



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Ville Jokitalo

Huoneistojen välisen seinän rakenneratkaisuista

Opinnäytetyö

Kevät 2022

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Rakennusalan työnjohto

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Ville Jokitalo

Työn nimi: Huoneistojen välisen seinän rakenneratkaisuista

Ohjaaja: Jorma Tuomisto

Vuosi:2022

Sivumäärä: 31

Liitteiden lukumäärä:0

Tässä opinnäytetyössä käsitellään huoneistojen välisen väliseinän rakentamista eri materiaaleilla ja tavoilla, jotta se täyttää rakenteelle määrätyn ilmaääneneristysluvun 55 dB.

Työssä tutkitaan huoneistojen välisiä väliseiniä kaksoisrakenteena kevytsoraharkoista muuraamalla ja puurunkoisena.

Työssä tutkitaan eri materiaalien ilmaääneneristävyttä sekä etsitään parasta ratkaisua toteuttaa tutkitulla materiaalilla huoneistojen välinen väliseinä. Siinä tutkitaan, miten äänen sivutiesiirtymä voidaan estää väliseinän ja ulkoseinän liitoksessa.

Tutkimuksen apuna on käytetty aiheesta hyvin löytyvää kirjallisuutta, tutkimuksia sekä RT- ja Ratu-kortistoa.

Tutkimus rajoittuu pääasiassa pientalopuolen ratkaisuihin, mutta osaa tutkituista huoneistojen välisistä seinäratkaisuista käytetään myös isoimmissa rakennuksissa.

Tutkimuksen lopputuloksena löytyi yllättävän monta väliseinäratkaisua, joista huoneistojen välinen väliseinä voidaan toteuttaa.

¹ Asiasanat: ilmaääneneristävyys, sivutiesiirtymä, elementti

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Construction Site Management

Specialisation: Building Construction

Author: Ville Jokitalo

Title of thesis: Structure solutions of a dividing wall between apartments

Supervisor: Jorma Tuomisto

Year:2022

Number of pages: 31

Number of appendices:0

This thesis discussed building a dividing wall between apartments with different materials and ways to fulfil the defined airborne sound insulation figure 55dB of the structure.

In the thesis, dividing walls between apartments were studied as dual structure, with masonry lightweight ingots and wood framing.

Airborne sound insulation of different materials was examined and the best solution to implement a dividing wall with analyzed material was sought. It was studied how lateral displacement of voice could be prevented in the joint of a dividing wall and an external wall.

Literature, studies, building instruction file and building manual on rakennustieto.fi were used as a help in the thesis.

Discussion was mainly limited to the solutions of small houses, but some of the dividing walls studied were also used in bigger buildings.

As a result, there were surprisingly many solutions that could be used as a dividing wall between apartments.

¹ Keywords: apartment, airborne, material

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo	6
1 TEORIAA	9
1.1 Huoneistojen välinen seinä	9
1.2 Ääni	9
1.2.1 Äänentaajuus	10
1.2.2 Äänenvoimakkuus	10
1.2.3 Ääneneristävyys	10
1.2.4 Sivutiesiirtymä	11
1.2.5 Ilmääneneristävyysluku R_w (dB) tai R'_w (dB)	12
1.3 Paloturvallisuus	12
1.3.1 Paloluokat	13
1.3.2 Palonkestävyys	14
2 HUONEISTOJEN VÄLISEN VÄLISEINÄN RAKENTEITA	15
2.1 Betoniväliseinä	15
2.1.1 Paikallavalettu betoniväliseinä	16
2.1.2 Elementtirakenteinen betoniväliseinä	16
2.1.3 Valuharkoilla toteutettu betoniväliseinä	17
2.2 Kevytsoraharkkoväliseinä	17
2.2.1 Tapa 1	18
2.2.2 Tapa 2	19
2.2.3 Tapa 3	19
2.3 Puuväliseinä	20
2.3.1 Puurunkoisen väliseinän liitos puurunkoiseen ulkoseinään	21
2.3.2 Puurunkoisen väliseinän liitos maanvaraiseen teräsbetonilaattaan	22
2.3.3 Puurunkoinen seinä elementteinä	23

3 KUSTANNUKSET	25
3.1 Paikallavalettu betoniseinä suurmuotein	26
3.2 Kevytsoraharkkoväliseinä.....	27
3.3 Puurunkoinen väliseinä	27
4 JOHTOPÄÄTÖKSET	29
LÄHTEET	30

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo

Kuvio 1. Sivutiesiirtymä.....	12
Kuvio 2. Huoneistojen välisen seinän rakentaminen tapa 1.....	19
Kuvio 3. Huoneistojen välisen seinän rakentaminen tapa 2.....	19
Kuvio 4. Huoneistojen välisen seinän rakentaminen tapa 3.....	20
Kuvio 5. Huoneistojen välinen seinärakenne puurungosta Lahtelan.....	21
Kuvio 6. Puurunkoisen väliseinän liittyminen puurunkoiseen ulkoseinään.....	22
Kuvio 7. Puuväliseinän liittäminen teräsbetonilaattaan	23
Kuvio 8 Puurunkoinen huoneiston välinen seinä elementtinä	24
Kuvio 9. Betoniväliseinä paikallavalamalla suurmuottityönä, materiaali- sekä työkustannukset.....	26
Kuvio 10. Kevytsoraharkk väliseinän työ- ja materiaalikustannukset	27
Kuvio 11. Puurunkoisen kaksoisrunkorakenteen työ- ja materiaalikustannukset.....	28
Taulukko 1. Äänenpainetasoja.....	10
Taulukko 2. Raon koon vaikutus ilmaääneneristävyyteen	11
Taulukko 3. P3-paloluokan rakennuksen rajoitukset.....	13
Taulukko 4. P3-paloluokan rakennuksen rajoitukset.....	14
Taulukko 5. 2 Laskettu ilmaääneneristävyys betoniseinän paksuuden kasvaessa.....	15
Taulukko 6. Betoniseinän palonkestoluokka	16
Taulukko 7. Ladottavien valuharkkojen ilmaääneneristävyys arvoja.....	17

Taulukko 8. Kevytsoraharkkojen palonkestoajoja	18
--	----

Käytetyt termit ja lyhenteet

dB	Desibeli, jota käytetään äänenvoimakkuuden yksikkönä.
EPDM	Kumitiiviste vaativiin liitoksiin, jolla on korkea kulutuksenkestävyys.
Hz	Hertsi, taajuuden yksikkö.
Ilmajousi	Kevyiden rakenteiden kerrosten välissä oleva ilmatila.
R'_w dB	Ilmaääneneristävyyysluku, laboratoriossa mitattu.
R_w dB	Ilmaääneneristävyyysluku, huoneistossa paikan päällä mitattu.
REI	Rakenteessa, R: kantavuus, E: tiiviys, I: eristävyys.
RUH-150	Suorakulmainen 150 mm leveä reikäuraharkko.
Sivutiesiirtymä	Äänen kulkeutuminen liitosten kautta.

1 TEORIAA

Tässä osiossa kerrotaan hieman teoriaa huoneistojen välisestä seinästä. Luvussa kerrotaan seinälle vaadituista palo- ja ääneneristävyyksistä sekä hieman äänen sivutiesiirtymästä ja ilmaääneneristävyysluvusta.

1.1 Huoneistojen välinen seinä

Huoneistojen välisen väliseinän tehtävänä on jakaa huoneistot omiksi huoneistoiksi. Eri huoneistoissa tapahtuvien toimintojen ei tulisi aiheuttaa liikaa häiriötä tai vaaraa toisten huoneistojen käyttäjille. Asuinrakennuksen huoneistojen väliseltä väliseinältä vaaditaan tietyt ääneneristysvaatimukset, ilmaääneneristysluku $R'_w \geq 55$ db (Lahtela, 2020, s. 14) sekä paloneristysvaatimukset P3-paloluokassa EI30 (Rakennustieto, 2020, s. 8).

Huoneistojen välinen seinä voidaan toteuttaa monesta eri materiaalista mm. betonista, kevytsoraharkoista, kalkkihiekkatiilestä ja puusta. Huoneistojen välinen seinä rakennetaan yleensä joko yksinkertaisena tai kaksinkertaisena rakenteena.

1.2 Ääni

Ääni on mekaanista värähtelyä ja sen aaltomaista etenemistä väliaineessa. Ääni tarvitsee aina ainetta kulkeakseen, tätä sanotaan väliaineeksi. Eri väliaineissa ääni kulkee eri vauhtia. Ilma on tyypillisin väliaine, ja siinä äänen nopeus on 343 metriä sekunnissa. (Hirvikunnas. ym., 2020).

Huoneistojen välisessä seinässä esiintyy myöskin runkoääntä. Runkoääniä ovat mm. ovien pauke, vesihanoissa veden kohina, seinään kohdistuvat kopinat ja askelista tuleva kopina. Mitä tiheämpää aine on, sitä nopeammin ääni siinä etenee (Denut, 2020). Seppäsen ym. (2005, s. 91) mukaan teräksessä äänen nopeus on n. 5100 m/s, betonissa äänen nopeus on n. 4300 m/s, puussa äänennopeus on n. 3500 m/s.

1.2.1 Äänentaajuus

Asuinrakennuksessa esiintyy erilaisia äänitaajuuksia. Puheääni tuottaa ääntä 50 Hz – 10 000 Hz taajuusalueella sekä askeläänet taajuusalueella 25 Hz – 200 Hz (Lahtela, 2020, s. 11). Ihmisen kuulo ei ole herkimmillään alle 100 Hz eikä yli 3150 Hz:n taajuusalueilla. Rakenteiden ääneneristys ja käyttäytyminen muuttuvat taajuuden muuttuessa. Esimerkiksi kevyet väliseinät ovat huonoja estämään matalien äänentaajuuksien läpäisemisen.

1.2.2 Äänenvoimakkuus

Äänenvoimakkuuden yksikkö on desibeli, joka ilmoitetaan lyhenteellä dB. Alla olevassa kuviossa on esitetty eri äänenpainetasoja.

Taulukko 1. Äänenpainetasoja (Lahtela, 2020, s. 12).

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

1.2.3 Ääneneristävyys

Rakenteiden ääneneristävyys vaikuttaa rakenteen massa (Lahtela, 2020, s. 23). Kevyet yksinkertaiset seinät värähtelevät enemmän kuin raskasrakenteiset, ja näin ollen värähtelyt siirtyvät helpommin rakenteen läpi. Kevyiden rakenteiden ääneneristävyttä voidaan parantaa tekemällä niistä kaksinkertaisia, jolloin kerrosten väliin kehittyy ilmatila eli ”ilmajousi”. Näin seinän läpi kulkeva äänen värähtely vaikeutuu huomattavasti. Pintojen tulee olla tiiviitä, jotta ääni ei pääse niiden kautta kulkeutumaan rakenteiden läpi. Alla olevasta taulukosta nähdään, kuinka raon koko vaikuttaa 180 mm paksun betoniseinän ilmaääneneristykseen. Raon pituus on 2500 mm.

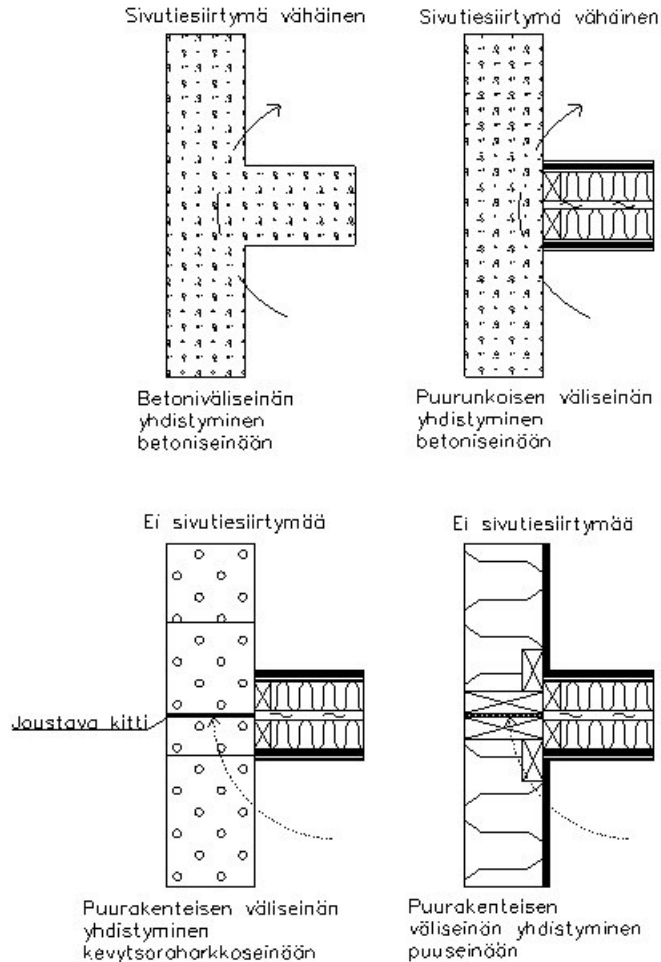
Taulukko 2. Raon koon vaikutus ilmaääneneristävyyteen (Kylliäinen, 2011).

Ehjä seinä	$R'_w=59\text{dB}$
Rako 0,1mm	$R'_w=57\text{dB}$
Rako 0,5mm	$R'_w=47\text{dB}$
Rako 1,0mm	$R'_w=42\text{dB}$

1.2.4 Sivutiesiirtymä

Ääni voi kulkea seinän liitoksien kautta huoneistosta toiseen, mitä sanotaan sivutiesiirtymäksi. Varsinkin yhtenäisellä kovapintaisella rakenteella tämä korostuu ja ääni pääsee värähtelemään rakenteen läpi. Seinän liitosten yhtenäiset kovapintaiset rakenteet on katkaistava ja näiden väliin asennettava värähtelemätöntä materiaalia, esimerkiksi villaa tai joustavaa kittiä.

Alla olevasta kuvasta näemme esimerkkejä, kuinka ylemmissä detaljeissa sivutiesiirtymä on vähäinen ja alla olevissa detaljeissa sivutiesiirtymä on estetty katkaisemalla rakenne (Lah-tela, 2020, s. 38).



Kuvio 1. Sivutiesiirtymä (Lahtela, 2020, s. 38).

1.2.5 Ilmaääneneristävyytluku R_w (dB) tai R'_w (dB)

Ilmaääneneristävyydellä tarkoitetaan huoneistojen seinän välistä ääneneristävyyttä eli sitä, kuinka rakenne läpäisee ääntä huoneistojen välillä. R_w (dB) ja R'_w (dB)-lukujen erona on se, että R_w (dB) on mitattu huoneistoissa paikan päällä, kun taas R'_w (dB) on mitattu laboratorio-olosuhteissa (Lahtela, 2020, s. 8).

1.3 Paloturvallisuus

Huoneistojen välistä seinää suunniteltaessa on kiinnitettävä huomiota myös paloturvallisuuteen. Seinien liitoksissa ja mahdollisissa läpivienneissä on oltava erityisen tarkkana, jotta palokatkot saadaan ratkaistua asianmukaisesti.

1.3.1 Paloluokat

Rakennukset jaetaan neljään eri paloluokkaan, P0, P1, P2, P3. Samassa rakennuksessa voi olla eri paloluokituksen jaettuja osia, ja tässä edellytetään, että ne on osastoitu palomuurilla (Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017). Rakennuksen käyttötarkoitus ja koko määräävät paloluokan. Alla olevassa taulukossa on P3-paloluokan rajoitukset.

Taulukko 3. P3-paloluokan rakennuksen rajoitukset (Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017).

Rakennus	Kerros-luku enintään	Korkeus ¹ enintään	Kerrosala enintään
1-kerroksinen, yleensä	1	9 m	2400 m ² (4800 m ^{2*})
2-kerroksinen, yleensä	2	9 m	1600 m ² (2400 m ^{2*})
Hoitolaitos	1	9 m	2400 m ²
Tuotanto- varastoraken- nus	1 ²	14 m	ei rajoitusta
Erillisenä rakennuksena oleva maataloustuottei- den kuivaamo	1	18 m	ei rajoitusta
Autosuoja	1	9 m	ei rajoitusta
Asuinrakennus, jonka päällekkäiset kerrokset kuuluvat eri asuinhuo- neistoon	ei sallittu	ei sallittu	ei sallittu
	¹ Rakennuksen korkeus on julkisivupinnan ja vesikatkon leikkauslinjan korkeus maan pinnasta (MRA 58§). Tarvittaessa lasketaan rakennuksen nurkkapisteiden korkeuksien keskiarvo	² Pääosin 1-kerroksisessa rakennuksessa toisen kerroksen tasolle saa sijoittaa osastoituna enintään 200 m ² ja osastoimattomana enintään 50 m ² oleellisesti rakennuksen toimintaan liittyviä tiloja.	* Rakennus on varustettu tarkoitukseen sopivalla automaattisella sammutuslaitteistolla

Alla olevassa taulukossa on P2-paloluokan rajoitukset.

Taulukko 4. P3-paloluokan rakennuksen rajoitukset (Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017).

Rakennus	Kerros-luku enintään	Korkeus ⁴¹ enintään	Kerrosala enintään
Yleensä	2	9 m	ei rajoitusta
1-kerroksinen tuotanto- ja varastorakennus	1 ⁴²	ei rajoitusta	ei rajoitusta
Palovaarallisuusluokan 2 tuotanto- ja varastorakennus	1 ⁴²	ei rajoitusta	ei rajoitusta
Yli 2-kerroksinen asuinrakennus, hoitolaitos (pois lukien suljettu rangaistuslaitos), majoitusrakennus ja työpaikkarakennus ⁴³	8 [*]	28 m [*]	12 000 m ² [*]
Yli 2-kerroksinen koontumis- ja liikerakennus ⁴³	4 [*]	14 m [*]	12 000 m ² [*]
Yli 2-kerroksinen asuinrakennus, jonka kaikki kerrokset kuuluvat asunnoittain samaan asuinhuoneistoon ⁴³	4	14 m	12 000 m ² [*]
⁴¹ Rakennuksen korkeus on julkisivupinnan ja vesikaton leikkauslinjan korkeus maan pinnasta (MRA 58§). Tarvittaessa lasketaan rakennuksen nurkkapisteiden korkeuksien keskiarvo	⁴² Pääosin 1-kerroksisessa rakennuksessa toisen kerroksen tasolle saa sijoittaa osastoituna enintään 200 m ² ja osastoimattomana enintään 50 m ² oleellisesti rakennuksen toimintaan liittyviä tiloja.	⁴³ Rakennuksessa ei sallita tiloja, joissa on palokuormaa yli 1 200 MJ/m ² .	[*] Rakennus on varustettu tarkoitukseen sopivalla automaattisella sammutuslaitteistolla.

1.3.2 Palonkestävyys

Rakenteille määritellään käyttötarkoitusten mukaan eri palonkestovaatimukset, jotka ilmaistaan REI-luokkina. R-merkintä tarkoittaa kantavuutta, E-merkintä rakenteen tiivyyttä ja I-merkintä rakenteen eristävyttä (Puuinfo, 2020). Otettakoon esimerkkinä RUH-200-kevytsoraharkko, joka on 200 mm paksu, tälle on annettu palonkestoajoiksi EI 240 ja REI 240. Materiaali säilyttää palotilanteessa kantavuutensa, tiivytensä ja eristävyytensä 240 minuuttia (Petrow ym., s. 23).

2 HUONEISTOJEN VÄLISEN VÄLISEINÄN RAKENTEITA

Tässä osiossa kerrotaan, miten huoneistojen välinen väliseinä voidaan rakentaa eri materiaaleista ja yhdistämällä eri materiaaleja, jotta vaadittu ilmaääneneristysluku $R'_w \geq 55\text{dB}$ täyttyy. Rakenteet myös täyttävät minimissään EI60-palomääräykset. Tässä osiossa on myös kerrottu pääpiirteet seinän rakentamisesta.

2.1 Betoniväliseinä

Betoni on hyvin ääntä eristävä materiaali ja näin ollen suosittu varsinkin kerrostalorakentamisessa. Betoniseinän tulee olla vähintään 180 mm paksu, jotta se täyttää vaadittavan ilmaääneneristysluvun $R'_w \geq 55\text{dB}$. Betoniseinä eristää hyvin ääntä massansa takia. 180 mm betoniseinä painaa n. 450 kg/m^2 . Paikallavaletun betoniseinän etuna on se, että se voidaan tehdä yksirakenteisena. Tämä säästää aikaa, ja rakenne on ohut verrattuna muista materiaaleista tehtyihin seiniin. Alla olevasta taulukosta näemme, kuinka betoniseinän paksuutta lisäämällä 180 mm:stä 240 mm:n R'_w -luku kasvaa 5 dB.

Taulukko 5. Laskettu ilmaääneneristävyys betoniseinän paksuuden kasvaessa (Kylliäinen, 2011, s. 22).

Betonin paksuus	Ilmaääneneristävyys R'_w
60 mm	45 dB
120 mm	53 dB
180 mm	59 dB
240 mm	64 dB

Alla olevasta taulukosta näemme betoniseinän palonkestoluokat seinän paksuuden mukaan.

Taulukko 6. Betoniseinän palonkestoluokka (Kestävä kivitalo, i.a.).

Palonkestoluokka	Betoniseinän paksuus
EI 60	80 mm
REI 60 / EI 120	120 mm
REI 120 / EI 180	160 mm
REI 180 / EI 240	180 mm
REI 240	240 mm

2.1.1 Paikallavalettu betoniväliseinä

Paikallavalettu betoniseinä voidaan toteuttaa suurmuotti-, vanerimuotti- tai lauttamuottityönä. Paikallavalettu seinä voidaan yleensä valaa yhtenäisenä seinänä, näin pinnasta tulee tiivis ja hyvin ääntä eristävä.

Betoniväliseinä rakennetaan yleensä perusmuurin taikka teräsbetonianturan päälle. Muotit pystytetään tai rakennetaan paikan päällä. Samalla tehdään seinän rauditus erillisen rauditussuunnitelman mukaan. Valu suoritetaan useimmiten betonipumppuautolla. Betonin sauvatäryttämiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota, jotta valmiista betonipinnasta saadaan mahdollisimman tiivis. Muotit puretaan vasta, kun betoni on saavuttanut muotipurkujuuden. Tästä vastaa vastaava työnjohtaja tai betonitöiden johtaja (Rakennustieto, 2012b, s. 8–10; 2012a, s. 6–13; 2012c, s. 9).

2.1.2 Elementtirakenteinen betoniväliseinä

Huoneistojen välinen seinä voidaan myös toteuttaa betonielementteinä. Betonielementit asennetaan yleensä valmiin perusmuurin taikka teräsbetonianturan päälle. Tässä tapauksessa betonielementti ostetaan tehtaalta, jonka jälkeen se toimitetaan työmaalle ja asennetaan nosturia apuna käyttäen paikalleen. Paikalleen asentamisen jälkeen on kiinnitettävä erityistä huomiota elementin saumojen valuihin, koska jokaisesta pienestäkin valureiästä ääni pääsee kulkeutumaan elementin läpi toiseen huoneistoon.

2.1.3 Valuharkoilla toteutettu betoniväliseinä

Huoneistojen välinen seinä voidaan myös toteuttaa valuharkoilla. Valuharkot ovat tehtaalla maakostealla betonimassalla valmistettuja ja niiden tiheys on $> 2200 \text{ kg/m}^3$ (Lakka, 2019 s.3; 2021, s. 17).

Valuharkkoja on eri paksuisia. Pituus on yleensä 598 mm ja korkeus 200 mm. Valuharkoilla toteutetussa väliseinässä ilmaääneneristävyys on samaa luokkaa kuin betoniväliseinässä, kunhan ladonta ja betonivalut on toteutettu työohjeiden mukaisesti. Alla olevasta taulukosta näemme eri paksuisten valuharkkojen ääneneristysarvoja.

Taulukko 7. Ladottavien valuharkkojen ilmaääneneristävyys arvoja (Lakka, 2021, s. 17).

Valuharkon paksuus	Ilmaääneneristävyys R_w
MH-150 valettuna 150 mm	56 dB
MH-200 valettuna 200 mm	61 dB
MH-150 + min.villa 50mm + MH-150	87 dB

Työt aloitetaan yleensä teräsbetonianturan päältä. Ladonta aloitetaan päädystä (Lakka, 2019 s. 9–12). Harkkojen urospontti lukittuu edellisen harkon avoimeen valuonteloon. Ensimmäistä kerrosta ladottaessa on suositeltavaa käyttää kiiloja, joilla tasataan anturassa olevia korkoeroja. Valuharkoissa on reiät sisäpuolella betonointia varten. Nämä pitäisi olla kohdakkain ladottaessa, jotta betoni pääsee tunkeutumaan tiiviisti valuharkkojen onteloihin. Valuharkot raudoitetaan raudoitussuunnitelman mukaan vaaka- ja pystyteräksillä. Valuharkkojen betonointi suoritetaan kerroksittain. Enimmäiskorkeus valulle on 1,5 m. Valu tiivistetään käyttämällä halkaisijaltaan 20–25 mm sauvatärytintä. Mahdolliset betonipurseet ym. betonijäämät on hyvä putsata harkon pinnasta välittömästi valun jälkeen.

2.2 Kevytsoraharkkoväliseinä

Kevytsoraharkko on paljon kevyempää (700 kg/m^3) kuin betoni (2500 kg/m^3), ja näin ollen se ei eristä ääntä yhtä tehokkaasti kuin betoni (Rakennustieto, 2019, s. 8–11). Vertailuna

otettakoon RUH-200 eli 200 mm paksu kevytsoraharkko, jonka $R'_w \geq 44\text{dB}$, kun taas vastaavan 200 mm paksuisen betoniseinän $R'_w \geq 61\text{dB}$.

Kevytsoraharkoista tehtävä väliseinä on työnä hitaampi kuin esimerkiksi betoniseinän rakentaminen. Luvussa 3 esitetyn kustannuslaskelman mukaan työtunteja menee kymmenkertaisesti harkoista tehtäessä verrattuna paikallavalettuun betoniseinän rakentamiseen.

Kevytsoraharkkojen muuraaminen aloitetaan usein teräsbetonianturan päältä. Ensimmäisenä on tarkistettava muurausjako, jotta pystysaumamat eivät olisi samassa kohdassa muurauksen edetessä. Muuraus aloitetaan aina nurkasta ohjureita sekä linjalankaa apuna käyttäen. Muurauksen edetessä tarvitaan muuraustelineitä. Harkkosaumoihin asennetaan raudoitussuunnitelmien mukaiset raudoitteet.

Alla olevassa taulukossa on eri kevytsoraharkkojen palonkestoajoja.

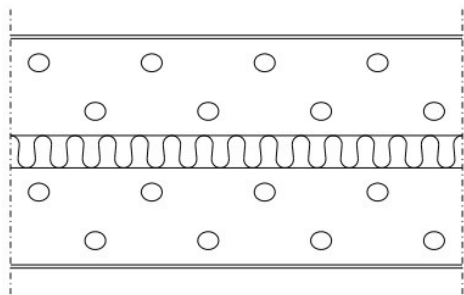
Taulukko 8. Kevytsoraharkkojen palonkestoajoja (Petrow ym. s. 23).

Palonkestoluokka	Harkon paksuus
EI 120 / REI 60	UH-100 : 100 mm
EI 180 / REI 90	RUH-125 : 125 mm
EI 240 / REI 120	RUH-150 : 150 mm
EI 240 / REI 240	RUH-200 : 200 mm
EI 240 / REI 240	RUH-240 : 240 mm

Jotta haluttuun ilmajääneristävyyteen $R'_w \geq 55\text{ dB}$ päästäisiin, voidaan huoneistojen väliseinä rakentaa muun muassa seuraavien lukujen esittämällä kolmella tavalla.

2.2.1 Tapa 1

Alla olevassa kuviossa 2 on $R'_w 55\text{ dB}$ kevytsoraharkkorakenne (Petrow ym. 2016, s.25). Rakenne kerrottuna seuraavasti ylhäältä alaspäin: 5 mm tasoite, 150 mm kevytsoraharkko, 50 mm mineraalivilla, 150 mm kevytsoraharkko, 5 mm tasoite.

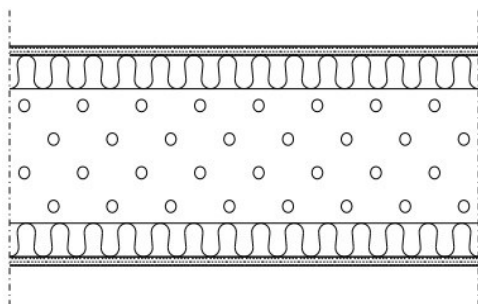


Kuvio 2. Huoneistojen välisen seinän rakentaminen tapa 1 (soveltaen Petrow ym., 2016, s. 25).

Tässä rakenne on katkaistu keskeltä ja saatu näin 50 mm ilmajousi.

2.2.2 Tapa 2

Alla olevassa kuviossa 3 on R'_w 55 dB kevytsoraharkkorakenne. Rakenne kerrottuna seuraavasti ylhäältä alaspäin: 13 mm kipsilevy, 50 mm mineraalivilla ja rimoitus, 200 mm kevytsoraharkko, 50 mm mineraalivilla ja rimoitus, 13 mm kipsilevy.



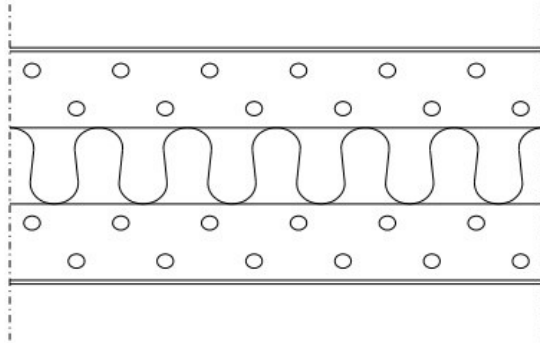
Kuvio 3. Huoneistojen välisen seinän rakentaminen tapa 2 (soveltaen Petrow ym., 2016, s. 25).

Tässä rakenteessa 200 mm paksun kevytsoraharkkon kylkeen lisätty kummallekin puolelle 50 mm mineraalivilla sekä lisäksi 13 mm kipsilevy.

2.2.3 Tapa 3

Alla olevassa kuviossa 4 on R'_w 55 dB kevytsoraharkkorakenne, joka on toteutettu kaksois-seinärakenteena.

Rakenne kerrottuna seuraavasti ylhäältä alaspäin: 5 mm tasoite, 100 mm kevytsoraharkko, 100 mm mineraalivilla, 100 mm kevytsoraharkko, 5 mm tasoite.

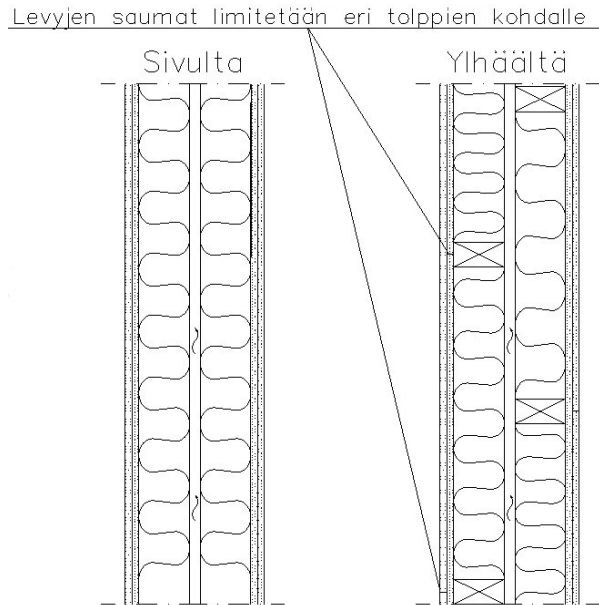


Kuvio 4. Huoneistojen välisen seinän rakentaminen tapa 3 (soveltaen Petrow ym., 2016, s. 25).

Yllä oleva rakenne on saman tyyppinen kuin tapa 1, mutta kevytsoraharkot ovat kapeammat, 100 mm paksut, ja keskellä oleva ilmajousi on kasvatettu 100 mm paksuksi. Näistä vaihtoehtoista päädyin tutkimaan kuvion 2 ratkaisua. Rakenne koostuisi 5 mm tasoitteesta, RUH-150-kevytsoraharkosta, 50 mm mineraalivillasta, RUH-150-kevytsoraharkosta ja 5 mm tasoitteesta. Kokonaisseinän paksuudeksi tuli tällä ratkaisulla 360 mm, joka on tuplasti paksumpi kuin vastaavan R'_w -luvun omaava betoniseinä.

2.3 Puuväliseinä

Mänty ja kuusi ovat Suomessa yleisimmät käytetyt rakennuspuulajit, niiden tiheys on 370–550 kg/m³ (Puuinfo, 2020). Puun ääneneristävyys kevyen massansa takia on huono, otettakoon erimerkkinä 200 mm paksu höylähirsi, jonka ilmaääneneristävyysluku on vain 40 dB. Huoneistojen välisen seinän osalta vaadittavaan $R'_w \geq 55$ dB päästään järkevimmin kaksoisseinärakenteen avulla. Kaksoisseinärakenne koostuu ulkopinnoilla olevista levyrakenteesta ja niiden välissä olevasta ilmatilasta, jonka tulee olla vähintään 145 mm.

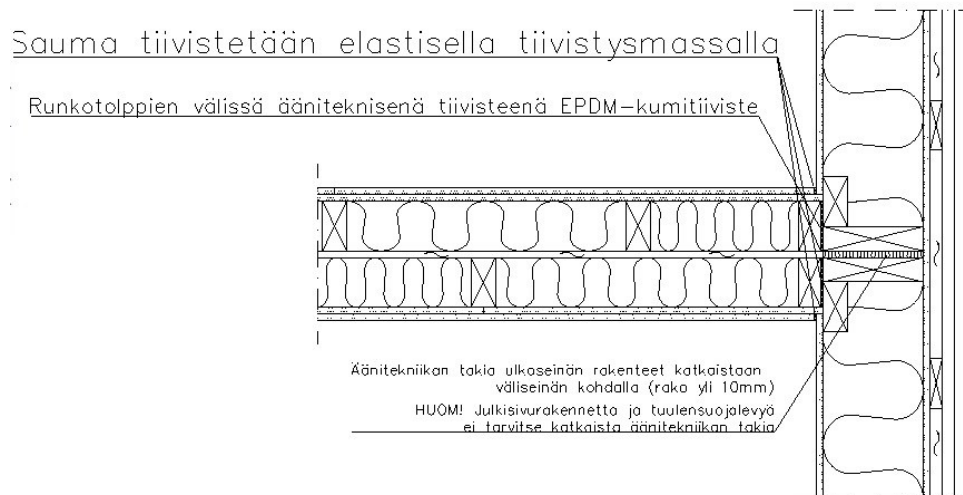


Kuvio 5. Huoneistojen välinen seinärakenne puurungosta Lahtelan (2020, s. 14) mukaan.

Yllä oleva kuva selitettynä rakennekerroksittain: 2x13 mm EK-kipsilevy, 48x98 runko, il-maväli minimissään 20 mm, 28x98 runko, 2x13 mm EK-kipsilevy (Lahtela, 2020, s. 14). Rungot eivät saa olla lainkaan yhteydessä toisiinsa, koska muuten syntyisi paikallisia ääni-siltoja. Levyjen saumat limitetään eri runkotolppien kohdalle, jotta levytyksestä tulisi mah-dollisimman tiivis.

2.3.1 Puurunkoisen väliseinän liitos puurunkoiseen ulkoseinään

Puurunkoisessa seinien liitoksessa sivutiesiirtymä saadaan poistettua katkaisemalla ra-kenne seinien liitoskohdalta alla olevan kuvan mukaisesti.

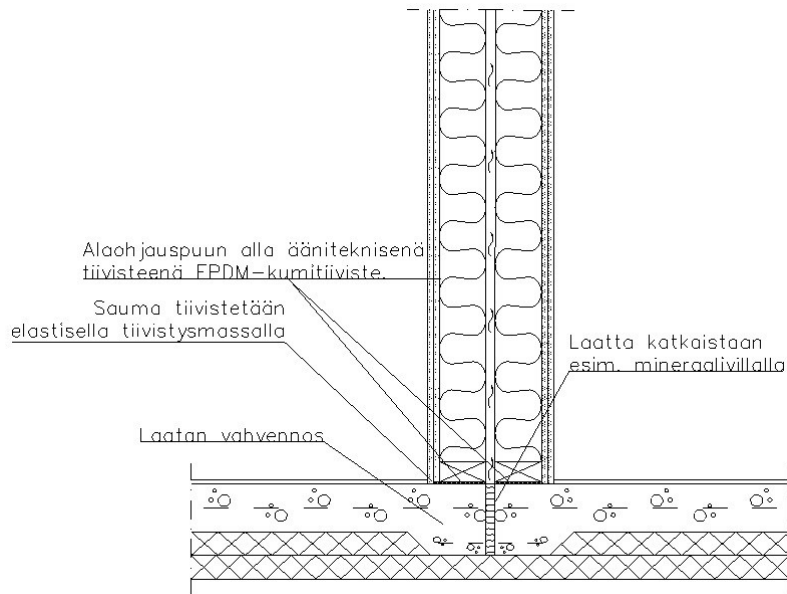


Kuvio 6. Puurunkoisen väliseinän liittyminen puurunkoiseen ulkoseinään Lahtelan (2020, s. 79) mukaan.

Tässä on tärkeää, että saumat on tiivistetty ja ulkoseinän runkotolpat eivät ole keskenään yhtä rakennetta väliseinän keskikohdalla.

2.3.2 Puurunkoisen väliseinän liitos maanvaraiseen teräsbetonilaattaan

Puurunkoinen väliseinä voidaan tehdä keveytensä vuoksi maanvaraisen laatan päältä. Tällöin yleensä riittää vain laatan vahvennos ja lisäterästys väliseinän kohdalla. Teräsbetonilaatta on katkaistava seinän kohdalta, jotta äänen sivutiesiirtymä saadaan katkaistua. Alaohjauspuun alla käytetään esim. EPDM-kumitiivistettä ääniteknisenä tiivisteenä (Lahtela, 2020, s. 72) mukaan.



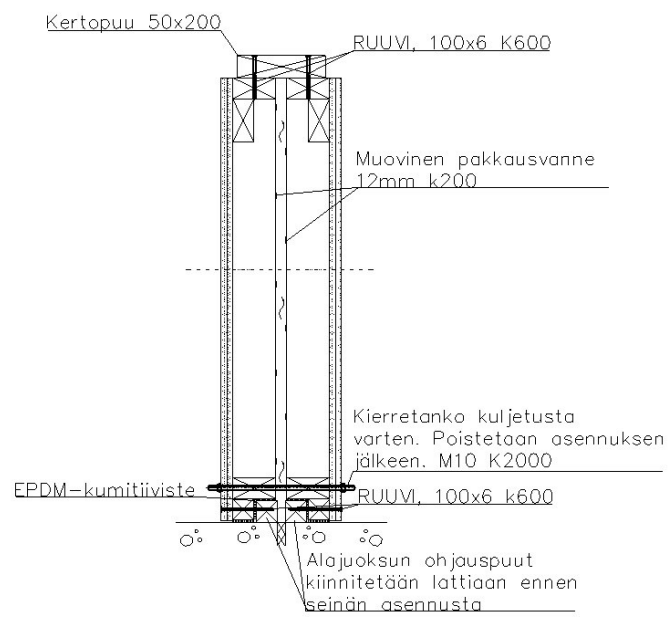
Kuvio 7. Puuväliseinän liittäminen teräsbetonilaattaan (Lahtela, 2020, s. 72).

2.3.3 Puurunkoinen seinä elementteinä

Kaksoisrakenteinen puurunkoinen huoneiston välinen seinä voidaan valmistaa myös elementteinä. Koska seinä on kaksirakenteinen ja se ei ole liitoksissa toisiinsa, ongelmia syntyy varsinkin seinän nosto- ja siirtohetkellä. Tämän työn tekijä on miettinyt seuraavan vaihtoehdon.

Runkojen yläpää toteutetaan loveamalla 48x98 palkiksi, tämä jäykistää huomattavasti rakennetta. Ennen seinän asennusta lattiaan asennetaan valmiiksi 48x48 ohjauspuut, joiden kylkeen voidaan kiinnittää elementin alapää. Kuljetuksen ja nostojen ajaksi elementin yläpään asennetaan 50x200 kertopuu lappeelleen, joka ruuvataan 6,0x100 k600 kummankin seinän yläjuoksuun kiinni. Tämä jäykistää ja pitää seinän rungon samalla suorassa. Seinäelementtien asennuksen ja tukemisen jälkeen yläpään kertopuu irroitetaan ja voidaan uusiokäyttää. Elementin alapäähän asennetaan 300 mm pitkä M10 kierretanko k-2000 elementin alaosan paikallaan pysymisen tueksi nostojen ja siirtojen aikana. Kierretanko otetaan asennuksen jälkeen pois, reiät täytetään uretaanilla sekä tasoitetaan. Rungon sisäpuolelle asennetaan muovinen 12 mm pakkausvanne k-200, joka auttavaa villojen paikallaan pysymiseen.

Kuvioon 8 on piirretty detajli seinäelementistä.



Kuvio 8. Puurunkoinen huoneiston välinen seinä elementtinä.

3 KUSTANNUKSET

Tässä luvussa tutkitaan huoneiston välisen seinän eri rakennustapojen kustannuksia. Esimerkkiseinän koko on 10 metriä pitkä sekä 3 metriä korkea. Laskelmissa ei ole otettu huomioon tasotetöitä.

Työmäärissä on käytetty apuna RT-kortistoa. Hinnat alv. 0%, materiaalien hinnat on otettu Taloon.com-verkkosivuilta 21.3.2022 päivämäärällä.

3.1 Paikallavalettu betoniseinä suurmuotein

Seuraavassa on laskettu betoniseinän paikallavalun käyttäen suurmuotteja. Suurmuottien vuokraaja on Skanska konevuokraus.

Betoniväliseinä suurmuoteilla		
	tth/m2	30 m2
Siirrot, nosturi	0,05 tth/m2	
Paikan mittaus	0,02 tth/m2	
Pystytys ja irroitus, keskimääräinen kosketuspinta-ala n. 30m2	0,05 tth/m2	
Muottitarvikkeiden puhdistus ja öljyäminen	0,012 tth/m2	
	<u>0,132 tth/m2</u>	
Suoritemäärä <500m2	<u>1,2</u>	
	0,1584 x30m2=	4,752
Tuntityö €/t	40 €/t =	190,08 €
Raudoitus		
10mm vaaka ja pystö k600 = 6,67m/m2 x 0,617kg/m =4,16kg/m2	tth/1000kg	30m2 x 4,16kg/m2 = 124,8 kg
Aloittavat työt, siirrot nosturilla	0,15 tth/m2	
Raudoitus seinät		
10mm	7,3 tth/m2	
Koneellinen katkaisu	3,3 tth/m2	
Suoritemäärä <5000kg	<u>1,1</u>	
	11,85 x0,1248=	1,47888 t
	40 €/t=	59,16 €
Betonointi		
	tth/m2	30 m2
Aloittavat työt seinät ja korkeat perusmuurit	0,04 tth/m2	
Pumppubetonointi	0,26 tth/m2	
Lopettavat työt	0,03 tth/m2	
	<u>0,33 tth/m2</u>	
Suoritemääräkerroin <50m2	<u>1,15</u>	
	0,3795 x30m2=	11,385 t
	40 €/t=	455,40 €
Työkustannukset yhteensä:		704,64 €
Materiaalit:		
Betoni: 30m2 x 0,2m =	6 m3 x 100€/m3=	600,00 €
Raudoitus: A500HW 10mm = 0,72€/kg (taloon.com) x 124,8kg =		89,86 €
Suurmuottien vuokra 5vrk 0,91€/m2/vrk:	0,91€/m2/vrk x 5 vrk >	273,00 €
Suurmuottien rahti Oulu-Kokkola-Oulu		<u>400,00 €</u>
Materiaalit yhteensä:		962,86 €
Työkustannukset + materiaalit yhteensä:		1 667,49 €

Kuvio 9. Betoniväliseinä paikallavalamalla suurmuottityönä, materiaali- sekä työkustannukset.

3.2 Kevytsoraharkkoväliseinä

Seuraavassa on laskettu kevytsoraharkkoseinän kustannukset. Rakenne on seuraavan lainen: kevytsoraharkko UH150, 50 mm mineraalivilla, kevytsoraharkko UH150.

Harkkomuurattu väliseinä UH150 + 50mm villa + UH150		
MUURAUS	30m ² + 30m ²	
Siirrot	1 tth	
Rakennustelineet ja työtasot	0,2 tth/m ²	
Mittaus väliseinä	0,04 tth/m ²	
Laastinvalmistus 2-uraiset	0,47 tth/m ²	
Väliseinät muurattava harkko 600x150x200	0,37 tth/m ²	
Villiloitus 50mm villa 30m ²	0,05 tth/m ²	
Kohteen siivous	0,02 tth/m ²	
	<hr/>	
	2,15 tth/m ²	
Suoritemääräkerroin	1,1	
	<hr/>	
	2,365 x 60m ² =	141,9 t
Tuntihinta:	40 €/t	5676 €
Työkustannukset yhteensä:		5 676,00 €
Materiaalit		
Harkko: UH150 60m ² / (0,2mx0,6m)+hukka 5%=	525 kpl x 2,46€/kpl	1 291,50 €
Laasti: Leca-laasti menekki: 1,5kg/harkko=	787,5 kg x 0,21€/kg=	165,38 €
Villa: Paroc kivivilla 50mm 30m ² + 5% hukka=	31,5 m ² x 4€/m ² =	126,00 €
Raudoitus: A500HW 8mm harjateräs joka toiseen varviin 800mm liimitys h-3000mm/400mm*10800mm=	81 m x 0,72€/m=	58,32 €
Yhteensä kustannukset:		7 317,20 €

Kuvio 10. Kevytsoraharkkoväliseinän työ- ja materiaalikustannukset.

3.3 Puurunkoinen väliseinä

Seuraavassa on laskettu puinen tuplarunkoinen väliseinä. Rakenne on seuraava: 2 kpl EK-kipsilevy, 48x98 C24 runko, 20 mm ilmaväli, 48x98 C24 runko, 2 kpl EK-kipsilevy.

Puurunkoinen väliseinä kaksoisrakenne 2x13mm EK-kipsilevy, 48x98 C24 runko, ilmaväli 20mm, 48x98 C24 runko, 2x13mm EK-kipsilevy 30m2 + 30m2		
Tavaran vastaanotto ja välivarastointi	0,005	
Mittaus	0,03 tth	
Siirrot	0,2 tth/m2	
Rungon pystytys puurunko k 600	0,14 tth/m2	
Levytyt 2 levyä/puoli	0,32 tth/m2	
Villoitus 100 mm villa K600	0,04 tth/m2	
Siivous	0,01 tth/m2	
	<u>0,745 tth/m2</u>	
Suoritemääräkerroin	<u>1,15</u>	
	0,85675 x 60m2 =	51,405 t
Tuntihinta:	40 €/t	2056,2 €
Työkustannukset yhteensä:		2056,2 €
Materiaalit		
Runko: k600 48x98 C24, 2,57jm/seinä-m2 sis. hukka 4% x 60m2 = 154,2jm	154,2jm x 2,83€/jm =	436,386 €
Levytyt: 2 levyä/puoli 4,32m2/seinä-m2 sis. Hukka 8% x 30 m2 = 129,6m2	129,6m2 x 5,36€/m2 =	694,656 €
Eristys: 100mm mineraalivilla 1,03m2/seinä-m2 sis. Hukka 3% x 60m2 = 61,8m	61,8m2 x 5,95€/m2 =	367,71 €
Ruuvit: 10 kpl /m2 x 60m2 = 600kpl, 1000kpl hinta 45,88€	600/1000 x 45,88€ =	27,53 €
EPDM kumitiiviste : 60 m	60 m x 6,77€/m =	406,2 €
Materiaalikustannukset yhteensä:		1932,482 €
Yhteensä kustannukset:		3988,682 €

Kuvio 11. Puurunkoisen kaksoisrunkorakenteen työ- ja materiaalikustannukset.

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia huoneistojen välisen väliseinän rakentamista eri materiaaleista, niiden kustannuksia sekä tutkia niiden hyviä ja huonoja puolia.

Huoneistojen välinen väliseinä voidaan rakentaa eri materiaaleista ja materiaaleja yhdistelemällä, jotta päästään vaadittuun ilmaääneneristyslukuun $R'_w \geq 55\text{dB}$. Betonista tehtynä seinän paksuus oli ohuin eli 180 mm. Paksuimpaan seinärakenteeseen päädyttiin kevytsoraharkoista muuratussa kaksoisrunkorakenteessa 350 mm.

Kustannuksiltaan halvimmaksi päästiin paikallavaletulla betoniseinällä suurmuotein. Tämä oli yli puolta halvempi kuin puurunkoinen kaksoisrunkorakenteinen väliseinä ja neljä kertaa halvempi kuin kevytsoraharkoista muurattu kaksoisrunkorakenteinen väliseinä.

Betoniteollisuus ry:n (i.a) mukaan betonia käytetään maailmassa eniten rakennusmateriaalina. Kerrostalorakentamisessa huoneistojen väliset seinät ovat pääasiassa betonista, joko paikallavalettuja taikka suurelementteinä. Osasyynä voidaan pitää betonin hyvää kantokykyä sekä äänen- ja paloneristävyyttä.

Pientalopuolella varsinkin puurakenteisissa taloissa käytetään huoneistojen välisessä väliseinässä paljon puurakenteista kaksoisrunkorakennetta. Osasyynä voidaan pitää puurunkoisen huoneistojen välisen väliseinän liitettävyyys puurunkoiseen ulkoseinään, josta saadaan hyvin katkaistua äänen sivutiesiirtymä. Toisena syynä voidaan pitää rakenteen keveyttä, se ei tarvitse välttämättä erillistä teräsbetonianturaa ja kivijalkaa, vaan se voidaan rakentaa suoraan maanvaraisen teräsbetonilaatan päältä. Tämä myös säästää kustannuksia.

LÄHTEET

- Betoni.com. (i.a.). *Betonirakentaminen*. <https://betoni.com/betonirakentaminen/>
- Denut, M. Ääni ja sen vaimennus. (5.9.2020). *Ääni ja sen vaimennus* <https://www.aeris.fi/post/%C3%A4%C3%A4ni-ja-sen-vaimennus>
- Hirvikunnas, T. & AVPlus-toimitus. (4.10.2020). *Mitä ääni on – ja kuinka sen kuulemme?* <https://avplus.fi/mita-aani-on-ja-kuinka-sen-kuulemme/>
- Kestävä kivitalo. (i.a.). *Paikallavalu rakennetyypit*. https://www.kivitalo.fi/wp-content/uploads/2018/10/Paikallavalu_rakennetyypit_detaljit_sisaltolinkit.pdf
- Kylliäinen, M. (2011). *Kivitalojen ääneneristys*, Suomen Rakennusmedia.
- Lahtela, T. (2020). *Ääneneristys puutalossa : Puurakenteisen asuinrakennuksen ääneneristävyyden suunnitteluohje*, Wood Focus Oy. <https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/07/%C3%84%C3%A4neneristys-puutalossa-web.pdf>
- Lakka. (2021). *Muottiharkot: Suunnitteluohje 2021 (SRMk B9)*. https://lakka.fi/wp-content/uploads/2021/09/Muottiharkot_suunnitteluohje_17092021.pdf
- Lakka. (2019). *Muottiharkot: Työohje*. <https://lakka.fi/wp-content/uploads/2021/04/muottiharkot-tyohje-01072019.pdf>
- Seppänen, R., Kervinen, M., Parkkila, I., Karkela, L., Meriläinen, P. (2015). *Maol taulukot*
- Petrow, S., & Kaskiaro, T. (2016). *Harkkokäsikirja 2016: Kevytsoraharkot ja betoniharkot*, Betoniteollisuus Ry. [harkkokasikirja_2016-sisallysluettelolla.pdf](https://www.betoniteollisuus.fi/harkkokasikirja_2016-sisallysluettelolla.pdf) (betoni.com)
- Puuinfo. (2020). *Puutieto. Puun ominaisuudet*. <https://puuinfo.fi/puutieto/puun-ominaisuuksia/lujuusteknisia-ominaisuuksia/>
- Rakennustieto. (2020). *Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta*. (RT 103311).
- Rakennustieto. (2012a). *Betonointi*. (Ratu 0403)
- Rakennustieto. (2019). *Harkkomuuraus*. (Ratu 0480)
- Rakennustieto. (2012b). *Levytuotinto*. (Ratu 0398)
- Rakennustieto. (2012c). *Suur- ja erikoismuotinto*. (Ratu 0401)

Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170848>