittymä	

* Äänitasoeroluvun luokitus (ks. Liite 1 Rakennetyypit)



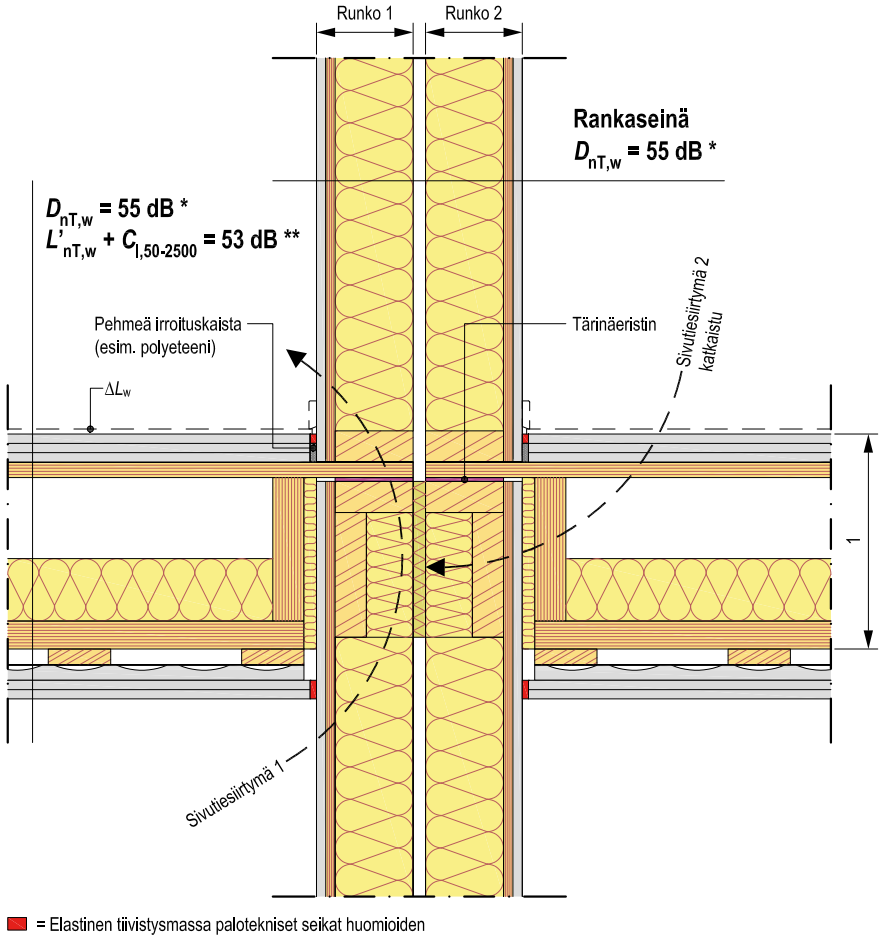
Vaatimukset betonirakenteelle sivutiesiirtymän näkökulmasta

Nro	Rakenne	Toteutustapa	ΔL_w	Paksuus	Paino
1	Betonilaatta	Paikalla valettu	≥ 18 dB	≥ 240 mm	≥ 600 kg/m^2
1	Betonilaatta	Paikalla valettu	≥ 16 dB	≥ 280 mm	≥ 700 kg/m^2
1	Betonilaatta	Ontelolaatta + Pintalaatta	≥ 18 dB	≥ 320 + 40 mm	≥ 500 kg/m^2
1	Betonilaatta	Ontelolaatta	≥ 18 dB	≥ 370 mm	≥ 510 kg/m^2

Rakennedetaljissa on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro		Tunnus
	Päiväys	Tekijä	DV003
Rakennuskohde	Sisältö		
	Välipohjaliittymä		

* Äänitasoeroluvun luokitus (ks. Liite 1 Rakennetyypit)
** Askeläänitasoluvun luokitus (ks. Liite 1 Rakennetyypit)



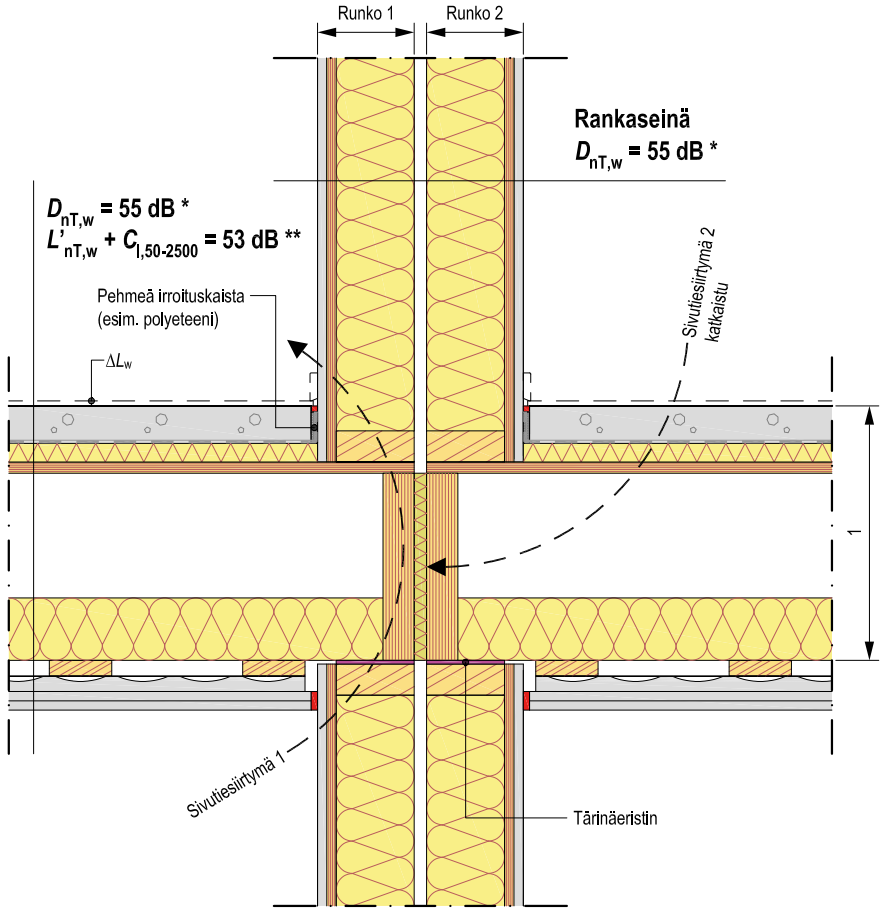
Vaatimukset sivutiesiirtymän 1 näkökulmasta

Nro	Rakenne	Lattian pintarakenne	ΔL_w	Paksuus	Paino
1	Ripalaatta	Kiinteä levylattia	≥ 18 dB	-	-
1	Ripalaatta	Kiinteä valulattia	≥ 18 dB	-	-

Rakennedetaljissa on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro	Tunnus
	Päiväys / Tekijä	DV004
Rakennuskohde	Sisältö	
	Välipohjaliittymä	

* Äänitasoeroluvun luokitus (ks. Liite 1 Rakennetyypit)
** Askeläänitasoluvun luokitus (ks. Liite 1 Rakennetyypit)



= Elastinen tiivistysmassa palotekniset seikat huomioiden

Vaatimukset sivutiesiirtymän 1 näkökulmasta

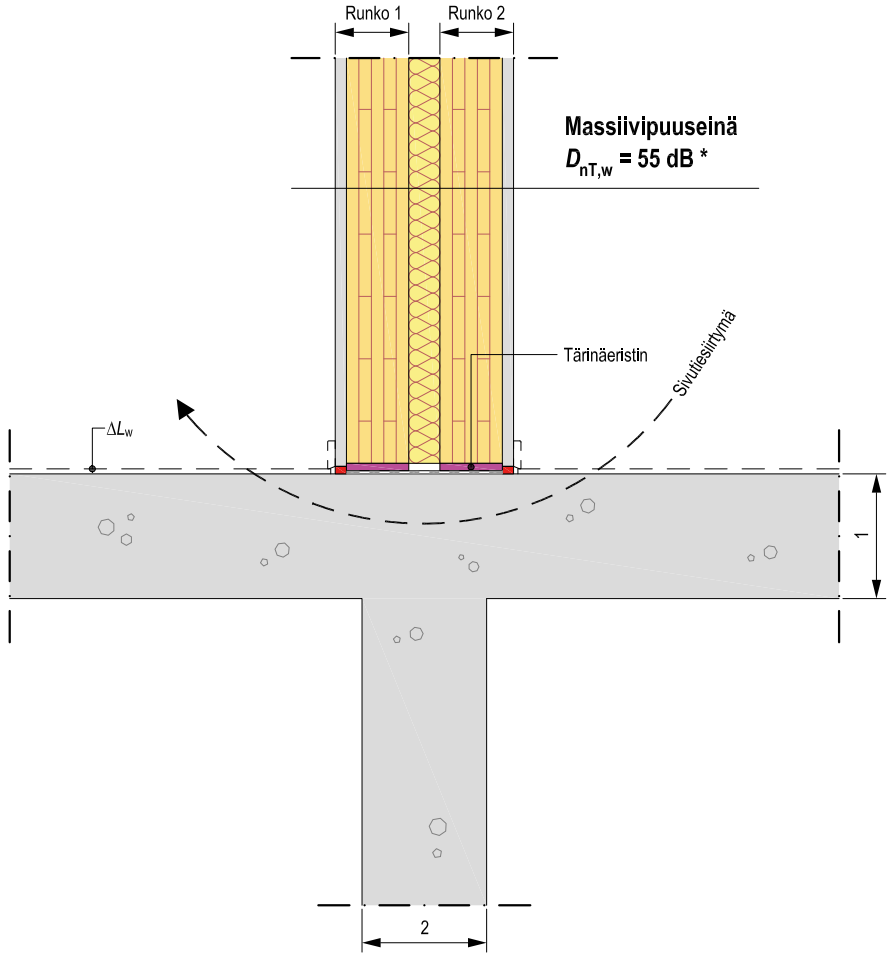
Nro	Rakenne	Lattian pintarakenne	ΔL_w	Paksuus	Paino
1	Palkisto [1)]	Kelluva levylattia	Ei vaatimusta	-	-
1	Palkisto [1)]	Kelluva valulattia	Ei vaatimusta	-	-

[1)] Massiivipuu-, levyuuma-, ristikkopalkki

Rakennedetaljissa on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro		Tunnus
	Päiväys	Tekijä	DV101
Rakennuskohde	Sisältö		
	Välipohjaliittymä		

* Äänitasoeroluvun luokitus (ks. Liite 1 Rakennetyypit)



= Elastinen tiivistysmassa palotekniset seikat huomioiden

Vaatimukset betonirakenteelle sivutiesiirtymän näkökulmasta

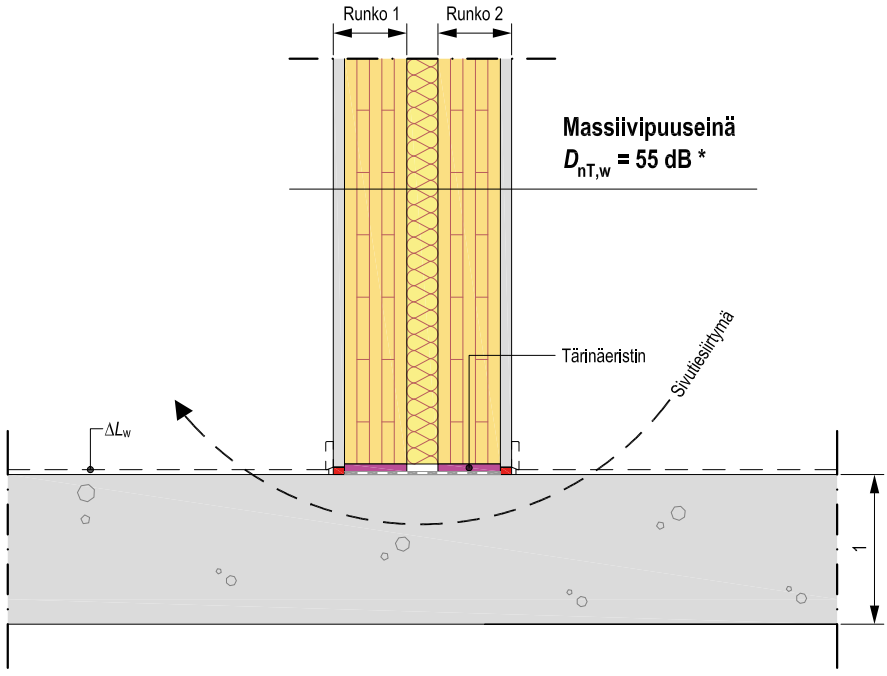
Nro	Rakenne	Toteutustapa	ΔL_w	Paksuus	Paino
1	Betonilaatta	Paikalla valettu	≥ 18 dB	≥ 240 mm	≥ 600 kg/m^2
1	Betonilaatta	Ontelolaatta + Pintalaatta	≥ 18 dB	≥ 270 + 50 mm	≥ 500 kg/m^2
1	Betonilaatta	Ontelolaatta + Pintalaatta	≥ 18 dB	≥ 320 + 40 mm	≥ 500 kg/m^2
2	Betoniseinä	Elementti tai paikalla valettu	-	≥ 180 mm	≥ 450 kg/m^2

Huomio!
CLT-levyjen välisissä liitoksissa on useita toisistaan poikkeavia toteutustapoja, joilla on merkittävä vaikutus sivutiesiirtymien suuruuteen. Esimerkiksi ruuvien laatu, kulma, määrä ja sijainti sekä levyjen saumojen sijainnit vaikuttavat lopputulokseen. Täten CLT-levyjen välisille liitoksille ei ole mahdollista esittää yleispäteviä ääneneristysluokituksia, jotka toteutuisivat kaikilla eri liitostavoilla. Edellä esitetty CLT-levyjen liitos on esitettyyn luokitukseen suuntaa-antava ja lopullinen liitos tulee hyväksyttää akustiikkasuunnittelijalla.

Rakennedetaljissa on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro	Tunnus
	Päiväys / Tekijä	DV102
Rakennuskohde	Sisältö	
	Välipohjaliittymä	

* Äänitasoeroluvun luokitus (ks. Liite 1 Rakennetyypit)



= Elastinen tiivistysmassa palotekniset seikat huomioiden

Vaatimukset betonirakenteelle sivutiesiirtymän näkökulmasta

Nro	Rakenne	Toteutustapa	ΔL_w	Paksuus	Paino
1	Betonilaatta	Paikalla valettu	≥ 18 dB	≥ 240 mm	≥ 600 kg/m^2
1	Betonilaatta	Paikalla valettu	≥ 16 dB	≥ 280 mm	≥ 700 kg/m^2
1	Betonilaatta	Ontelolaatta + Pintalaatta	≥ 18 dB	≥ 320 + 40 mm	≥ 500 kg/m^2
1	Betonilaatta	Ontelolaatta	≥ 18 dB	≥ 370 mm	≥ 510 kg/m^2

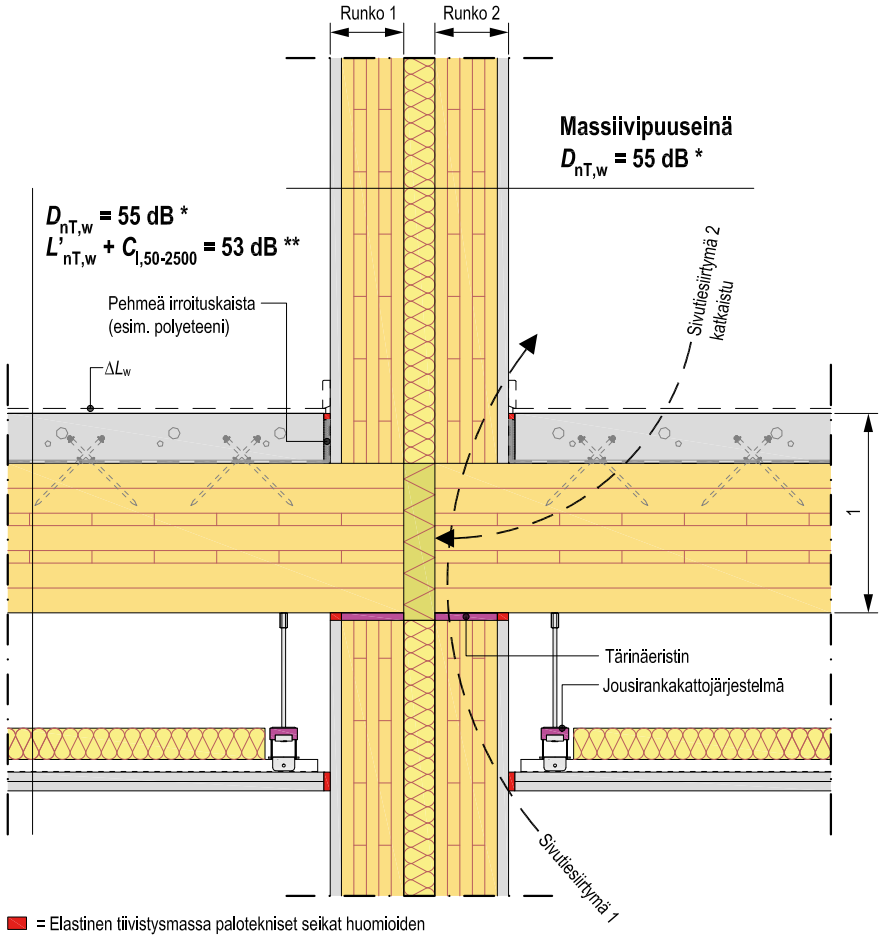
Huomio!

CLT-levyjen välisissä liitoksissa on useita toisistaan poikkeavia toteutustapoja, joilla on merkittävä vaikutus sivutiesiirtymien suuruuteen. Esimerkiksi ruuvien laatu, kulma, määrä ja sijainti sekä levyjen saumojen sijainnit vaikuttavat lopputulokseen. Täten CLT-levyjen välisille liitoksille ei ole mahdollista esittää yleispäteviä ääneneristysluokituksia, jotka toteutuisivat kaikilla eri liitostavoilla. Edellä esitetty CLT-levyjen liitos on esitettyyn luokitukseen suuntaa-antava ja lopullinen liitos tulee hyväksyttää akustiikkasuunnittelijalla.

Rakennedetaljissa on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro		Tunnus
	Päiväys	Tekijä	DV103
Rakennuskohde	Sisältö		
	Välipohjaliittymä		

* Äänitasoeroluvun luokitus (ks. Liite 1 Rakennetyypit)
** Askeläänitasoluvun luokitus (ks. Liite 1 Rakennetyypit)



Vaatimukset sivutiesiirtymän 1 näkökulmasta

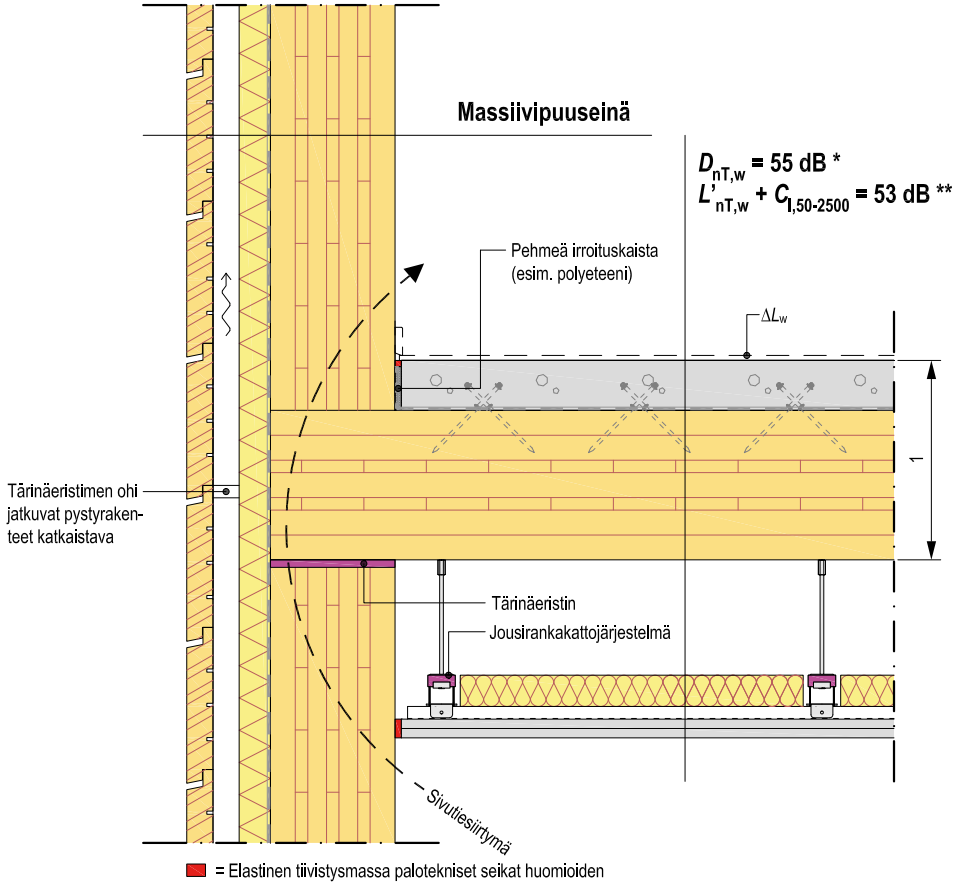
Nro	Rakenne	Lattian pintarakenne	ΔL_w	Paksuus	Paino
1	Liittolaatta	Kiinteä valulattia	≥ 18 dB	-	-

Huomio!
CLT-levyjen välisissä liitoksissa on useita toisistaan poikkeavia toteutustapoja, joilla on merkittävä vaikutus sivutiesiirtymien suuruuteen. Esimerkiksi ruuvien laatu, kulma, määrä ja sijainti sekä levyjen saumojen sijainnit vaikuttavat lopputulokseen. Täten CLT-levyjen välisille liitoksille ei ole mahdollista esittää yleispäteviä ääneneristysluokituksia, jotka toteutuisivat kaikilla eri liitostavoilla. Edellä esitetty CLT-levyjen liitos on esitettyyn luokitukseen suuntaa-antava ja lopullinen liitos tulee hyväksyttää akustiikkasuunnittelijalla.

Rakennedetaljissa on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro	Tunnus
	Päiväys / Tekijä	DV104
Rakennuskohde	Sisältö	
	Välipohjaliittymä	

* Äänitasoeroluvun luokitus (ks. Liite 1 Rakennetyypit)
** Askeläänitasoluvun luokitus (ks. Liite 1 Rakennetyypit)



Vaatimukset sivutiesiirtymän näkökulmasta

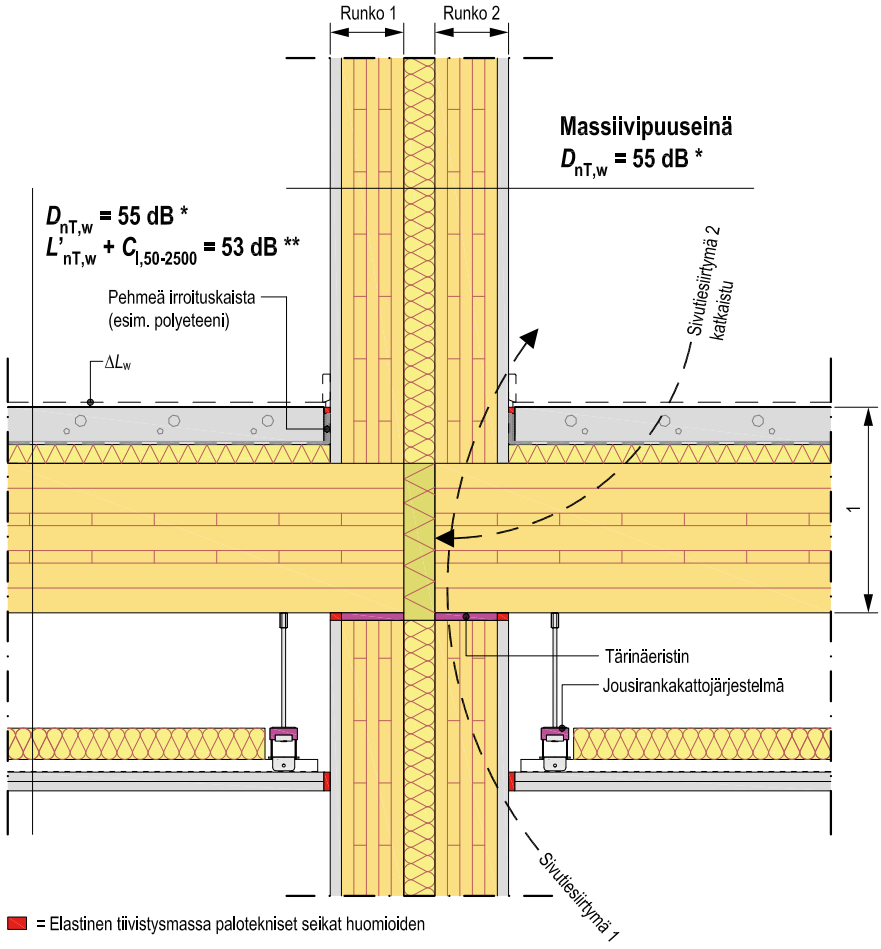
Nro	Rakenne	Lattian pintarakenne	ΔL_w	Paksuus	Paino
1	Liittolaatta	Kiinteä valulattia	≥ 18 dB	-	-

Huomio!
CLT-levyjen välisissä liitoksissa on useita toisistaan poikkeavia toteutustapoja, joilla on merkittävä vaikutus sivutiesiirtymien suuruuteen. Esimerkiksi ruuvien laatu, kulma, määrä ja sijainti sekä levyjen saumojen sijainnit vaikuttavat lopputulokseen. Täten CLT-levyjen välisille liitoksille ei ole mahdollista esittää yleispäteviä ääneneristysluokituksia, jotka toteutuisivat kaikilla eri liitostavoilla. Edellä esitetty CLT-levyjen liitos on esitettyyn luokitukseen suuntaa-antava ja lopullinen liitos tulee hyväksyttää akustiikkasuunnittelijalla.

Rakennedetaljissa on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro		Tunnus
	Päiväys	Tekijä	DV105
Rakennuskohde	Sisältö		
	Välipohjaliittymä		

* Äänitasoeroluvun luokitus (ks. Liite 1 Rakennetyypit)
** Askeläänitasoluvun luokitus (ks. Liite 1 Rakennetyypit)



Vaatimukset sivutiesiirtymän 1 näkökulmasta

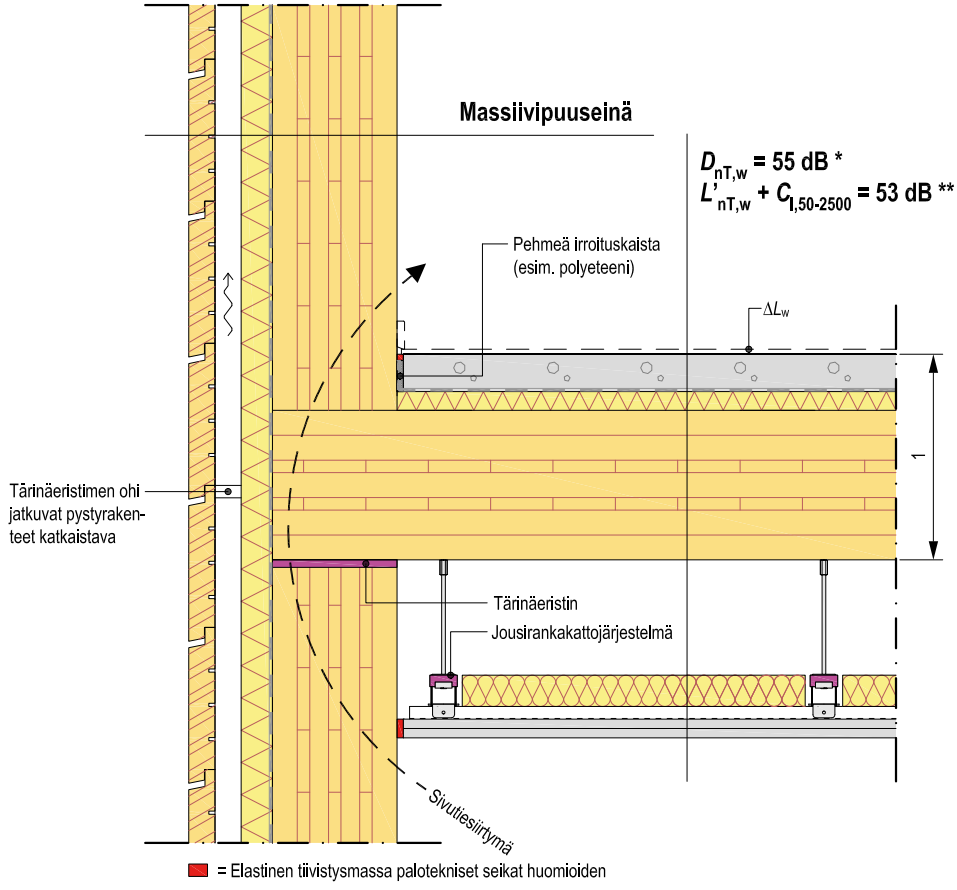
Nro	Rakenne	Lattian pintarakenne	ΔL_w	Paksuus	Paino
1	Massiivipuulaatta	Kelluva valulattia	Ei vaatimusta	-	-

Huomio!
CLT-levyjen välisissä liitoksissa on useita toisistaan poikkeavia toteutustapoja, joilla on merkittävä vaikutus sivutiesiirtymien suuruuteen. Esimerkiksi ruuvien laatu, kulma, määrä ja sijainti sekä levyjen saumojen sijainnit vaikuttavat lopputulokseen. Täten CLT-levyjen välisille liitoksille ei ole mahdollista esittää yleispäteviä ääneneristysluokituksia, jotka toteutuisivat kaikilla eri liitostavoilla. Edellä esitetty CLT-levyjen liitos on esitettyyn luokitukseen suuntaa-antava ja lopullinen liitos tulee hyväksyttää akustiikkasuunnittelijalla.

Rakennedetaljissa on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro	Tunnus
	Päiväys / Tekijä	DV106
Rakennuskohde	Sisältö	
	Välipohjaliittymä	

* Äänitasoeroluvun luokitus (ks. Liite 1 Rakennetyypit)
** Askeläänitasoluvun luokitus (ks. Liite 1 Rakennetyypit)



Vaatimukset sivutiesiirtymän näkökulmasta

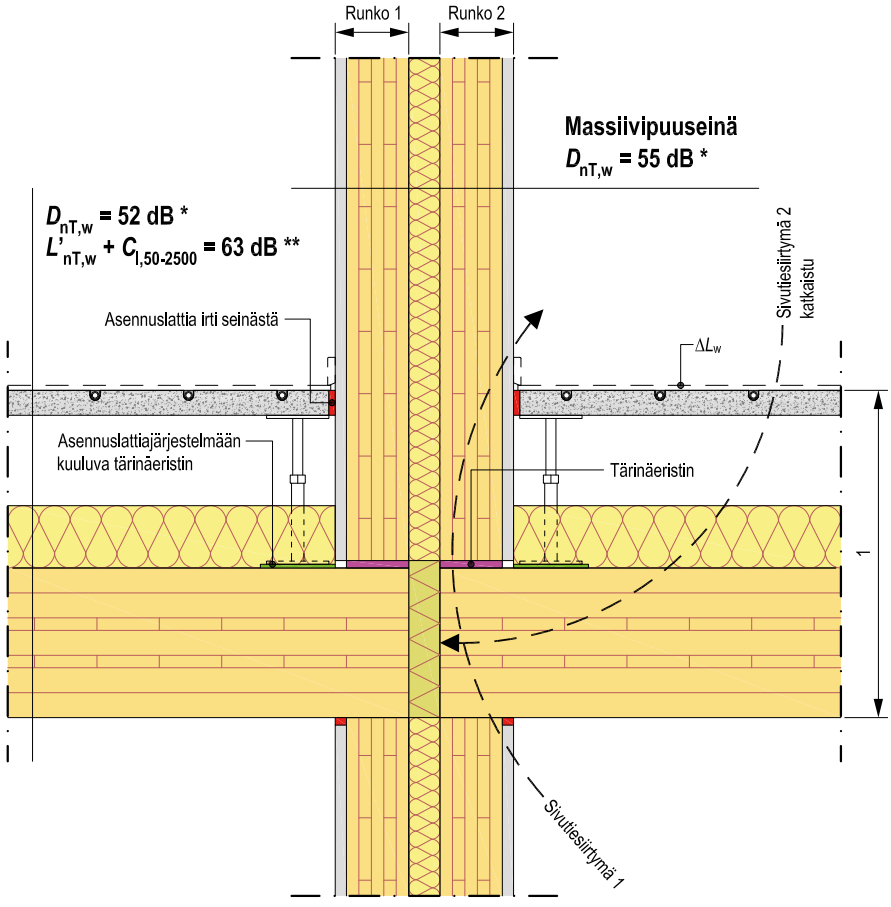
Nro	Rakenne	Lattian pintarakenne	ΔL_w	Paksuus	Paino
1	Massiivipuulaatta	Kelluva valulattia	Ei vaatimusta	-	-

Huomio!
CLT-levyjen välisissä liitoksissa on useita toisistaan poikkeavia toteutustapoja, joilla on merkittävä vaikutus sivutiesiirtymien suuruuteen. Esimerkiksi ruuvien laatu, kulma, määrä ja sijainti sekä levyjen saumojen sijainnit vaikuttavat lopputulokseen. Täten CLT-levyjen välisille liitoksille ei ole mahdollista esittää yleispäteviä ääneneristysluokituksia, jotka toteutuisivat kaikilla eri liitostavoilla. Edellä esitetty CLT-levyjen liitos on esitettyyn luokitukseen suuntaa-antava ja lopullinen liitos tulee hyväksyttää akustiikkasuunnittelijalla.

Rakennedetaljissa on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro		Tunnus
	Päiväys	Tekijä	DV107
Rakennuskohde	Sisältö		
	Välipohjaliittymä		

* Äänitasoeroluvun luokitus (ks. Liite 1 Rakennetyypit)
** Askeläänitasoluvun luokitus (ks. Liite 1 Rakennetyypit)



Vaatimukset sivutiesiirtymän 1 näkökulmasta

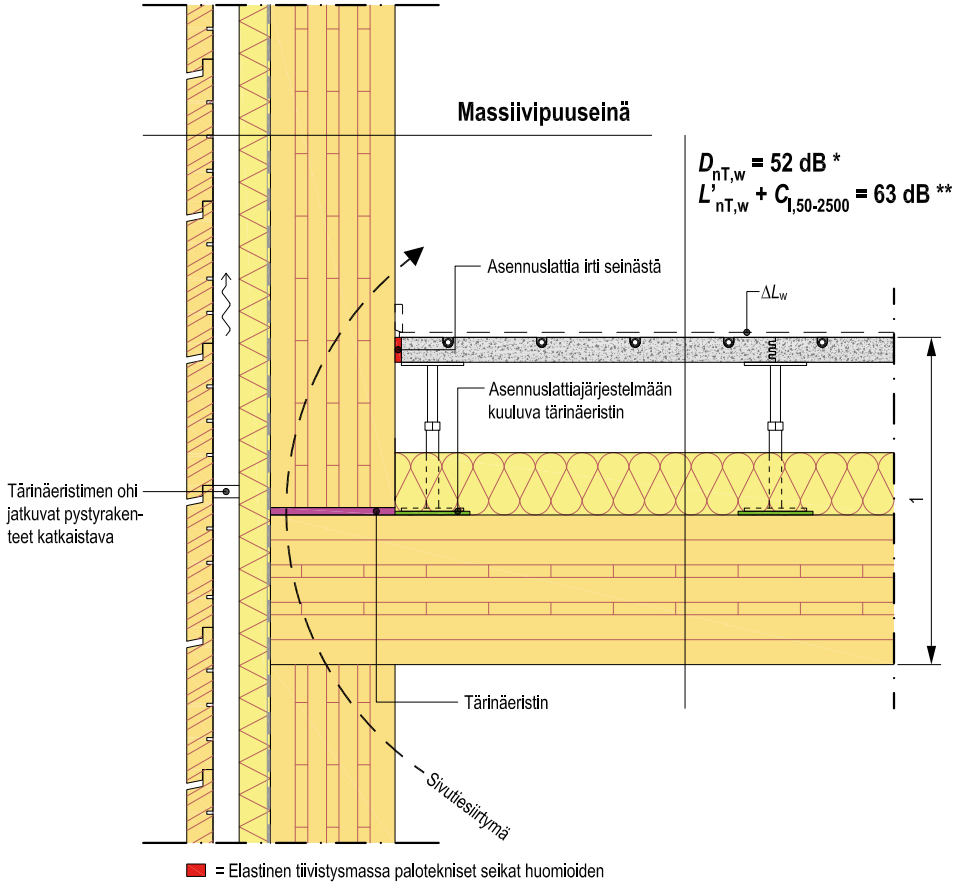
Nro	Rakenne	Lattian pintarakenne	ΔL_w	Paksuus	Paino
1	Massiivipuulaatta	Asennuslattiajärjestelmä	≥ 18 dB	-	-

Huomio!
CLT-levyjen välisissä liitoksissa on useita toisistaan poikkeavia toteutustapoja, joilla on merkittävä vaikutus sivutiesiirtymien suuruuteen. Esimerkiksi ruuvien laatu, kulma, määrä ja sijainti sekä levyjen saumojen sijainnit vaikuttavat lopputulokseen. Täten CLT-levyjen välisille liitoksille ei ole mahdollista esittää yleispäteviä ääneneristysluokituksia, jotka toteutuisivat kaikilla eri liitostavoilla. Edellä esitetty CLT-levyjen liitos on esitettyyn luokitukseen suuntaa-antava ja lopullinen liitos tulee hyväksyttää akustiikkasuunnittelijalla.

Rakennedetaljissa on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro	Tunnus
	Päiväys / Tekijä	DV108
Rakennuskohde	Sisältö	
	Välipohjaliittymä	

* Äänitasoeroluvun luokitus (ks. Liite 1 Rakennetyypit)
** Askeläänitasoluvun luokitus (ks. Liite 1 Rakennetyypit)



Vaatimukset sivutiesiirtymän näkökulmasta

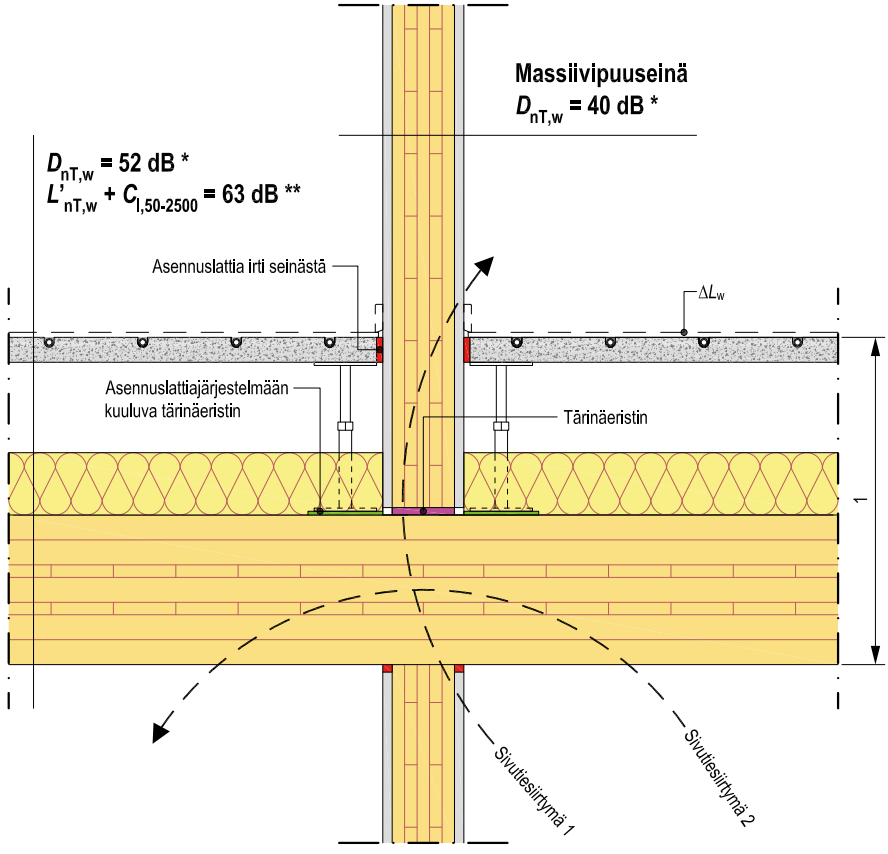
Nro	Rakenne	Lattian pintarakenne	ΔL_w	Paksuus	Paino
1	Massiivipuulaatta	Asennuslattiajärjestelmä	≥ 18 dB	-	-

Huomio!
CLT-levyjen välisissä liitoksissa on useita toisistaan poikkeavia toteutustapoja, joilla on merkittävä vaikutus sivutiesiirtymien suuruuteen. Esimerkiksi ruuvien laatu, kulma, määrä ja sijainti sekä levyjen saumojen sijainnit vaikuttavat lopputulokseen. Täten CLT-levyjen välisille liitoksille ei ole mahdollista esittää yleispäteviä ääneneristysluokituksia, jotka toteutuisivat kaikilla eri liitostavoilla. Edellä esitetty CLT-levyjen liitos on esitettyyn luokitukseen suuntaa-antava ja lopullinen liitos tulee hyväksyttää akustiikkasuunnittelijalla.

Rakennedetaljissa on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro		Tunnus
	Päiväys	Tekijä	DV109
Rakennuskohde	Sisältö		
	Välipohjaliittymä		

* Äänitasoeroluvun luokitus (ks. Liite 1 Rakennetyypit)
** Askeläänitasoluvun luokitus (ks. Liite 1 Rakennetyypit)



= Elastinen tiivistysmassa palotekniset seikat huomioiden

Vaatimukset sivutiesiirtymän 1 näkökulmasta

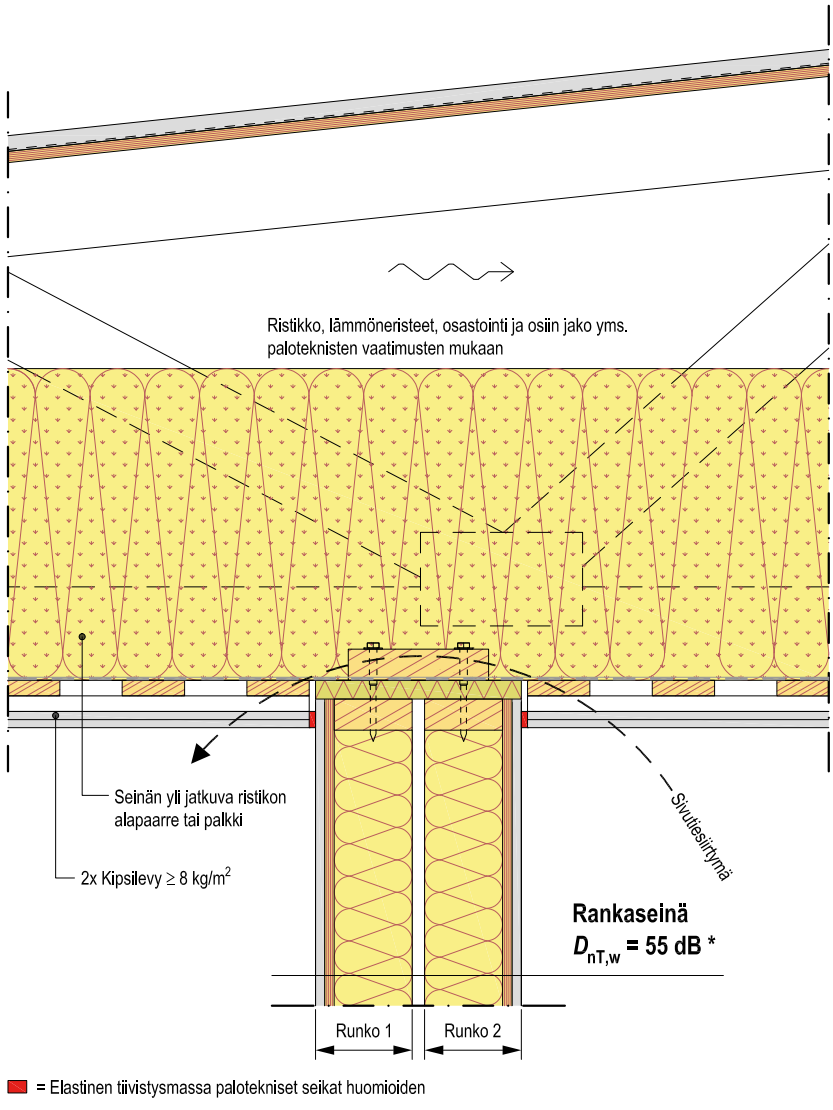
Nro	Rakenne	Lattian pintarakenne	ΔL_w	Paksuus	Paino
1	Massiivipuulaatta	Asennuslattiajärjestelmä	≥ 18 dB	-	-

Huomio!
CLT-levyjen välisissä liitoksissa on useita toisistaan poikkeavia toteutustapoja, joilla on merkittävä vaikutus sivutiesiirtymien suuruuteen. Esimerkiksi ruuvien laatu, kulma, määrä ja sijainti sekä levyjen saumojen sijainnit vaikuttavat lopputulokseen. Täten CLT-levyjen välisille liitoksille ei ole mahdollista esittää yleispäteviä ääneneristysluokituksia, jotka toteutuisivat kaikilla eri liitostavoilla. Edellä esitetty CLT-levyjen liitos on esitettyyn luokitukseen suuntaa-antava ja lopullinen liitos tulee hyväksyttää akustiikkasuunnittelijalla.

Rakennedetaljissa on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro	Tunnus
	Päiväys / Tekijä	DY001
Rakennuskohde	Sisältö	
	Yläpohjaliittymä	

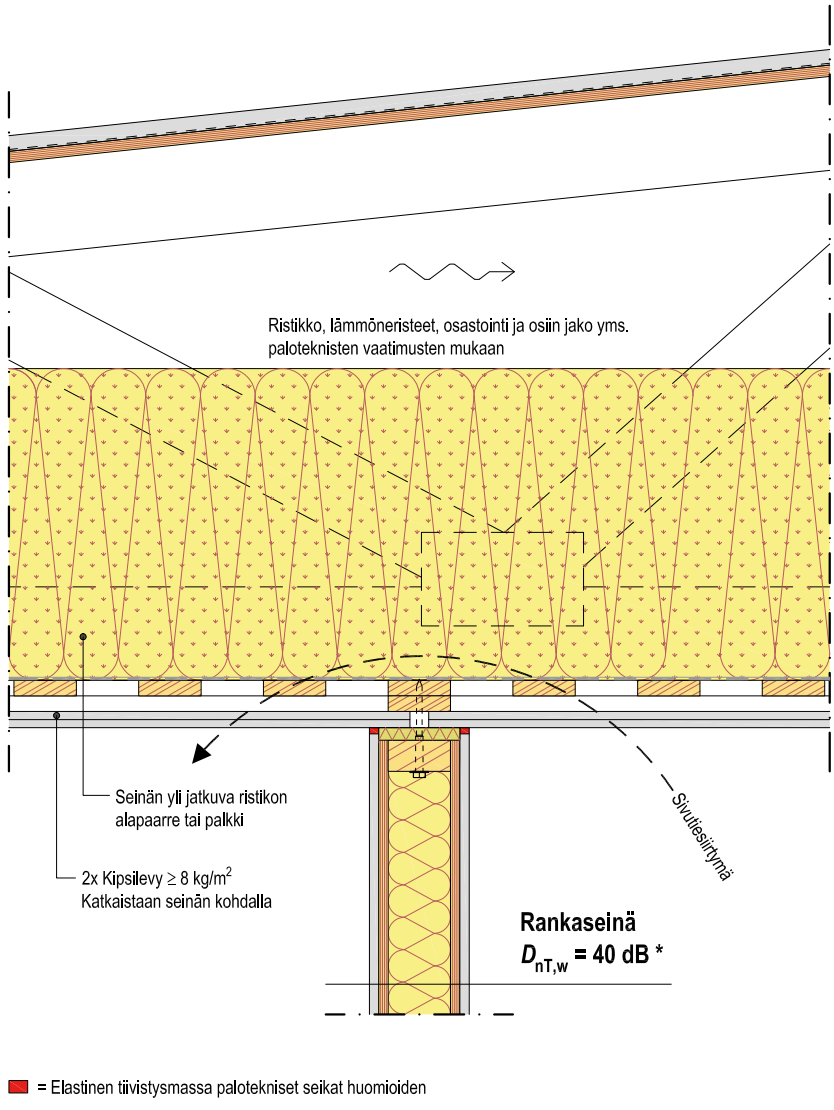
* Äänitasoeroluvun luokitus (ks. Liite 1 Rakennetyypit)



Rakennedetaljissa on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro		Tunnus
	Päiväys	Tekijä	DY002
Rakennuskohde	Sisältö		
	Yläpohjaliittymä		

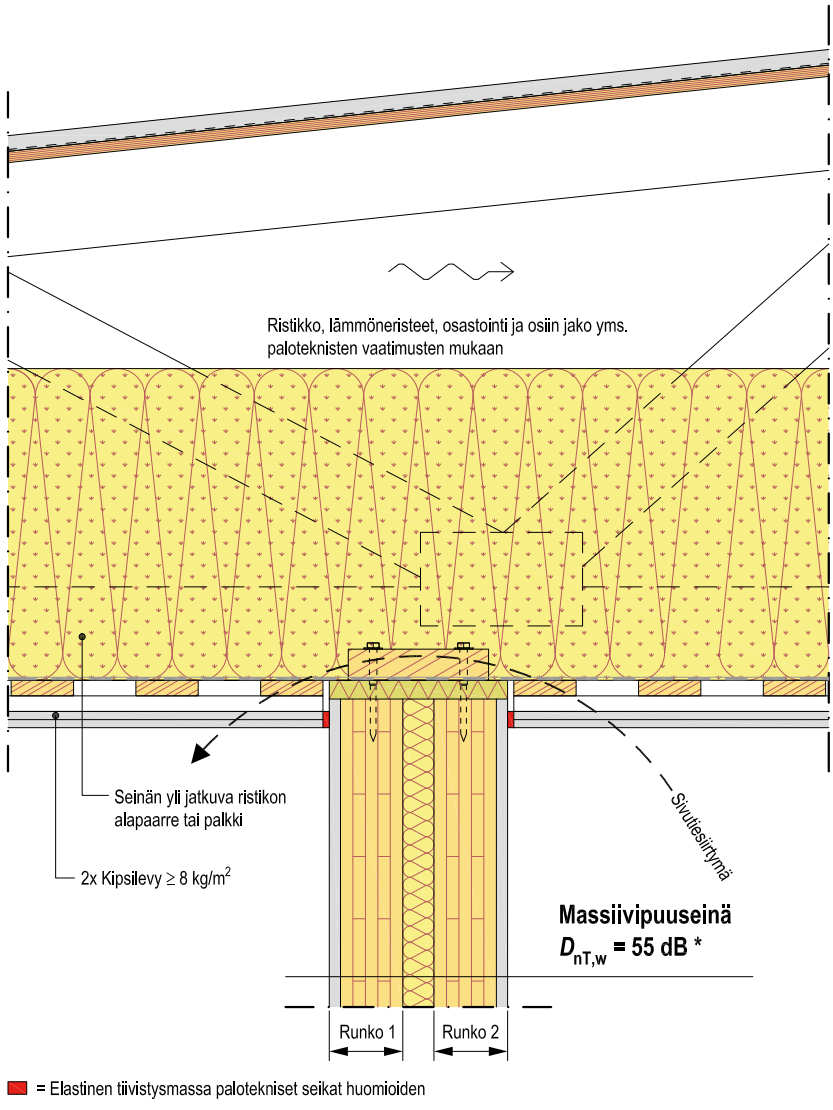
* Äänitasoeroluvun luokitus (ks. Liite 1 Rakennetyypit)



Rakennedetaljissa on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro	Tunnus
	Päiväys / Tekijä	DY101
Rakennuskohde	Sisältö	
	Yläpohjaliittymä	

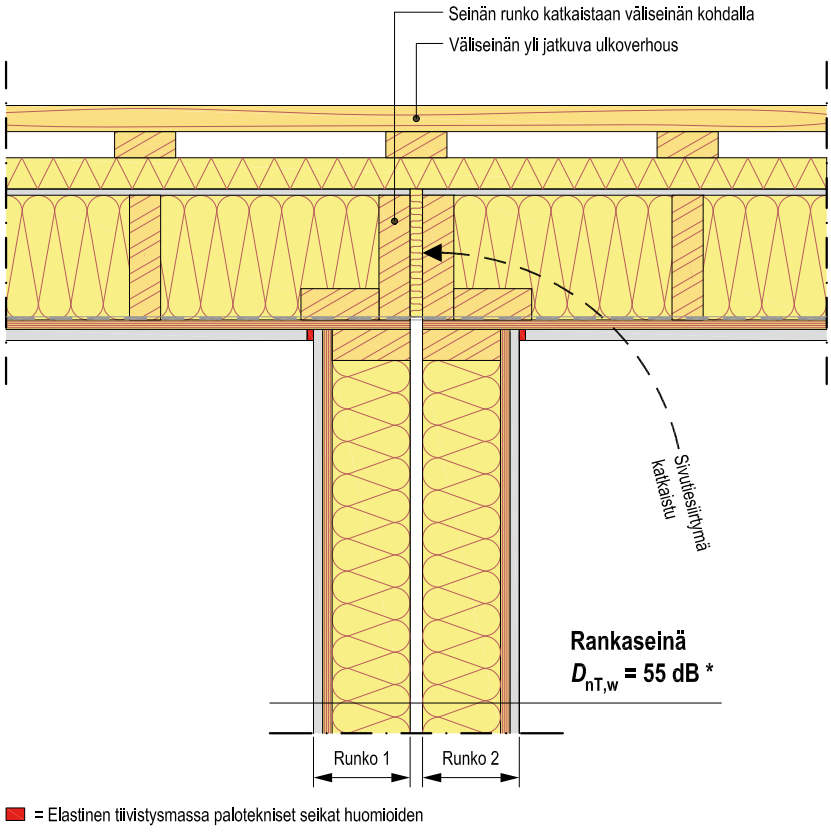
* Äänitasoeroluvun luokitus (ks. Liite 1 Rakennetyypit)



Rakennedetaljissa on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakenteekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro	Tunnus
	Päiväys / Tekijä	DS001
Rakennuskohde	Sisältö	
	Seinien liittymä	

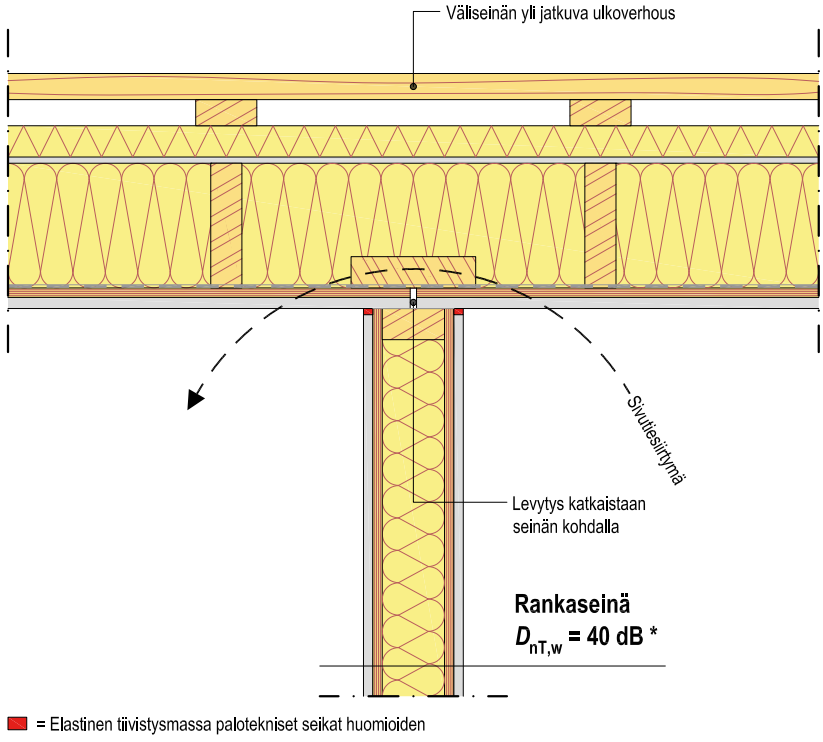
* Äänitasoeroluvun luokitus (ks. Liite 1 Rakennetyypit)



Rakennedetaljissa on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro	Tunnus
	Päiväys / Tekijä	DS002
Rakennuskohde	Sisältö	
	Seinien liittymä	

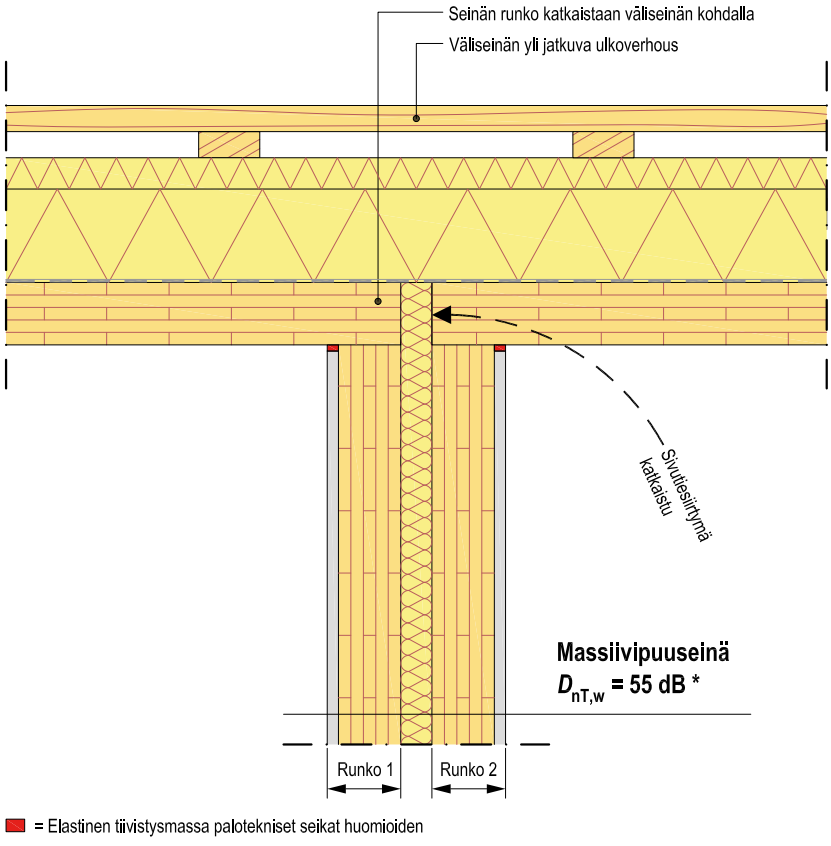
* Äänitasoeroluvun luokitus (ks. Liite 1 Rakennetyypit)



Rakennedetaljissa on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro		Tunnus
	Päiväys	Tekijä	DS101
Rakennuskohde	Sisältö		
	Seinien liittymä		

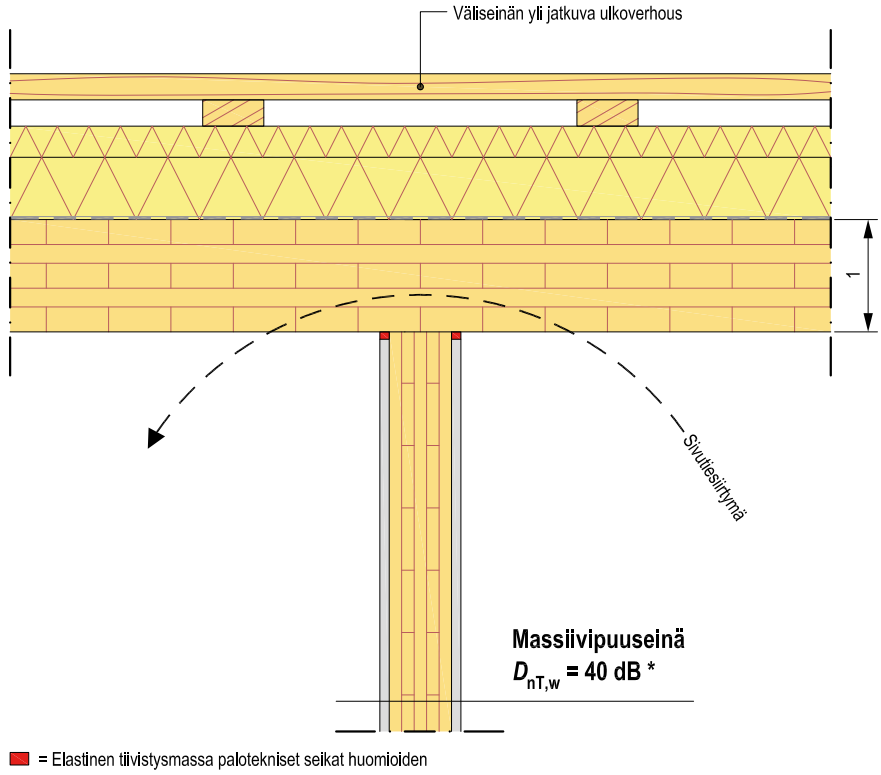
* Äänitasoeroluvun luokitus (ks. Liite 1 Rakennetyypit)



Rakennedetaljissa on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro	Tunnus
	Päiväys / Tekijä	DS102
Rakennuskohde	Sisältö	
	Seinien liittymä	

* Äänitasoeroluvun luokitus (ks. Liite 1 Rakennetyypit)



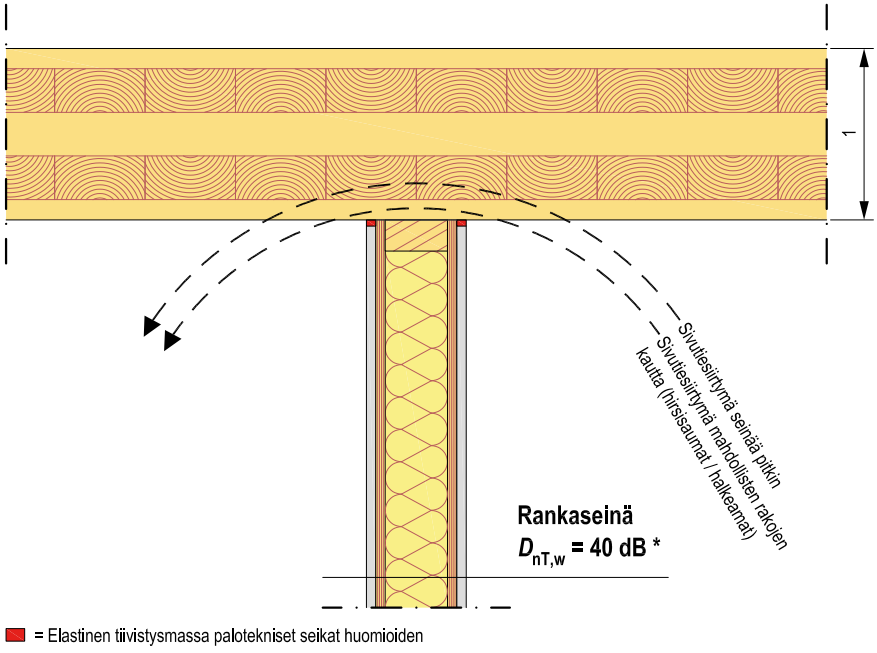
Vaatimukset sivutiesiirtymän näkökulmasta

Nro	Rakenne	Paksuus	Paino
1	Massiivipuulevy	≥ 180 mm	≥ 90 kg/m^2

Rakennedetaljissa on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

Suunnittelija	Työn nro	Tunnus
	Päiväys / Tekijä	DS201
Rakennuskohde	Sisältö	
	Seinien liittymä	

* Äänitasoeroluvun luokitus (ks. Liite 1 Rakennetyypit)



Vaatimukset sivutiesiirtymän näkökulmasta

Nro	Rakenne	Paksuus	Paino
1	Hirsi	≥ 205 mm	≥ 100 kg/m^2

Huomio!
Hirsirakenteissa mahdolliset raot (hirrisaumat / halkeamat) ovat usein määrääviä ilmaääneneristävyyden näkökulmasta (ks. ohjeen kohta 2.2).

Rakennedetaljissa on esitetty vain akustisia suunnitteluperusteita. Muut rakennetekniset seikat määrittelee rakennesuunnittelija.

ÄÄNEN JA TÄRINÄN HALLINTAA PUURAKENTAMISESSA
Suunnittelemme ja testaamme toimivat ja optimoidut ratkaisut.
AKUKON
SOUND – VISION – VIBRATION
akukon.com | info@akukon.com | 010 3200 700

Vahasen parempaa akustiikkasuunnittelua
Ville Veijanen
Toimitusjohtaja
044 554 9313
ville.veijanen@vahanen.com
VAHANEN

MUISTIINPANOJA

ÄÄNENERISTYS PUUTALOSSA

Tähän julkaisuun on koottu puurakennuksen ääneneristävyyden suunnittelussa tarvittava keskeinen tieto.

Tarkoituksena on antaa käytännönläheisiä ohjeita ääneneristävyyden suunnitteluun ja havainnollistaa puurakenteisten rakennusosien akustista toimintaa.

Ohjeessa käsitellään nykyisin käytössä olevia puurakennusten rakennusjärjestelmiä niin rankarakenteiden kuin massiivipuurakenteiden näkökulmasta.

Ohje sisältää 1.1.2018 voimaan astuneen ympäristöministeriön asetuksen 796/2017 määräykset rakennuksen ääniympäristöstä sekä 1.4.2019 voimaan astuneessa ympäristöministeriön asetuksessa 360/2019 esitetyt muutokset.

PUUINFO