

# RIVITALON HUONEISTOJEN VÄLISEN SEINÄN ÄÄNENERISTYS

Mikko Männistö

Opinnäytetyö  
Tekniikka ja liikenne  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Insinööri (AMK)

2017

Tekniikka ja liikenne  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Insinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Mikko Männistö	Vuosi	2017
<b>Ohjaaja(t)</b>	Risto Airaksinen		
<b>Toimeksiantaja</b>	Hietakulma OY		
<b>Työn nimi</b>	Rivitalon huoneistojen välisen seinän ääneneristys		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	40		

---

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää ja tarkastella ongelmia, jotka liittyvät rivitalon huoneiston välisen seinän ääneneristävyyteen. Suunnittelu- ja rakennusvaiheen haasteita rivitalon huoneistojen välisessä seinässä tutkitaan tässä työssä teorian pohjalta.

Työssä selvitetään rakennepiirustusten ja rakennusmateriaalien avulla rakenteiden äänitekniistä toimintaa ja ominaisuuksia. Työn lopussa on myös käytännön ilmäänimittauksen suorittaminen Hietakulma Oy:n rivitalokohteessa.

Tästä opinnäytetyöstä lukija saa tiivistetyn ja hyvän tietopaketin ääneneristävyyden haasteista ja toteutuksesta rakentamisessa sekä rakenteiden ääniteknisestä toiminnasta. Myös ääneneristävyyttä parantavista materiaaleista ja ratkaisuista kerrotaan lyhyesti.

School of Technology  
Construction Engineering  
Building Construction

---

<b>Author</b>	Mikko Männistö	Year	2017
<b>Supervisor</b>	Risto Airaksinen		
<b>Commissioned by</b>	Hietakulma Oy		
<b>Subject of thesis</b>	Sound insulation of row houses walls		
<b>Number of pages</b>	40		

---

The goal of this thesis is to research and find problems of sound insulations in row houses. The challenges of both planning and in building stages are studied in this thesis based on theoretical information.

In the thesis the behaviour of sound in structures is explained by means of structural drawings. At the end of the thesis is also included a hands-on measurement in one of the Hietakulma Oy`s rowhouse project.

This thesis gives its reader a compact and good package of information about sound insulation challenges and building solutions and also the behaviour of the sound in structures. There is also a brief review about acoustic materials and acoustic solutions in row houses.

Key words

sound, sound insulation, walls, acoustics

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	YLEISTÄ ÄÄNESTÄ	8
2.1	Ääni	8
2.2	Äänentasot	8
2.3	Asuinrakennuksen ääniolosuhteet	9
3	ÄÄNEN SIIRTYMINEN RAKENTEISSA	11
3.1	Ääneneristys ja jälkikaiunta	11
3.2	Ilmaääneneristys	11
3.3	Äänen siirtyminen runkoa pitkin	11
3.4	Äänen siirtyminen muita reittejä pitkin	12
3.4.1	Rakenteellinen sivusiirtymä	12
3.4.2	LVIS-järjestelmien kautta tapahtuva sivutiesiirtymä	13
4	RAKENTEIDEN ÄÄNITEKNISET OMAINAISUUDET	14
4.1	Yksinkertainen rakenne	14
4.2	Kaksinkertainen rakenne	16
5	LATTIAN VAIKUTUS ÄÄNENERISTYKSEEN	19
5.1	Askeläänieristyksen ratkaisumallit	19
5.1.1	Yksinkertaisen rakenteen askeläänieristys	19
5.1.2	Kaksinkertaisen rakenteen askeläänieristys	19
5.2	Rakenneliitokset	20
5.3	Lattiapäällysteet	24
5.4	Läpiviennit	25
6	ÄÄNENERISTYSTÄ PARANTAVAT MATERIAALIT	26
6.1	Huokoiset materiaalit	26
6.2	Rei'itetyt rakennuslevyt	27
7	RATKAISUT ÄÄNENERISTÄVYYDEN KANNALTA ESIMERKKIKOHOITEESSA	29
7.1	Esimerkkirakenne	29
7.2	Rakenteet ja rakenneliitokset	29
7.2.1	Huoneistonvälinen seinä	29

7.2.2	Alapohja ja yläpohja .....	30
7.2.3	Huoneiston välisen seinän liitos ulkoseinän kanssa .....	32
8	HUONEISTOJEN VÄLISENSEINÄN ÄÄNENERISTYKSEN MITTAUS.....	34
8.1	Mittauksen kulku .....	34
8.2	Kohde .....	34
8.3	Mittauslaitteisto .....	35
8.4	Mittaustulokset.....	37
9	POHDINTA.....	39
	LÄHTEET.....	40

## TYÖSSÄ KÄYTETYT LYHENTEET JA TERMIT

<b>Aallonpituus</b>	Jaksollisen aaltoliikkeen samanvaiheisten kohtien välinen etäisyys.
<b>dB Desibeli</b>	logaritminen mittayksikkö. Sillä kuvataan akustisen signaalin tasoa vertailutasoon nähden.
<b>Koinsidenssi</b>	Koinsidenssi-ilmiö syntyy, kun ääni kohtaa rakenteen ja taivuttaa sitä, jolloin syntyy taivutusaalto rakenteeseen.
<b>Resonanssi</b>	Rakenne värähtelee voimakkaasti, kun siihen osuvat ääniaallot ovat sen ominaistaajuusalueella, jolloin rakenteen ääneneristyskyky heikkenee.
<b>Äänenpaine</b>	Pascal (Pa) aaltoliikkeestä aiheutuva muutos väliaineen staattisessa paineessa.
<b>Jälkikaiunta-aika</b>	T (s) aika joka kuluu, kun tilaan tuotetun äänen amplitudi laskee 60 dB äänilähteen sammuttamisen jälkeen
<b>R<sub>w</sub></b>	Ilmaääneneristysluku rakennuksessa mittaamalla saatu luku, jolla kuvataan kahden huoneen välistä ilmaääneneristystä.
<b>L<sub>n, w</sub></b>	Askeläänitasoluku rakennuksessa mittaamalla saatu luku, joka kuvaa rakenteisiin kohdistuvien iskujen aikaansaaman äänen kulkeutumista huoneistosta toiseen.
<b>Massalaki</b>	Raskas rakenne värähtelee vähemmän kuin kevyt rakenne, kun niihin kohdistuu sama äänenpaine

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on ääneneristys rivitalon huoneiston välisessä väliseinässä. Työn tilaajana on Hietakulma Oy, jonka yhdessä kohteessa ilmeni ongelma rivitalon ääneneristyksessä. Työn tarkoituksena on tutkia ääneneristykseen vaikuttavia tekijöitä ja samalla näyttää, mistä ongelmat ääneneristyksessä voivat johtua.

Työn alkuosassa käsitellään ääntä ja melua yleisesti, sekä miten ne vaikuttavat rivitalon ääniolosuhteisiin, minkä jälkeen siirrytään tutkimaan rakenteita ääneneristävyyden näkökulmasta. Työn loppupuolella tutkitaan lattian vaikutusta ääneneristävyyteen sekä eri materiaalien ääneneristysominaisuuksia.

Työn lopussa on esimerkkikohteen mittausten tulokset ja niiden tutkimista sekä mittaukseen lyhyt ohje. Samalla esitellään myös mittaukseen tarvittavat laitteet.

## 2 YLEISTÄ ÄÄNESTÄ

### 2.1 Ääni

Äänellä tarkoitetaan väliaineessa tapahtuvaa aaltoliikettä, jonka ihminen havaitsee kuulemalla. Ääni siis etenee väliaineessa. Väliaine voi olla missä tahansa olomuodossa, kuten nesteinä, kaasuna, kiinteänä tai plasmana. Ääni ei etene tyhjiössä. Pitkittäinen aaltoliike etenee vain kaasuissa ja nesteissä, poikittaisia aaltoja esiintyy kiinteissä aineissa. Jokainen ihminen käsittelee kuulemaansa ääntä eri tavalla, jotkut pitävät kovasta metelistä ja jotkut tykkäävät hiljaisuudesta. Tämän takia ääneneristävyys on todella tärkeää rivitalorakentamisessa. Äänen aallonpituus saadaan kaavasta 1, jossa äänen aallonpituus riippuu äänen nopeudesta väliaineessa ja taajuudesta. (Palo- ja äänikirja 2015, 12.)

$$\lambda = \frac{v}{f} \tag{1}$$

jossa,       $\lambda$  on aallonpituus  
                  $v$  on äänen nopeus väliaineessa  
                  $f$  on äänen taajuus

### 2.2 Äänentasot

Äänellä on fysikaalisessa mielessä kolme eri ulottuvuutta: taajuus, äänen voimakkuus eli äänentaso ja aika. Taajuus on ihmiskorvan kuulemaa äänen korkeutta. Matala ääni tarkoittaa pientä taajuutta ja korkea ääni tarkoittaa suurta taajuutta. Äänenpaineen amplitudi voi olla suoraan voimakkuus, jolloin se on absoluuttinen fysikaalinen suure tai helpommin tunnistettava desibeleiksi skaalattu arvo. Äänen ollessa vaihtelevaa tarvitaan myös aikaulottuvuutta. Sillä voidaan määrittää äänen vaihtelu tai kesto. (Tarmia 2013, 4.)



Taso-käsitettä käytetään yleensä silloin, kun puhutaan äänenvoimakkuudesta. Taso voi olla esimerkiksi äänitehotaso tai äänenpainetaso. Jokaisella tasolla on oma määritelmä, joten niitä ei voi sekoittaa eikä vertailla keskenään toisiinsa. Akustiikan taso-suureet perustuvat logaritmiin ja niiden yksikkönä on desibeli (dB). Käytettäessä desibeli-yksikköä pitää aina kertoa ja merkitä, mistä tasosuureesta on kysymys, sillä pelkkä desibeli ei kerro, mitä mitataan. Normaalissa puhemielessä, kun puhutaan desibeleistä, tarkoitetaan äänenpainetasoa, ellei toisin mainita. (Tarmia 2013, 6.)

Ihmiskorvan pienin aistima ääni on 20  $\mu\text{Pa}$ :n vihtelu ilmanpaineessa. Ilmanpaineen ylittäessä 20 Pa, vaihtuu kuuloaistimus kipuaistimukseksi. Äänenpaineella tarkoitetaan äänenä kuultavaa ilmanpaineen vaihtelua ja sen tunnus on p ja yksikkö Pa. Ero kuulokynnyksen ja kipukynnyksen välillä on suhteellisen suuri, mutta silti luvut ovat pieniä. Pienien lukujen takia laskujen ja suunnittelun helpottamiseen on kehitetty desibeliasteikko. Tarkastelun kohteena olevaa äänentaso p verrataan kuulokynnyksen äänenpaineeseen  $p_0$ , josta saadaan äänenpainetaso  $L_p$  (Db). 0 dB arvo vastaa ihmisen kuulokynnystä ja noin 120 dB alue vastaa kipukynnystä. Metrin päästä kuunneltu kuiskaus on noin 30 desibelin ja tavallinen puhe noin 60 desibelin tasolla. (Tarmia 2013, 5.)

### 2.3 Asuinrakennuksen ääniolosuhteet

Rivitaloissa isoimmat äänitekniset ongelmat liittyvät useimmiten siihen, että äänet kuuluvat toisesta huoneistosta toiseen. Esimerkiksi puheen äänet, musiikki, TV:n äänet ja kävelyn äänet saattavat kuulua toiseen huoneistoon. Näiden äänien määrää ei voida määrätä, mutta hyvällä ääneneristyksellä huoneistosta toiseen kulkeutuvan äänen määrää voidaan vähentää. Myös muita äänilähteitä voi olla asuinrakennuksissa, kuten vesijohdot, ilmanvaihto ja viemärit. Näiden äänilähteiden tuottamaa melua vähennetään suunnittelemalla LVI- järjestelmät hyvin ja huomioimalla ääneneristys myös niissä. (Ympäristöopas 2003, 15.)

Myös oikeanlainen tilojen sijoittelu huoneistoissa on tärkeää, kun suunnitellaan asuinrakennuksen ääniolosuhteita. Huoneet ja tilat, joihin halutaan kuuluvan

mahdollisimman vähän melua, sijoitetaan mahdollisimman kauas huoneista ja tiloista, joissa syntyy melua. Esimerkiksi makuuhuoneet tulee sijoittaa niin, ettei viereisen huoneiston keittiö tai wc ole seinän takana. (Ympäristöopas 2003, 15.)

Huono ääneneristys tai rakentaminen välittämättä ääneneristyksen vaatimustoista voi aiheuttaa sen, että huoneistossa ei voi nukkua eikä rentoutua ja asu-mishyvinvointi kärsii. Ympäristöministeriön rakentamismääräyskokoelman osan C1 avulla ohjataan rakennusten ääneneristystä. C1:n määräyksillä on tarkoitus saada asuinrakennuksiin riittävä ja vaadittava ääneneristys, jossa otetaan myös huomioon asukkaiden asumisviihtyvyys. Asuinhuoneiston tulee olla äänettömämpi kuin terveyden kannalta on tarpeellista, että se voi olla viihtyisä. (Ympäristöopas 2003, 15.)

### 3 ÄÄNEN SIIRTYMINEN RAKENTEISSA

#### 3.1 Ääneneristys ja jälkikaiunta

Jälkikaiunta-aika  $T$  (s) tarkoittaa aikaa, joka kuluu, kun mitattavaan tilaan synnytetty äänenpainetaso laskee äänilähteen sammuttamisen jälkeen. Suurin vaikutus jälkikaiunta-ajalla on puheen selkeyteen. Jälkikaiunta-ajan ollessa pitkä aiheutuu puheessa tavujen kuulumista päällekkäin, jolloin puheesta on vaikeampi saada selvää. Lyhyellä jälkikaiunta-ajalla saadaan miellyttävät ääniolosuhteet asuinrakennuksiin, koska se selkeyttää puhetta. (Palo- ja äänikirja 2015, 12.)

#### 3.2 Ilmaääneneristys

Ääni ei etene muuta kuin väliaineessa, kuten kaasussa, nesteessä tai kiinteässä aineessa. Ääni etenee myös ilmassa ja sitä ääntä kutsutaan ilmaääneksi. Ilmaäänä on esimerkiksi puhe, musiikin kuuntelu kaiuttimista ja mekaaniset laitteet. Ilman lämpötila vaikuttaa kuinka nopeaa ilmaääni on. (Palo- ja äänikirja 2015, 13.)

Ilmaääneneristävyyttä rakennusosassa kuvataan termillä  $R$  (dB), joka määritetään laboratoriossa. Ilmaääneneristävyyden tulokset eivät ole käytännöllisiä laboratoriomittausten perusteella, koska ilmaääneneristävyyteen vaikuttaa äänen taajuus ja tuloksina saadaan monta eri arvoa. Tämän takia on kehitetty ilmaääneneristysluku  $R_w$ , jolla saadaan ilmaääneneristävyydelle yksi lukuarvo. Laboratoriossa mittaukset suoritetaan ideaaliolosuhteissa, joten tämän takia on pitänyt luoda myös oma tunnus  $R'_w$ , jota käytetään kenttäolosuhteissa. Tämän luvun pohjalta annetaan rakentamismääräykset ja suositukset. Asuinhuoneistojen välillä  $R'_w$  pitää olla enemmän kuin 55 dB. (Palo- ja äänikirja 2015, 13.)

#### 3.3 Äänen siirtyminen runkoa pitkin

Rakennuksessa äänen kiinteänä väliaineena, jossa ääni voi kulkea, toimii rakennuksen runko tai maa-aines. Kun ääni etenee rakennuksen rungossa, sanotaan

sitä runkoääneksi. Runkoäänen voi saada aikaan moni asia, esimerkiksi satunnaiset rakenteisiin osuvat iskut tai rakenteissa kiinni oleva kone tärinällään. Runkoääniä, joita aiheutuu esimerkiksi huoneessa kävelemisestä tai tavaroiden tipumisesta lattialle, kutsutaan askelääniksi. (RIL 243-2-2007 2007, 55.)

Askeläänitaso kuvaa sitä, kuinka alapohjat, välipohjat ja muut samanlaiset rakennusosat eristävät rakenteisiin kohdistuvien iskujen, esimerkiksi huonekalujen siirtelyn ja askeleiden, synnyttämää ääntä. Askeläänitaso mitataan tekemällä runkoääntä rakenteeseen ja samalla mittaamalla äänenpainetaso viereisessä huoneistossa. Runkoäänen tekemisen käytetään kansainvälisen standardin mukaista laitetta. Rivitalon askeläänieristävyyteen vaikuttavat muutkin rakenteet kuin lattia. Kaikkien lattiarakenteeseen liittyvien rakennusosien kautta askeläänit kantautuvat huoneistosta toiseen sivutiesiirtyminä. (RIL 243-2-2007 2007, 58.)

#### 3.4 Äänen siirtyminen muita reittejä pitkin

Ääni voi siirtyä toiseen huoneistoon muita rakenteita ja reittejä pitkin kuin pelkästään tilojen välistä rakennusosaa pitkin. Sivutiesiirtymällä kuvataan kaikkea äänen siirtymistä toiseen tilaan, joka ei tapahdu suoraan tiloja erottavan rakenteen läpi. Näitä reittejä ovat esimerkiksi lattiat, katot, sivuseinät ja LVIS-kanavat. (Paloja äänikirja 2015, 14.)

##### 3.4.1 Rakenteellinen sivusiirtymä

Äänen kulkeutumista vähintään yhden huoneita sivuavan rakenteen kautta kutsutaan rakenteelliseksi sivutiesiirtymäksi. Sitä ei voi välttää rakennuksissa, sillä lähde josta ääni tulee aiheuttaa tärinää kaikkiin tilaa ympäröiviin rakenteisiin. Tärinä etenee rakenteissa runkoääninä monia eri reittejä pitkin. Kohdatessaan rakennosien liitoksen jakautuu runkoäänen äänienergia eri rakennusosien kesken. Rakennusosasta toiseen siirtyvän äänienergian määrä riippuu rakennusosien massasta ja jäykkyydestä. Katkaisemalla rakenne esimerkiksi mineraalivilillä tai kumikaistaleella vähentää rakenteellista sivutiesiirtymää. (RIL 129 2003, 14–16.)

### 3.4.2 LVIS-järjestelmien kautta tapahtuva sivutiesiirtymä

Rakennuksen LVIS-järjestelmän laitteilla on suuri vaikutus rakennuksen ääniolosuhteisiin, joten näiden laitteiden ääni pitää saada oikeanlaisilla ratkaisuilla mahdollisimman pieneksi. Näitä laitteita ovat esimerkiksi vesi- ja viemärlaitteet, ilmanvaihtolaitteet ja lämmitys- ja jäähdytyslaitteet. LVIS-järjestelmän laitteista aiheutuvaa melua voidaan pienentää monella tapaa esimerkiksi käyttämällä ääntä eristäviä koteloiteja ja mitoittamalla putkien koot virtauksille sopiviksi. Ilmanvaihtojärjestelmän ääntä voi pienentää valitsemalla sopivan päätelaitteen sekä äänenvaimentimilla. Ilmanvaihtokanavia pitkin voi tapahtua sivutiesiirtymää, jos kanavat muodostavat suoran yhteyden huoneistojen välille. Tämä heikentää ilmaääneneristystä huomattavasti. Tässä tapauksessa ääntä voi siirtyä, jopa enemmän kuin rakenteellisia reittejä pitkin. Äänenvaimentamattomia kanavia pitkin tapahtuvat sivutiesiirtymät voivat heikentää  $R'_w$  – arvoa jopa 30 – 40 dB:n tasolle. Ilmanvaihtokanavien ääneneristäminen on myös tärkeää. (Palo- ja äänikirja 2015, 55.)

## 4 RAKENTEIDEN ÄÄNITEKNISET OMAINAISUUDET

### 4.1 Yksinkertainen rakenne

Rakenne, joka on kokonaan samaa materiaalia tai sen eri materiaaleista koostuvat osat kiinnittyvät toisiinsa niin, että ne värähtelevät yhtenä kappaleena, kutsutaan yksinkertaiseksi rakenteeksi. Ääneneristys yksinkertaisessa rakenteessa perustuu suurimmalta osalta sen massaan ja ilmatiiviyteen. Rakenne alkaa värähdellä, kun siihen kohdistuu ääniaaltoja ja se saa aikaan ilmaääntä rakenteen toisella puolella. Mitä enemmän rakenne värähtelee, sitä voimakkaampaa syntävä ilmaääni on. Kevyt rakenne värähtelee enemmän, kuin raskas rakenne vaikka kumpaankin värähtelyä aiheuttaa sama äänenpaine., jolloin ääneneristävyys kevyelle rakenteelle on huonompi. Kyseinen ilmiö on nimeltään ääneneristävyyden massalaki. (RIL 129 2003, 9–11.)

Resonanssi-ilmiö saa aikaan rakenteessa voimakasta värähtelyä, jonka seurauksena ääneneristävyys laskee huomattavasti. Kun ääniaallot, joiden taajuus on samalla alueella kuin rakenteen ominaistajuusalue, osuvat rakenteeseen ja saavat rakenteessa aikaan resonanssin kutsutaan resonanssi-ilmiöksi. Ääniaallot siis antavat lisää energiaa rakenteen värähtelylle. Suurin värähtely tapahtuu rakenteen alimmalla resonanssitaajuudella  $f_0$  (Hz). Rakenteen resonanssitaajuusalue saadaan määritettyä resonanssitaajuuden  $f_0$  avulla. Yleensä ääneneristys tehdään ajatellen ihmisen kuuloaluetta välille 100–3150 Hz, jonka alapuolelle rakenteen resonanssitaajuusalueen pitäisi olla. Resonanssi-ilmiön lähteenä voi toimia myös värähtelevä laite. (Lahtela 2004, 20.)

Kun kipsilevyyn osuva ääniaalto ja levyssä etenevä taivutusaalto liikkuvat samalla nopeudella, tapahtuu koinsidenssi-ilmiö. Tämä heikentää levyn massaan perustuvaa ääneneristävyyttä. Koinssidenssitaajuudella  $f_c$  tarkoitetaan rajataajuutta, jonka yläpuolisilla äänentaajuuksilla koinsidenssi-ilmiötä esiintyy. Koinssidenssi-ilmiötä esiintyy kaikissa yksinkertaisissa rakenteissa. Koinssidenssitaajuuden olisi hyvä olla taajuusalueen 100–3150 Hz yläpuolella, koska ihmiskorva on

niin herkkä. Suurimassaisilla yksinkertaisilla rakenteilla ei yleensä esiinny ongelmia koinsidenssi-ilmiön vaikutuksista. (Lahtela 2004, 21.)

Yksinkertaisen rakenteen koinsidenssitaajuus saadaan kaavasta 2:

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

jossa,  $f_c$  on koinsidenssitaajuus  
 $c$  on aänen etenemisnopeus ilmassa (m/s)  
 $h$  on rakenteen paksuus (m)  
 $\rho$  on rakenteen tiheys (kg/m<sup>3</sup>)  
 $\mu$  on Poisson'in luku  
 $E$  on rakenteen kimmomoduuli (N/m<sup>2</sup>)

Esimerkki 1.

13mm paksun kipsilevyn koinsidenssitaajuus.

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

Esimerkki 2.

Kaksi 13mm paksua kipsilevyä liimattuna yhteen.

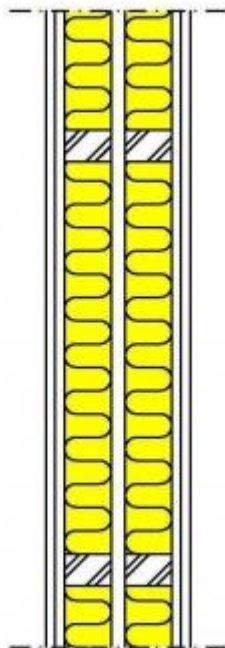
$$f_c = \frac{340^2}{2 * \pi * 0,026} * \sqrt{\frac{12 * 700 * (1 - 0,3^2)}{1700 * 10^6}} \approx 1500 \text{ Hz}$$

Kun kaksi kipsilevyä liimataan yhteen, tulisi kahdesta levystä yksi paksu levy ja sen koinsidenssitaajuus olisi noin 1500 Hz. Tällöin levyjen koinsidenssitaajuus

sijoittuu ääneneristävyyden kannalta kriittiselle 100–3150 Hz:n alueelle. Kipsilevyjä ei siis kannata liimata toisiinsa kiinni, koska tämä heikentää huomattavasti niiden ilmääneneristävyyttä. Kipsilevyt kiinnitettyinä vain reunoilta, ne toimivat koinsidenssin kannalta erillisinä 13 mm paksuisina levyinä. (Lahtela 2004, 22.)

#### 4.2 Kaksinkertainen rakenne

Kaksinkertainen rakenne seinässä muodostuu kahdesta ilmatilan erottamasta massasta esimerkkinä usein käytetyt rakennuslevyt. Kaksinkertaisissa rakenteissa ääneneristävyys perustuu massojen ja niiden välissä olevan ilmajousen yhdistelmään. Kaksinkertainen rakenne on käytännössä rakenne, joka muodostuu kahdesta erillisestä seinärungosta. Ainoastaan näin on mahdollista täyttää seinille asetetut vaatimukset ääneneristävyyden suhteen. (RIL 129 2003, 11–12.)



- Runkovahvuus 206 mm
- 2 x 13mm kipsilevy
- Runkotolpat + eriste
- Ilmarako 10mm
- Runkotolpat + eriste
- 2 x 13mm kipsilevy

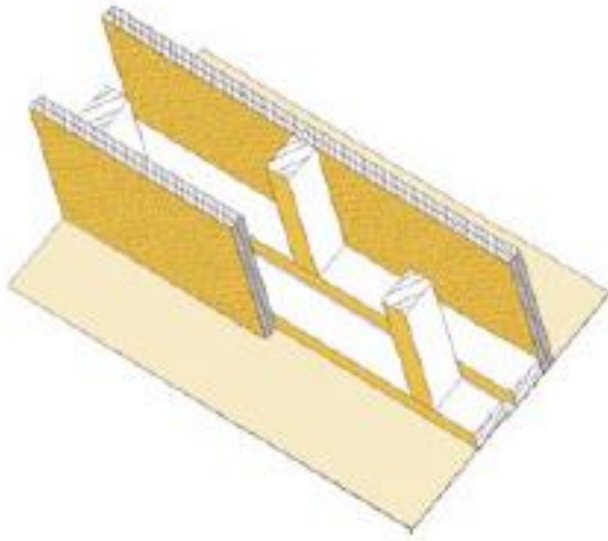
Kuvio 1. Leikkauskuva kaksirunkoisesta huoneistojen välisestä seinärakenteesta. (Isover.fi, rakennekirjasto)



Lisäämällä levyjen massaa kaksinkertaisessa seinärakenteessa, ääneneristävyyden paranee massalain mukaan. Levyjen massa lisäämisellä tarkoitetaan käytännössä, että laitetaan kaksi levyä yhden sijaan. Runkovahvuutta lisäämällä saadaan parannettua ääneneristävyyttä, samalla voidaan myös kasvattaa ilma- raon paksuutta, joka myös parantaa ääneneristävyyttä. Runkovahvuuteen laske- taan yleensä eristeet, runkotolpat ja ilmarako. (Kuvio 1.) Kevytrakenteiset kak- soisrunkoiset levyseinät vaativat vähintään 145 mm runkovahvuuden, muuten annettu ääneneristysvaatimus huoneistonväliselle seinälle ei toteudu. Esimer- kiksi mineraalivillan käyttö runkovahvuuden välisessä tilassa auttaa välttämään seisovan aaltoliikkeen syntyminen ilmatilaan. Absorboivan materiaalin käyttö ti- lassa, kuten mineraalivillan, parantaa ääneneristävyyttä 5-15 dB. (Lahtela 2004, 23–24.)

Kaksinkertainen rakenne, jolla on sama massa kuin yksinkertaisella rakenteella, voi olla jopa huonompi ääneneristävyyden kannalta johtuen resonanssi-ilmioistä. Tästä syystä resonanssitaajuuden pitäisi olla mahdollisimman alhaalla kaksinker- taisella rakenteella. Taas koinsidenssitaajuuden pitäisi sijoittua mahdollisimman korkeille taajuuksille kaksinkertaisilla rakenteilla. Ohuiden rakennuslevyjen käyttö, joita ei ole liimattu yhteen, on kannattavaa kaksinkertaisessa rakenteessa, koska silloin koinsidenssi-ilmioistä johtuva ääneneristävyyden heikkeneminen on mahdollisimman vähäistä. (Lahtela 2004, 24–27.)

Jotta pystytään täyttämään huoneistojen välisen seinän ääneneristysvaatimuk- set, eivät kaksoisrunkoisten seinien toisistaan erillään olevat runkopuoliskot saa olla toisiinsa mekaanisesti yhteydessä. Paras tapa sijoittaa runkotolpat on siten (kuvio 2.), että ne ovat eri kohdissa kummassakin runkopuoliskossa. (Lahtela 2004, 24.)



Kuvio 2. Runkotolppien sijoittelu kaksoisrunkorakenteessa (Lahtela 2004, 26.)

## 5 LATTIAN VAIKUTUS ÄÄNENERISTYKSEEN

### 5.1 Askeläänieristysten ratkaisumallit

Askeläänieristyksessä voidaan käyttää useita eri rakenteellisia ratkaisuja ja ne kaikki toimivat hieman erilailla. Yksinkertainen massiivinen rakenne, kaksinkertainen rakenne, säteilyä vähentävä lisärakenne ja pehmeä lattianpäällyste ovat RIL 129 kirjassa listatut neljä erilaista rakennetyyppiä. (RIL 129 2003, 130.)

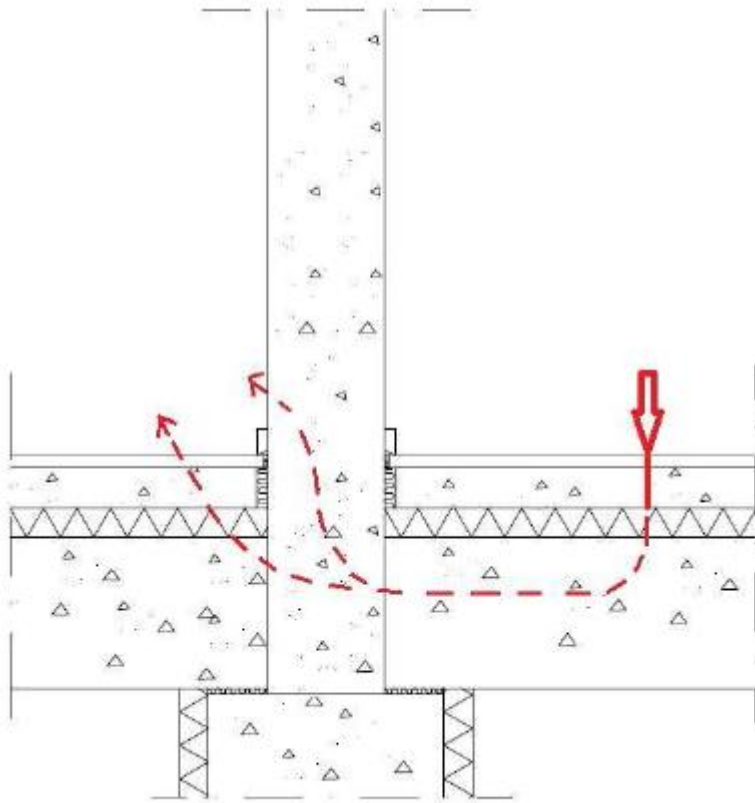
#### 5.1.1 Yksinkertaisen rakenteen askeläänieristys

Yksinkertaisiin rakenteisiin kuuluvat massiiviset betonilaatat, ontelolaatat, arinarakenteet ja kevytbetonilaatat. Mitä raskaampi yksinkertainen rakenne on, sitä parempi on sen askeläänieristävyys. RIL 129:n mukaan rakenteiden massan kaksinkertaistaminen tuo eristävyyttä lisää 6-12 dB riippuen onko kyseessä kevyt (alle 200 kg/m<sup>2</sup>) vai raskas (yli 200 kg/m<sup>2</sup>) rakenne. Jäykästä rakenteesta on myös hieman hyötyä ääneneristävyiden kannalta. Askeläänieristysten vaatimustason täyttymiseksi yksinkertaiset rakenteet vaativat pehmeän lattian päällysteen. (RIL 129 2003, 130–136.)

#### 5.1.2 Kaksinkertaisen rakenteen askeläänieristys

Kaksinkertaiset välipohjarakenteet voidaan jakaa kahteen eri tyyppisiin ratkaisuihin: kelluviin lattioihin ja alaslaskettuihin kattoihin. Betonilaatta, ontelolaatta tai kevytbetonilaatta muodostaa kelluvan lattian kantavan osan. Kelluvana osana voi olla, vaikka kuitutasoite tai toinen betonilaatta. Joustavaa materiaalia, kuten esimerkiksi mineraalivillaa käytetään näiden kahden levyrakenteen välissä. Askeläänieristys kelluvassa lattiassa perustuu levyjen massaan ja niiden väliin jäävän kerroksen joustavuuteen, jolla estetään värinän kulkeutuminen rakennuksen runkoon. Ääneneristävyys on sitä parempi, mitä suurempi levyjen massa ja välin joustavuus ovat. Levyjen väliin tulevan joustavan kerroksen paksuus riippuu siitä, kuinka pehmeää ja paksua materiaali on. Väliaineen tulee olla vähintään 30 mm, pintalaatan ollessa 150 kg/m<sup>2</sup>, RIL 129:n mukaan. Pintalaatta ei saa olla kosketuksissa mihinkään muihin rakenteisiin kuin joustavaan välikerrokseen, muuten

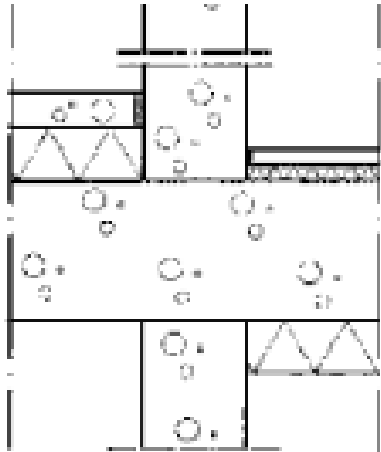
rakenteesta saatava hyöty katoaa. Kelluva rakenne on erittäin tehokas eristämään iskuista aiheutuvien äänien kulkeutumista kantaviin rakenteisiin ja sitä kautta toisiin huoneistoihin. (Kuvio 3; RIL 129 2003, 134–135.)



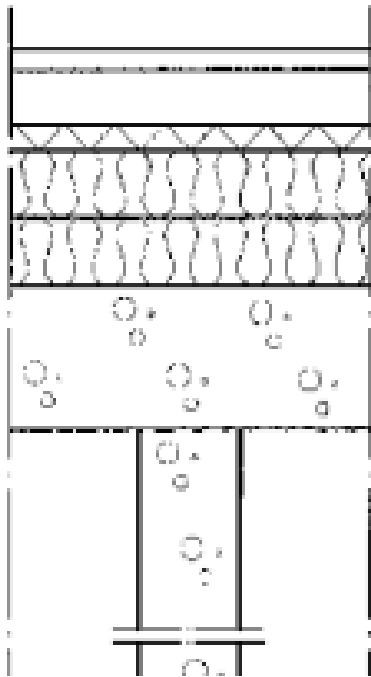
Kuvio 3. Kelluvaan lattiarakenteeseen kohdistuvan iskun aiheuttaman äänen kulkeutuminen muihin rakenteisiin (RIL 129 2003, 133.)

## 5.2 Rakenneliitokset

Huoneistojen välisen seinän ollessa massiivinen ja yksinkertainen, esimerkiksi 270 mm tiili tai yli 180 mm betoni, pitää alapohjana olla vähintään 200 mm paksu valettu teräsbetonilaatta. Myös ontelolaatta voi toimia alapohjana, jos sen paksuus on 265 mm tai enemmän ja massa vähintään 380 kg/m<sup>2</sup>. Näitä ratkaisuja voidaan käyttää sen takia, että niiden ääneneristävyys on melkein sama, kuin huoneistojen välisellä seinällä. Kuvioissa 4 ja 5 on esitetty yksinkertaisen väliseinä rakenteen liitoksia ylä- ja alapohjaan. (Kuviot 4 ja 5; RIL 129 2003, 47.)



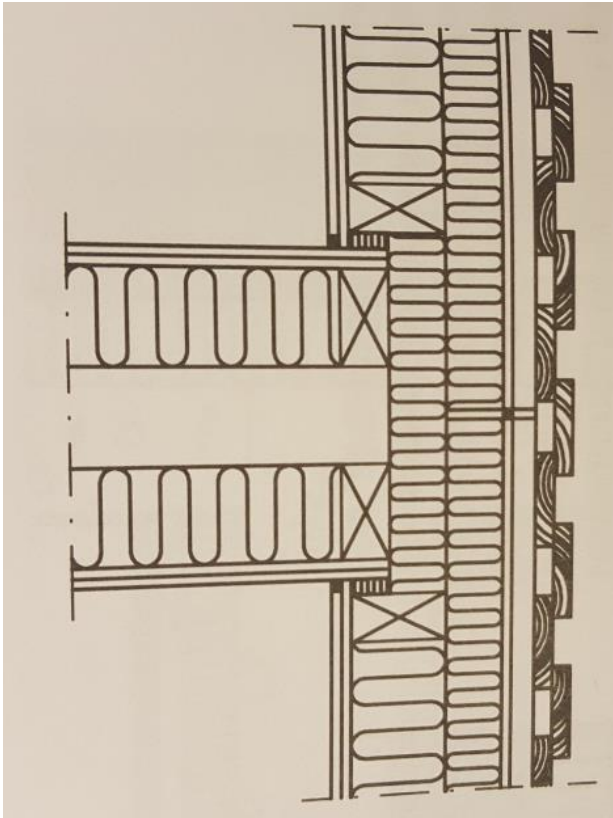
Kuvio 4. Yksinkertaisen väliseinän rakenteen liitos alapohjaan (RIL 129 2003, 108.)



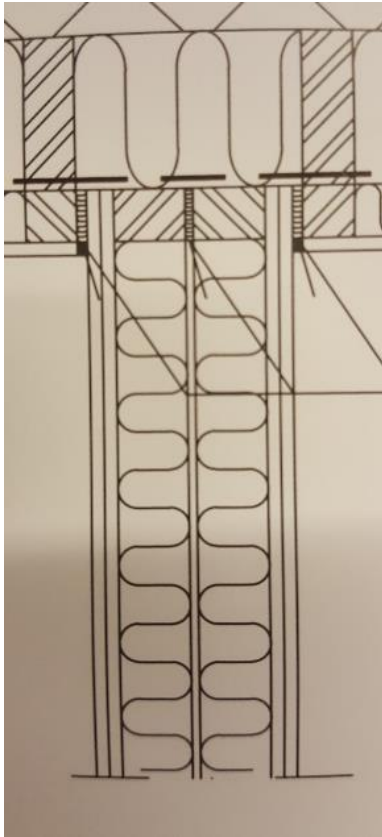
Kuvio 5. Yksinkertaisen väliseinän rakenteen liitos yläpohjaan (RIL 129 2003, 77.)

Rakenteeseen, joka sivuaa huoneistoja, täytyy tehdä katkos, erottavan seinän ollessa kaksinkertainen. Katkos täytyy tehdä siten, että sivuava rakenne ei liitä seinärungon puolikkaita toisiinsa. (Kuviot 6 ja 7) Äänelle muodostuu sivutiesiirtymäreitti, jos katkosta ei tehdä. Jos rungon puoliskot yhdistetään toisiinsa esimer-

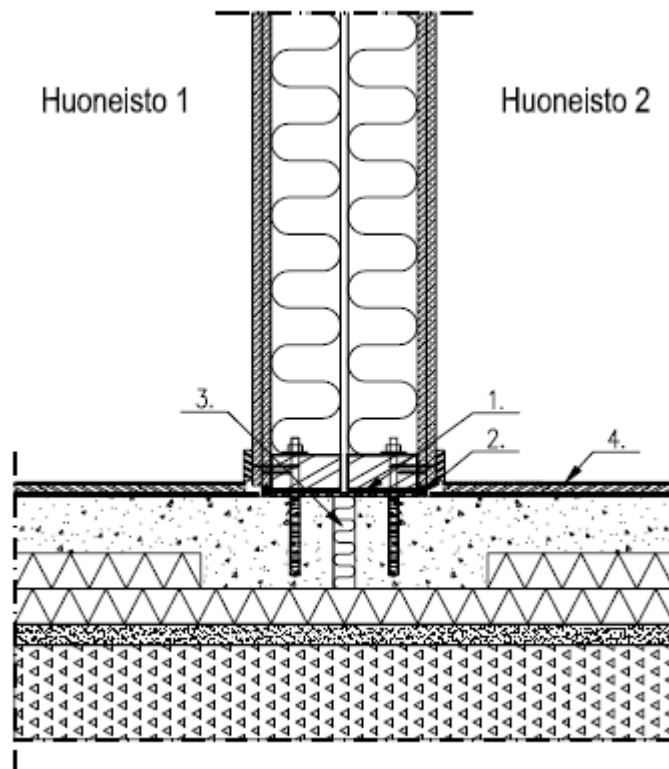
kiksi kiinnikkein tai reunoilta, huonontuu kaksinkertaisen rakenteen ääneneristävyyttä huomattavasti. Erityisesti rivitaloissa suositellaan käytettäväksi halkaistua perustustapaa, jossa perustus katkaistaan esimerkiksi mineraalivillalla. Sillä saadaan estettyä äänen sivutiesiirtymä lattian ja perustusten kautta. (Kuvio 8; RIL 129 2003, 14–16.)



Kuvio 6. Kaksirunkoisen väliseinän liitos ulkoseinän kanssa (RIL 129 2003, 115.)



Kuvio 7. Kaksirunkoisen väliseinän liitos yläpohjan kanssa (RIL 129, 78.)



Kuvio 8. Kaksirunkoisen väliseinän liitos alapohjaan sekä halkaistu perustustapa (RIL 129, 107.)

Huoneistoja erottavan rakenteen ja ulkoseinän kevyen sisäkuorirakenteen liitos tehdään aina joustavaksi. Erottava rakenne upotetaan kevyen sivuavan rakenteen sisään. Kevyen kuorirakenteen massan tulee olla alle  $200 \text{ kg/m}^2$ .  $200 \text{ kg/m}^2$  ja sitä painavimmat ulkoseinän sisäkuorirakenteet liitetään massiivisiin alapohja- ja väliseinärakenteisiin mahdollisimman jäykällä liitoksella. (RIL 129 2003, 14–16.)

Seuraavat seikat ovat tärkeitä ja niihin pitää kiinnittää huomiota rakenteiden liitoksia tehtäessä. Kevyet huoneistojen sisäiset väliseinät kiinnitetään rakennuksen runkorakenteisiin siten, että liitos on joustava. Yläpohjan ja huoneistojen välisen seinän liitoskohta pitää tiivistää huolellisesti. Lattian kanssa pitää huomioida, että kelluva lattia tulee rakentaa niin, että se ei kiinnity muihin rakenteisiin eikä taloteknisiin laitteisiin. (RIL 129 2003, 14.)

### 5.3 Lattiapäällysteet

Askelääneneristävyyteen voidaan vaikuttaa huomattavasti, sillä minkämoinen lattiapäällyste valitaan. Pehmeät päällysteet absorboivat äänet tehokkaasti, kun taas kovat päällysteet johtavat äänet suoraan rakenteisiin. Kovien lattiapäällysteiden vaikutus askeläänieristävyyteen on lähes olematon. Näitä kovia päällysteitä ovat esimerkiksi kiviaineiset päällysteet, linoleumi, muovilaatat, muovimatot ja parketit. Joustavapohjaisia tai pehmeitä lattiapäällysteitä käytetään, kun halutaan parantaa askeläänieristävyyttä. Lattiapäällysteitä, joissa on joustava pohja, ovat esimerkiksi tekstiilimatot, muovimatot ja linoleumit joissa on joustava alusta. Vain massiivisissa lattiarakenteissa pehmeillä ja joustava alustaisilla lattiapäällysteillä on parantava vaikutus askeläänieristykseen. Kevyillä rakenteilla vaikutus on vähäistä. (RIL 129 2003, 135.)



#### 5.4 Lämpiviennit

Rakenteiden tiiviys vaikuttaa merkittävästi ääneneristävyyteen tilojen välillä. On tärkeää, että kaikki saumat, raot ja putkien läpiviennit tiivistetään esimerkiksi tiivistämiseen tarkoitettulla massalla. Jos taas rakenteessa oleva aukko on suuri, kannattaa aukko sulkea samalla aineella kuin ympäröivä rakenne esimerkiksi kipsi tai betoni. Elastista saumausmassaa kannattaa käyttää johtojen ja putkien läpivientien tiivistyksessä. Rappausta ja tasoitusta käytetään muuratuissa rakenteissa. (RIL 129 2003, 14, 167–172.)

## 6 ÄÄNENERISTYSTÄ PARANTAVAT MATERIAALIT

### 6.1 Huokoiset materiaalit

Äänen absorbointiin käytetään huokoisia materiaaleja. Niitä materiaaleja ovat esimerkiksi paksut tekstiilit, mineraalivillat (kuvio 9), ruiskutteen ja kuitulevyt. Kun ääni osuu huokoiseen materiaaliin alkaa tapahtua lämpöhäviötä äänen kulkiessa huokoisen materiaalin ahtaissa kuiturakenteissa ja samalla ääntä absorboituu. Taajuudet, joiden aallonpituus on pienimmillään nelinkertainen materiaalin paksuuteen nähden, huokoinen materiaali absorboi parhaiten. Materiaalin pintakäsittelyllä on myös merkitystä materiaalin absorptiokykyyn. (RIL 243-1-2007 2007, 148–150.)

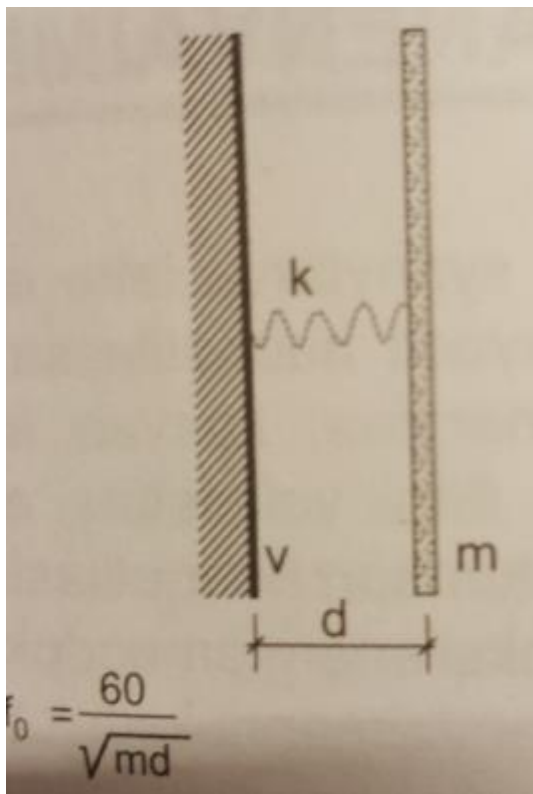


Kuvio 9. Mineraalivilla (Laastikulma 2017)



Kuvio 10. Huokoisia akustiikkalevyjä eri sävyisinä (Konto Oy, 2017.)

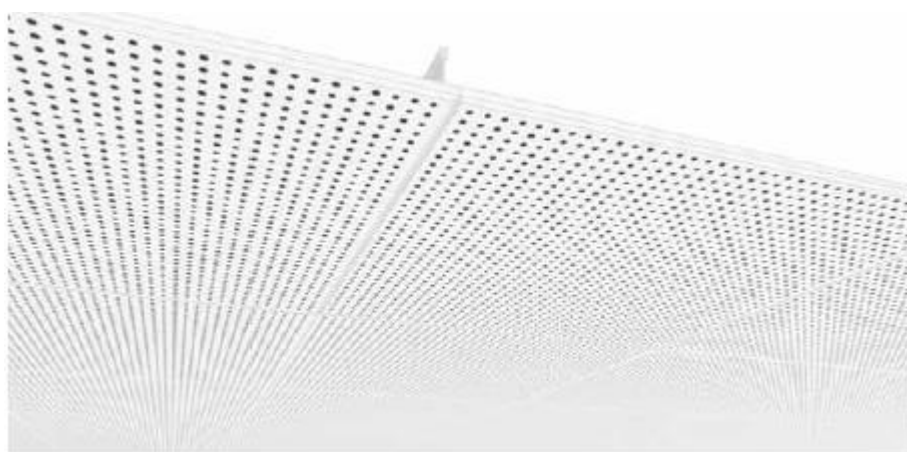
Matalien taajuuksien absorboiminen tehokkaasti on hankalaa. Se vaatisi paksun materiaalikerroksen, esimerkiksi 100 Hz taajuisen äänen aallonpituuden neljännes on 0,85 metriä. Käytännössä tällaiset absorptiomateriaalipaksuudet eivät ole mahdollisia, joten huokoisen materiaalin hyödyt tulee parhaiten esiin keski- ja korkeilla taajuuksilla. Asentamalla huokoinen materiaali irti sen takana olevasta rakenteesta (kuvio 11), saadaan parempi matalien taajuuksien absorptiosuhde. (RIL 243-1-2007 2007, 149.)



Kuvio 11. Huokoinen materiaali asennettuna irti takana olevasta rakenteesta (RIL 129 2003, 210.)

## 6.2 Rei'itetyt rakennuslevyt

Absorptiomateriaalina voidaan käyttää myös rei'itettyjä rakennuslevyjä (kuvio 12). Rakennuslevyjen absorptiokyky perustuu massa-jousijärjestelmään. Äänen osuessa levyyn, reiässä oleva ilma toimii massana ja ilmaväli jousena. Siihen mitä taajuuksia absorboituu eniten sekä absorptiosuhteeseen, vaikuttaa eniten reikien koko, muoto ja määrä. Absorptio-ominaisuuksiin vaikuttaa myös rakennuslevyn sekä ilmaraon paksuus. (RIL 129 2003, 16–18.)



Kuvio 12. Akustiikkalevynä käytetty rei'itetty kovalevy (Knauf Oy, 2016.)

Käyttämällä rei'itetyn levyn kanssa huokoista absorptiomateriaalia, siten että huokoinen materiaali, esimerkiksi mineraalivilla, asetetaan rakenteen ilmaväliin, saadaan absorptiosuhdetta kasvatettua. Kyseisellä ratkaisulla saadaan aikaan laajalla taajuusalueella hyvä absorptiosuhde. Materiaaleina näissä rei'itetyissä levyissä käytetään yleensä samoja materiaaleja kuin rakennuslevyissä, esimerkiksi vaneri ja kipsi. Useimmissa levymalleissa levyn taakse on valmiiksi kiinnitetty huopa. Myös reikätiiltä voidaan käyttää tähän tarkoitukseen, jos sen taakse jätettävään ilmaväliin laitetaan huokoista materiaalia. (RIL 129 2003, 16–18.)

Rei'itettyjä levyjä on myös mikrorei'itettyinä levyinä, joissa reikien halkaisija on enintään 1 mm, jonka avulla saadaan käytettyä hyödyksi ilmavirran kitka. Mikrorei'itetyn levyn toiminta perustuu samaan massa-jousijärjestelmään kuin normaali rei'itetyllä kovalevyllä. Toisin kuin rei'itetyssä levyssä, mikrorei'itetyn levyn taakse ei tarvitse laittaa huopaa, koska reikien koon takia vastus kasvaa suureksi. Absorptiosuhde mikrorei'itetyillä levyillä sijoittuu huokoisten materiaalien ja rei'itettyjen levyjen väliin. (RIL 243-1-2007 2007, 151.)

Levyresonaattirakenteella tarkoitetaan rakennetta, joka koostuu rakennuslevystä ja sen takana olevasta tilasta, joka voi olla tyhjä tai täytetty mineraalivillalla. Kyseinen rakenne absorboi hyvin matalia taajuuksia, mutta korkeat taajuudet heijastuvat levyjen pinnasta. Levyresonaattoreita ovat seinärakenteet, joissa on käytetty rakennuslevyjä. Levyresonaattoreina toimii myös ikkunat sekä monet ovet. (RIL 243-1-2007 2007, 152.)

## 7 RATKAISUT ÄÄNENERISTÄVYYDEN KANNALTA ESIMERKKIKOHITESSA

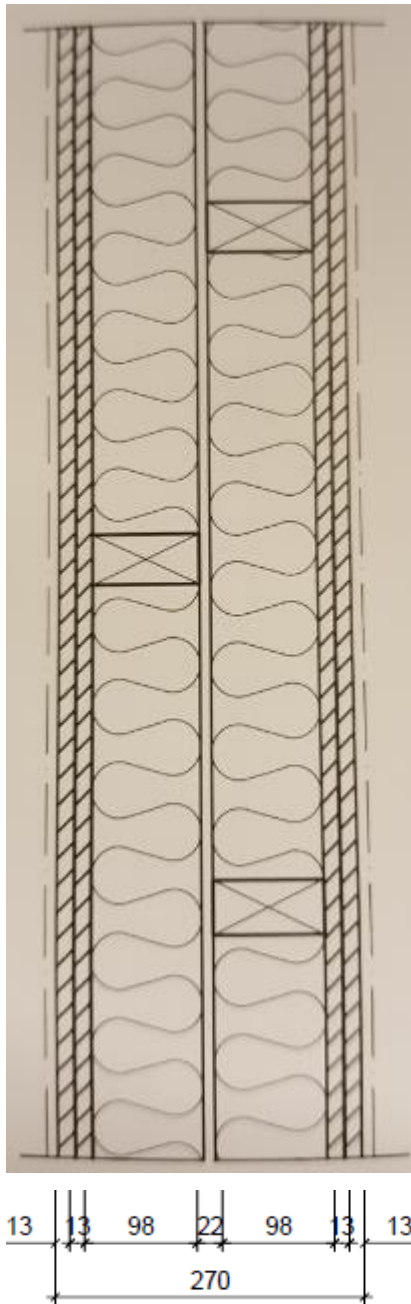
### 7.1 Esimerkkirakenne

Esimerkkirakennetta tarkastellaan ääneneristävyyden kannalta rakennedetaljipii-  
rustusten avulla. Esimerkkirakenteena toimii puurunkoisen rivitalon huoneiston  
välinen seinä ja sen liitokset alapohjaan, yläpohjaan ja ulkoseinään. Esimerkki-  
rakenteet ovat Hietakulma Oy:n käyttämiä rakenteita. Näillä rakenteilla pitäisi  
päästä huoneistojen välisessä seinässä ilmaääneneristävyyteen  $R'w \geq 55$  dB.

### 7.2 Rakenteet ja rakenneliitokset

#### 7.2.1 Huoneistonvälinen seinä

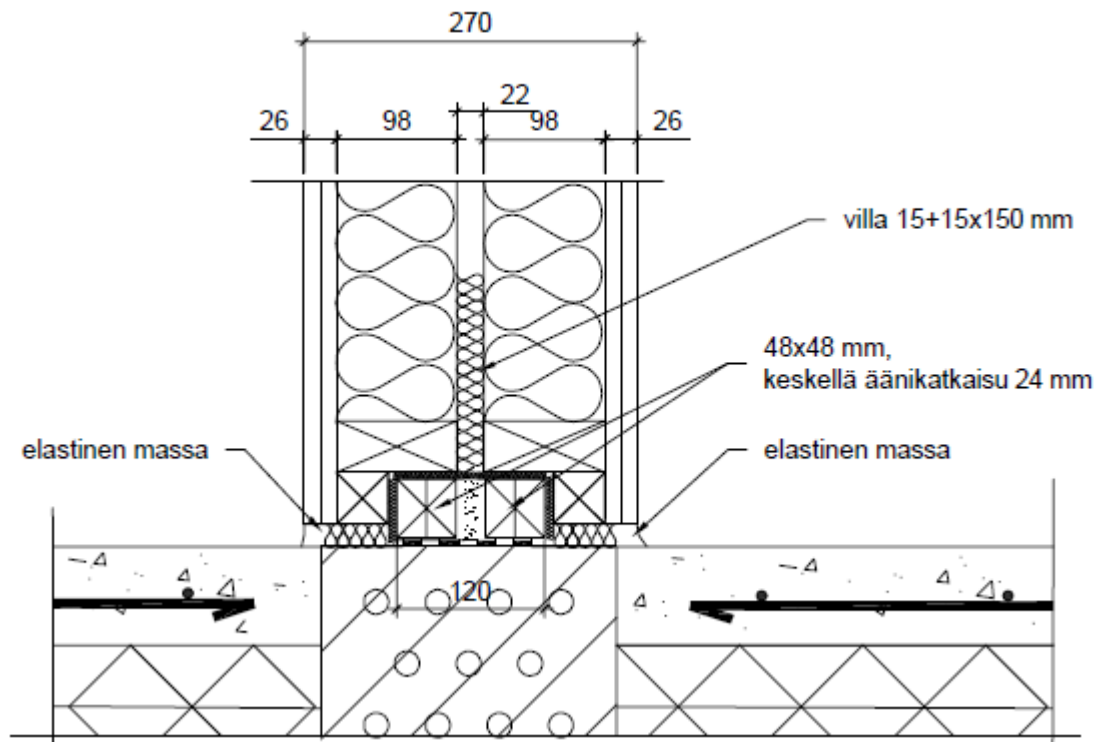
Hietakulma Oy käyttää huoneistojen välisessä seinässä kaksinkertaista puuran-  
kaa, jossa on kummallakin puolella tuplakipsilevytys. Runkojen välissä on 22 mm  
rako, joka erottaa rungot toisistaan. Rungot on kiinnitetty toisiinsa kahdella nau-  
lalevyllä per sivu, elementtiasennuksen helpottamiseksi. Runkoäänien kulkeutu-  
misen näiden naulalevyjen kautta on estetty laittamalla villaa naulalevyjen väliin  
ja alle rakennusvaiheessa. Runkotolpat ovat 48 x 98 mm 600 mm jaolla ja ne  
limitetään, siten etteivät ne ole samoilla kohdilla toisiinsa nähden (kuvio 13). Mas-  
sana tässä Hietakulman huoneistojen välisessä seinärakenteessa toimii tuplakip-  
silevytys kummallakin puolella rakennetta, yhteensä 26 mm rakenteen kummal-  
lakin puolella. Runkovahvuus, eli runkotolpat, villa ja runkojen välinen jako, toimii  
ilmajousena kyseisessä rakenteessa. Minimipaksuus runkovahvuudelle kevytra-  
kenteisilla kaksirunkoisilla levyseinillä on 145 mm, jotta saadaan riittävä ääne-  
neristävyys. Tarkasteltavassa rakenteessa runkovahvuus on 270 mm eli siis riit-  
tävä.



Kuvio 13. Huoneistojen välinen seinärakenne (Pihlaja 2017.)

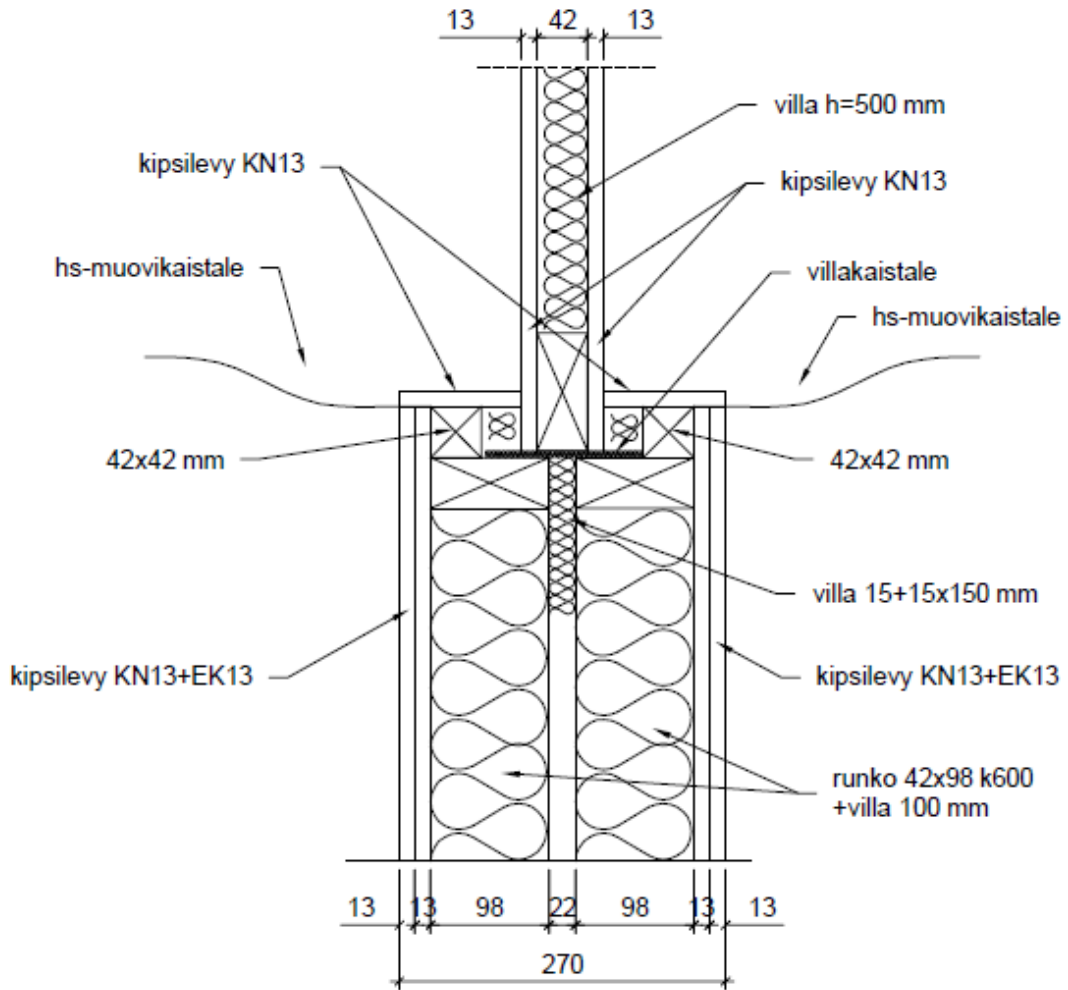
### 7.2.2 Alapohja ja yläpohja

Hietakulma Oy:n esimerkkirakenteessa on maanvarainen betonilattia ja perusmuuri on harkkorakenteinen. Tässä rakenteessa harkkoperusmuuria ei ole katkaistu eristeellä vaan alaojhauspuihin on tehty äänikatko (kuvio 14). Näin ollen kyseisellä rakenteella saattaa esiintyä äänen sivutiesiirtymiä lattian ja perustusten kautta toiseen huoneistoon. Alapohjan ja väliseinän liitoksista saadaan tiiviit tiivistämällä ne huolellisesti elastisella tiivistysmassalla.



Kuvio 14. Huoneistojen välisen seinän ja alapohjan liitos (Pihlaja 2017.)

Hietakulma Oy:n esimerkkirakenteessa huoneiston välisen seinän päälle asennetaan palokatkoristikko (kuvio 15) tekemään huoneistoin välisestä seinästä myös osastoivan seinän. Koko huoneiston välisen seinän yläpää vuorataan kipsillä ja tarvittaessa tiivistetään tiivistysmassalla, sekä ristikon alle laitetaan villa-kaistale vähentämään resonanssi-ilmiötä.

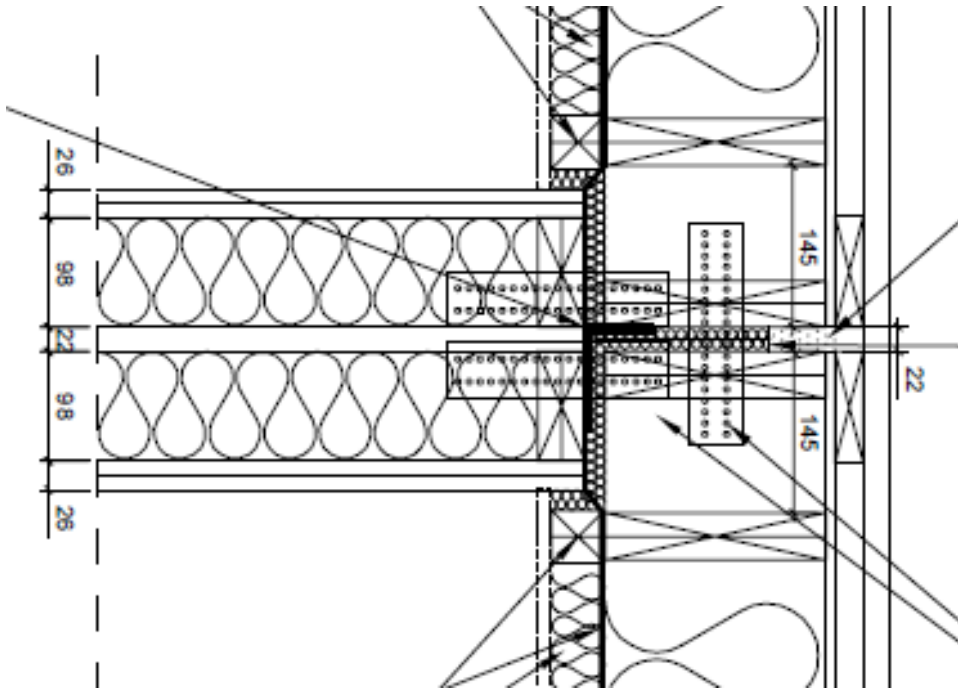


Kuvio 15. Huoneiston välisen seinän ja palokatkoristikon liitos (Pihlaja 2017.)

### 7.2.3 Huoneiston välisen seinän liitos ulkoseinän kanssa

Hietakulma Oy:n esimerkkirakenteessa huoneiston välisen seinän liitos ulkoseinään on toteutettu niin, että väliseinän runkopuoliskojen välille ei muodostu mekaanista yhteyttä (kuvio 16). Tämä on tärkeää sivutiesiirtymisen estämisen kannalta. Ulkoseinän sisäkuoreen jätetään rako väliseinää varten, johon väliseinä on helppo asentaa ja tiivistää esimerkiksi mineraalivillalla. Mineraalivilla asennetaan väliseinään jo rakennusvaiheessa elementin asennuksen helpottamiseksi.





Kuvio 16. Hietakulma Oy:n huoneiston välisen seinän liitos ulkoseinän kanssa (Pihlaja 2017)

## 8 HUONEISTOJEN VÄLISENSEINÄN ÄÄNENERISTYKSEN MITTAUS

### 8.1 Mittauksen kulku

Ääneneristävyyden mittauksessa Norsonic nor 140 -mittauslaitteella tarvitaan seinä, joka mitataan, mittauskalusto, joka ottaa tulokset ylös, sekä äänilähde, joka tuottaa ääntä halutulla voimakkuudella ja taajuudella.

Äänilähteestä tuleva ääni mitataan mittauslaitteella, jotta tiedetään millä voimakkuudella ja taajuudella ääni tulee. Mittauslaitteesta asetetaan, kuinka pitkältä ajalta arvot halutaan ja sen jälkeen laitetaan mittalaite sopivalle etäisyydelle seinästä. Mittauksen aikana kummassakaan tilassa ei saa olla ylimääräisiä häiriötekijöitä. Kun mittaus on ohi, tallennetaan mittaustulokset mittauslaitteeseen ja halutessaan niitä voi tarkastella jo laitteen näytöstä käsin. Mittaustulosten saamiseksi helpommin luettavaksi pitää mittauslaite yhdistää johdolla kannettavaan tietokoneeseen ja siellä vaadittavan ohjelmiston avulla muuttaa tulokset taulukkomuotoon, josta niitä on helppo tulkita.

### 8.2 Kohde

Mittaukset suoritettiin valmiissa rivitalokohteessa, johon asukkaat olivat muuttaneet noin kuukausi sitten. Mittauksena aikana asunnoissa ei ollut muita kuin mittaushenkilöt. Testihuoneina toimi kahden vierekkäisen asunnon olohuoneet, koska olohuone on asunnonmeluisin paikka yleensä. Olohuoneita erotti pinta-alaltaan 11 m<sup>2</sup> väliseinä (Kuvio 17). Kohteessa mitattiin ilmaääneneristävyys.



Kuvio 17. Huoneistoja erottava väliseinä

Huoneistoja erottaa kaksirunkoinen puurakenteinen seinä (kuvio 13), jossa on tuplakipsilevytys molemmin puolin ja runkojen välissä 10 mm ilmarako. Runkotolpat ovat 48x98 mm, jolloin runkovahvuudeksi saadaan 270 mm. Tämän rakenteen pitäisi saavuttaa tällaisenaan ilmaääneneristysluku huoneistojen välille  $R'w = 55$  dB.

### 8.3 Mittauslaitteisto

Mittauksissa käytettiin Norsonic nor 140 -mittauslaitetta, äänilähdettä (kuvio 18) sekä kannettavaa tietokonetta. Norsonic nor 140 –mittauslaitteessa (kuvio 19) on SD-kortti, jolle mittaustulokset tallentuivat. Mittaustulokset saadaan SD-kortilta tietokoneelle yhdistämällä Norsonic nor 140 tietokoneeseen ja sieltä muutettua vaadittavan ohjelman avulla muutettua ne Excel-taulukkoon luettavaksi.



Kuvio 18. Äänilähde seinän toisella puolella mikrofonista



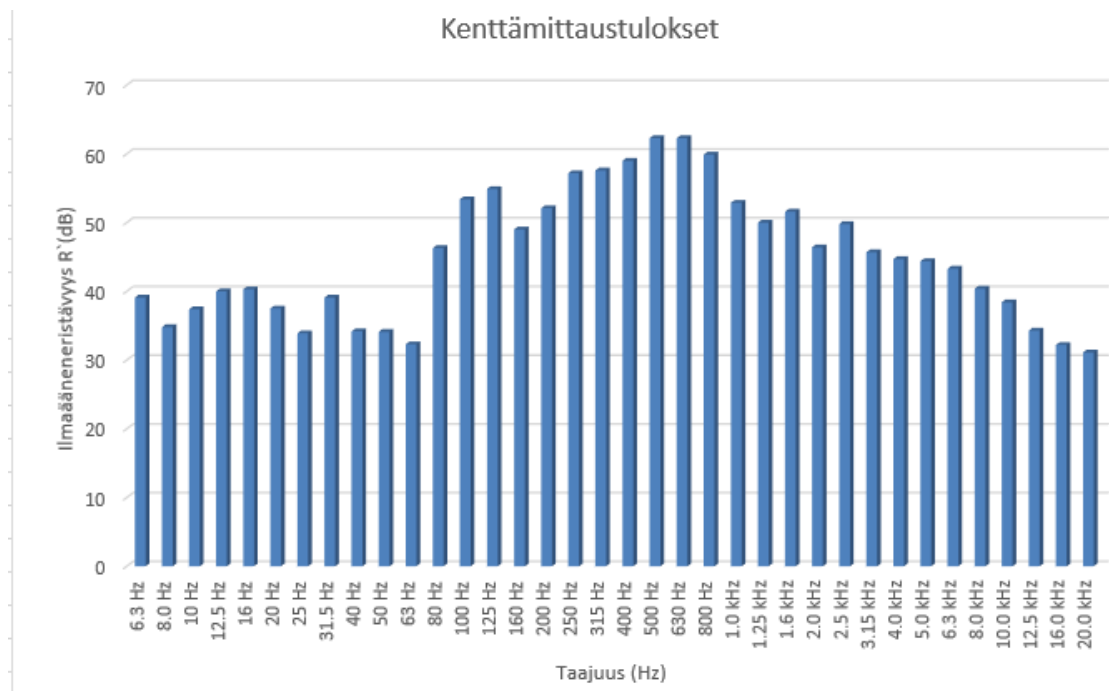
Kuvio 19. Norsonic nor 140 -mittalaite mittaustilanteessa seinän vieressä

#### 8.4 Mittaustulokset

Kohteeksi valitun seinän ilmaääneneristysmittauksen tulokseksi saatiin  $R_w = 41,1$  dB (kuviot 20 ja 21). Rakentamismääräyskokoelman C1 osassa annettu huoneistojenvälisen ääneneristysluvun vähimmäisarvo on  $R_w = 55$  dB, joten mittauksesta saatu tulos on alle sen.



Kuvio 20. Mittaustulokset mittalaitteessa ennen niiden siirtämistä kannettavalle tietokoneelle



Kuvio 21. Mittaustulokset muutettuna tauluktoon

## 8.5 Johtopäätökset kohteessa

Vaatimusten alittamisen syitä voi olla monia. Seinärakenteen vaatimukset pitäisi täyttyä laboratoriomittausten perusteella. Ääneneristävyyden heikkenemistä, joka johtuu sivutiesiirtymästä ei oteta huomioon laboratorio olosuhteissa, eikä äänen kulkeutumista runkoääninä. Myös, jos rakenteeseen on jäänyt rakoja, pääsee ääni kulkeutumaan esteettä tätä kautta. Asukkaat ovat olleet täysin tyytyväisiä huoneistoihin kuuluvien äänien määrästä, eikä heitä ole häirinnyt liiallinen melu toisista asunnoista. Myös mittaajien ammattitaidolla ja kokemuksella voi olla merkitystä mittaustuloksissa.

## 9 POHDINTA

Ääneneristämässä tärkeintä on, että huomioidaan kaikki äänen kulkureitit, jotta voidaan saavuttaa riittävä ääneneristävyys rivitalon huoneistojen välisessä seinässä. Seinärakenteen lisäksi pitää ottaa huomioon sivuavat rakenteet, joiden kautta ääni pääsee siirtymään sivutiesiirtymänä. Erityisesti seinärakenteen ja alapohjan liitoksen äänitekkinen katkaisu pitää tehdä niin hyvin, että sivutiesiirtymä sitä kautta olisi mahdollisimman pieni. Rakenteiden liitoskohdat pitää myös olla hyvin tiivistettyjä ja niihin pitää myös kiinnittää huomiota. Huomioimalla kaikki nämä seikat saadaan riittävä ääneneristävyys rivitalon huoneistojen välille.

Ääneneristävyysmittauksessa kannattaa kääntyä ammattilaisten ja kunnan laitteiden puoleen, jotta voidaan saavuttaa mahdollisimman luotettava mittaustulos. Mittaus itsessään on yksinkertainen toimenpide, mutta mittaustulosten tulkitseminen vaatii hyvää tietoa laitteesta ja ammattitaitoa ääneneristävyysmittauksesta.

## LÄHTEET

Isover Oy 2016. Viitattu 17.2.2017. <http://www.isover.fi/rakennekirjasto>

Laastikulma Oy 2016. Viitattu 18.2.2017. <http://www.laastikulma.fi/tuotevalikoima/rappaus/eristeet-ja-kiinnikkeet/mineraalivillaeriste>

Lahtela T. 2004. Ääneneristys puutalossa. Wood Focus Oy. Viitattu 22.2.2017. <http://www.puuinfo.fi/suunnitteluohjeet/%C3%A4%C3%A4neneristys-puutalossa>

Knauf Oy 2016. Viitattu 1.3.2017. <http://www.knauf.fi/tuotteet/akustiikkatuotteet/danoline-kipsiakustiikkatuotteet/>

Konto Oy 2016. Viitattu 3.3.2017. <https://www.konto.fi/fi/tuote-osasto/akustointilevyt/>

Paroc Group Oy 2015. Palo- ja äänikirja.

Pihlaja V. 2017. Liitoskuvia opinnäytetyöhön. Sähköposti ville.pihlaja@hieta-kulma.fi. 18.3.2017.

RIL 243-1-2007. 2007. Rakennusten akustinen suunnittelu. Akustiikan perusteet. Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry. Hakapaino Oy 2007.

RIL 243-2-2007. 2007. Rakennusten akustinen suunnittelu. Oppilaitokset, auditoriot, liikuntatilat ja kirjastot. Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry. Hakapaino Oy 2007.

RIL 129. 2003 Ääneneristysten toteuttaminen. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry

Tarmia M. 2013. Äänitekniikan perusteet. Otavan Opisto.

Ympäristöopas, 2003. Rakennuksen ääniolosuhteet. Ympäristöministeriön julkaisu 99. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Ääneneristys. Helsinki. Paroc Group Oy. Viitattu 2.3.2017. <http://www.paroc.fi/knowhow/aani/aaneneristys>