

Konsta Kallio

**KEVYIDEN VÄLISEINIEN
PALONKESTÄVYYDEN JA
ÄÄNENERISTÄVYYDEN
PARANTAMISEN KUSTANNUKSET**

Rakennetun ympäristön tiedekunta
Kandidaatintyö
Tammikuu 2020

TIIVISTELMÄ

Konsta Kallio: Kevyiden väliseinien palonkestävyyden ja ääneneristävyyden parantamisen kustannukset (The costs of improving dividing walls' fireproofing and soundproofing abilities)
Kandidaatintyö
Tampereen yliopisto
Rakennustekniikan tekniikan kandidaatin tutkinto-ohjelma
Tammikuu 2020

Kandidaatintyön tavoitteena oli tehdä kustannusselvitys yleisimpien väliseinärakenteiden ääneneristävyyden ja palonkestävyyden parantamisesta. Työ rajattiin käsittelemään ainoastaan muutamaa yleisintä paikalla rakennettavaa kevyttä väliseinätyyppiä ja näiden kustannuksia.

Tutkimuksessa selvitettiin, mitä tarkoitetaan kantavilla seinillä ja kevyillä väliseinillä. Lisäksi selvitettiin kevyiden väliseinien mahdolliset rakennevaihtoehdot sekä mitä tarkoitetaan palonkestävyydellä ja ääneneristävyydellä. Rakennevaihtoehdoista valittiin kolme erilaista parannettavaa rakennetta, joiden parantamisen kustannuksia tarkasteltaisiin. Rakenteet esiteltiin mittoineen ja materiaalitietoineen. Tutkimus suoritettiin kirjallisuustutkimuksena, jossa käytettiin pääsääntöisesti Rakennustiedon RT- ja Ratu-aineistoja.

Tutkimuksessa määritettiin valituille kolmelle rakenteelle uusi parannettu rakenne. Kunkin rakenteen parantamisen työ- ja materiaalimenekit selvitettiin ja näiden avulla laskettiin kokonaiskustannukset. Lisäksi tarkasteltiin muutokset rakenteiden palonkestävyyksissä ja ääneneristävyyksissä. Kevytsoraharkkorakenteisen väliseinän parantamisen kustannukset olivat suurimmat, sillä rakenne oli vaihtoehdoista raskain ja työläin toteuttaa. Metall- tai puurunkoisen levyseinän parantamisen kustannukset olivat pienimmät, sillä rakenne oli kevyin ja yksinkertainen. Teräsbetonisen väliseinän parantamisen kustannukset olivat vain hieman levyseinää suuremmat, sillä muutokset rakenteissa olivat samantyyppiset. Myös muutokset palonkestävyydessä ja ääneneristävyydessä olivat levy- ja betoniseinän tapauksissa samankaltaiset. Parannuksen myötä harkkoseinän ääneneristävyys parani eniten. Johtopäätöksenä voidaan todeta, että massiivisin muutos kustantaa eniten, mutta sillä päästään myös parhaaseen lopputulokseen.

Avainsanat: Väliseinät, palonkestävyys, ääneneristävyys

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
1.1 Työn tausta	1
1.2 Tutkimuksen tavoite, tutkimuskysymykset ja rajaukset	1
1.3 Tutkimusmenetelmät ja työn toteutus	2
2. VÄLISEINÄT	3
2.1 Kantavat ja kevyet väliseinät	3
2.2 Kevyiden väliseinien rakennevaihtoehdot	3
2.3 Palonkestävyys	4
2.4 Ääneneristävyys	4
3. KEVYIDEN VÄLISEINIEN RAKENTAMISVAIHTOEHDOT	6
3.1 Metalli- ja puurunkoinen levyseinä	6
3.2 Kevytsoraharkkorakenteinen väliseinä	8
3.3 Teräsbetoninen väliseinä	11
3.4 Esimerkkikohde	13
4. TULOKSET	14
4.1 Työkustannukset	14
4.2 Materiaalikustannukset	14
4.3 Kokonaiskustannukset	15
4.4 Ääneneristävyiden ja palonkestävyyden muutokset	16
5. YHTEENVETO	17
LÄHTEET	19

1. JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Kevyet väliseinät ovat merkittävässä osassa liike- ja toimistorakennuksissa. Niillä erotellaan esimerkiksi työpisteet, neuvotteluhuoneet ja taukotilat toisistaan. Jos toimitilaan muuttaa uusi vuokralainen, on tilaa muutettava tämän uuden yrityksen tarpeiden mukaisesti. Väliseinien paikkoja muuttamalla saadaan samasta tilasta sopiva monille eri alojen yrityksille.

Korjausrakentaminen on Suomessa kasvanut tasaiseen tahtiin viimeisen 30 vuoden ajan. Talonrakentamisen puolella uudis- ja korjausrakennustuotannon arvo jakautuu lähes puoliksi. Vuonna 2017 korjausrakentamisen osuus Suomen talonrakennustuotannon arvosta oli noin 49 %, eli noin 13,1 miljardia euroa. Toimitilojen korjausten arvioidaan kasvavan edelleen, vaikka talouskasvu hidastuisikin. (Rakennusteollisuus RT 2018)

Useimmat toimitilarakennukset ovat pinta-alaltaan niin suuria, että ne on jaettava palo-osastoihin. Kevyet väliseinät toimivat näissä tilanteissa osastoivina rakennusosina. Osastoivan rakennusosan on estettävä palon leviäminen palo-osastosta toiseen määrätyn ajan (RT RakMK-21754 2018, s. 6). Vanhoissa toimitilarakennuksissa, joita muokataan uuteen käyttötarkoitukseen, ei välttämättä ole palo-osastointia ollenkaan. Tämän seurauksena tällaisissa saneerauskohteissa täytyy luoda kokonaan uudet palo-osastot.

Toimistokäyttöön tulevissa tiloissa myös väliseinien ääneneristävyyden on oltava korkealla tasolla. Erilaisilla rakenneratkaisuilla saadaan tiloja jakavien kevyiden väliseinien ääneneristävyyttä parannettua. Parannus saavutetaan lähtökohtaisesti lisäämällä seinän massaa, mikä yleensä tarkoittaa seinän paksuuden kasvattamista. Myös rungon sisään asennettavat ääneneristeet, esimerkiksi mineraalivillalevyt, parantavat väliseinän ääneneristävyyttä.

1.2 Tutkimuksen tavoite, tutkimuskysymykset ja rajaukset

Työn tavoitteena on tehdä kustannusselvitys yleisimpien väliseinärakenteiden ääneneristävyyden ja palonkestävyyden parantamisesta. Työn tutkimuskysymys on, mitä erilaisten olemassa olevien kevyiden väliseinärakenteiden palonkestävyyden ja ääneneristävyyden parantaminen kustantaa?

Työ rajataan käsittelemään ainoastaan muutamaa yleisintä paikalla rakennettavaa kevyttä väliseinätyyppiä ja näiden kustannuksia. Työssä ei siis käsitellä esimerkiksi elementtiseiniä tai asennusnopeuteen, laatuun, ergonomiaan tai pintakäsittelyyn liittyviä asioita. Työssä käytetään karkeutettuja työmenekkejä ja suuntaa antavia materiaalikustannuksia. Aihetta lähestytään toimitilarakentamisen näkökulmasta, mutta tuloksia voidaan hyödyntää myös muussa rakentamisessa.

1.3 Tutkimusmenetelmät ja työn toteutus

Tutkimus suoritetaan kirjallisuustutkimuksena, jossa pääsääntöisenä lähteenä käytetään RT- ja Ratu-aineistoja. Työ aloitetaan kertomalla yleisesti väliseinistä ja selvittämällä kevyiden väliseinien eri rakennevaihtoehdot. Samalla kerrotaan lyhyesti palonkestävyydestä sekä ääneneristyksestä. Tämän jälkeen perehdytään paremmin kolmeen eri rakenteeseen sekä niiden palonkestävyyden ja ääneneristävyyden parantamiseen.

Kun rakenteet ovat esitelty, tehdään tarvittavat laskelmat eri rakenteiden työ- ja materiaalikustannuksista. Samalla esitetään myös ääneneristävyyden ja palonkestävyyden muutokset. Tämän jälkeen kootaan tulokset yhteen, selvitetään erot kustannusten ja ominaisuuksien välillä sekä mahdolliset syyt eroihin tai yhtäläisyyksiin.

2. VÄLISEINÄT

2.1 Kantavat ja kevyet väliseinät

Rungolla tarkoitetaan rakennusta koossa pitäviä rakenteita, jotka voivat ovat pilareita, palkkeja, ristikoita, seiniä ja laattoja. Runkorakenteina toimivia seiniä kutsutaan kantaviksi seiniksi, ja ne ovat asuinrakennuksissa tyypillisesti rakennuksen väliseiniä ja päätyseiniä. Esimerkiksi julkisivuelementit ovat yleensä ei-kantavia, kuten myös kevyet väliseinät. (Ratu KI-6020 2010, s. 11)

Kantavat seinät voivat olla teräsbetonia, terästä, puuta tai esimerkiksi tiiltä. Teräsbetoniset ja puiset runkorakenteet voidaan valmistaa joko työmaalla (tällöin puhutaan paikalla rakentamisesta) tai tehtaalla, jolloin esivalmistetut rakennusosat ainoastaan asennetaan paikalleen työmaalla (elementti- eli komponenttirakentaminen). (Ratu KI-6020 2010, s. 11)

Kevyet väliseinät ovat runkoa täydentäviä, ei-kantavia rakennusosia, joiden tehtävänä on erottaa tilat toisistaan, toimia näkö- ja hajusteenä, eristää lämpöä sekä muodostaa kiinnitysalusta erilaisille kiinteille kalusteille. Muita tärkeitä tehtäviä ovat äänen kulun ja palon leviämisen estäminen. (Ratu KI-6020 2010, s. 217)

2.2 Kevyiden väliseinien rakennevaihtoehdot

Teräsrankarunkoisen levyseinän runko koostuu ala- ja yläkiskoista ja näiden väliin asettetuista pystyrangoista. Rungon päälle on asennettuna rakennuslevy molemmin puolin. Rakennuslevy on tyypillisesti kartonkipäällysteinen kipsilevy. Rungon sisään voidaan tarvittaessa asettaa ääneneriste. (RT-10903 2007, s. 22)

Väliseinärakenteissa käytettäviä muurattavia harkkotyyppejä on erilaisia: kevytsoraharkot, karkaistut kevytbetoni harkot, betoni harkot ja kalkkihiekkaharkot. Harkot muurataan tavallisesti ohutsaumalaastilla. Pontti- ja eristeharkkoja muurattaessa pystysaumat jätetään kuitenkin ilman laastia. (RT 82-10588 1995, s. 2, 4) Harkkoseinien paksuudet vaihtelevat 66 ja 300 mm välillä (RT 82-10903 2007, s. 4–8).

Teräsbetoniset väliseinät voivat olla elementtiseiniä tai paikallavalettuja seiniä. Tyypillisiä paksuuksia betonisille väliseinille ovat 80, 120 ja 180 mm. Rakenteisiin voidaan myös liittää ääneneriste, joka asennetaan joko rakenteen sisä- tai ulkopuolelle. (RT-10903 2007, s. 4–8)

2.3 Palonkestävyys

Palonkestävyydellä tarkoitetaan rakennusosan kykyä täyttää määritellyn ajan sille asetetut vaatimukset tietyn kuormituksen ja paloaltistuksen vallitessa. Tällaisia vaatimuksia ovat kantavuusvaatimus, osastoivuusvaatimus tai molemmat. (RT RakMK-21754 2018, s. 1)

Kantavat ja osastoivat rakennusosat jaetaan luokkiin sen perusteella, miten ne kestävät paloa. Rakennusosiin kohdistuvat vaatimukset kuvataan merkinnöillä R kantavuus, E tiiviys ja I eristävyys. (Ympäristöministeriö 2002, s. 4) Kantavuudella R tarkoitetaan rakenteen kykyä kestää sortumatta palotilanteessa. Tiiviydellä E tarkoitetaan rakennusosan kykyä estää liekkien tai kuumien kaasujen pääsy rakennusosan läpi. Eristävyydellä I tarkoitetaan rakennusosan kykyä estää lämmön siirtymistä rakennusosan läpi.

Merkintöjen R, REI, RE, EI tai E jälkeen ilmoitetaan palonkestävyyensaika minuutteina. Aika ilmoitetaan yhdellä seuraavista luvuista: 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180 tai 240. Vaatimusmerkinnästä ja ajasta muodostuu rakennusosan paloluokka, esimerkiksi EI 60. (Ympäristöministeriö 2002, s. 4) Tässä työssä käsiteltävät rakenteet ovat kevyitä väliseiniä, jolloin kantavuutta R ei palonkestävyydessä käsitellä ollenkaan.

2.4 Ääneneristävyys

Ilmaääni on äänilähteestä ympäristöön, esimerkiksi huoneeseen leviävä ääni, jonka lähteenä voi toimia ihmisen tuottama puhe, äänentoistolaitteiden ääni tai erilaisten taloteknisten laitteiden tuottama ääni. Ilmaääneneristävyys R taas ilmaisee tietyllä taajuuskaisella tilasta toiseen tai rakennusosan kautta sen toiselle puolelle siirtyneen äänitehon suuruuden suhteessa rakennusosaan kohdistuvaan äänitehoon. (RT RakMK-21772 2018, s. 2)

Väliseinien ääneneristävyys määritellään ilmaääneneristysluvulla R_w , joka on taajuuskaistoittain taajuusalueella 100–3 150 Hz mitatuista tai mallinnetuista ilmaääneneristävyyksistä R laskettu mittasuure. Yksikkö on desibeli (dB). (RT RakMK-21772 2018, s. 2) Luku R_w on laboratoriossa saatu mittaustulos ja R'_w (nykyisin $D_{nT,w}$) on rakennuksessa saatu mittaustulos. Mitä suurempi arvo ilmaääneneristävyydellä on, sitä paremmin rakenne eristää ilmaääntä. Taulukossa 1 on listattu käytännön esimerkkejä väliseinien ilmaääneneristyslukujen eroista.

Taulukko 1. Väliseinän ilmaääneneristävyyssluvun yhteys puheeseen
(Tiili-info 2019)

Kuvaus	R' _w (dB)
Normaali puhe kuuluu läpi, mutta sanoista ei saa selvää.	> 40
Normaali puhe ei kuulu seinän läpi.	> 45
Voimakas puhe kuuluu läpi, mutta sanoista ei saa selvää.	> 50
Voimakaskaan puhe ei kuulu seinän läpi.	> 55

Rakenteen paino parantaa sen ääneneristävyyttä, joten väliseinän paksuutta kasvattamalla saadaan parempi ilmaääneneristävyyssluku (RT 82-10903 2007, s. 4). Olemassa olevan väliseinän huomattava painon kasvattaminen on kuitenkin työlästä, joten betoni- tai harkk väliseinän ääneneristykseen parantaminen voidaan toteuttaa esimerkiksi rakentamalla vanhan seinän pintaan erillinen kevytrakenne.

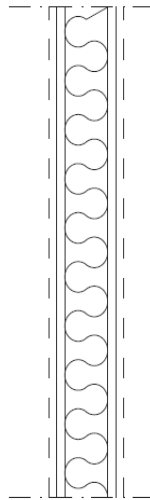
3. KEVYIDEN VÄLISEINIEN RAKENTAMISVAIHTOEHDOT

3.1 Metalli- ja puurunkoinen levyseinä

Tyypillinen metallirunkoinen kevyt levyseinä koostuu pystyrangoista, jotka on asetettu ylä- ja alajuoksujen väliin 600 mm:n jaolla. Runkomateriaalina voidaan käyttää myös puurankoja. Teräs- tai puurangoista syntyvään runkoon on kiinnitetty rakennuslevyt kummallekin puolelle. Levyt kiinnitetään yleensä ruuvaamalla. Ääneneristävyyden parantamiseksi rungon sisällä voidaan käyttää eristeenä esimerkiksi mineraalivillaa. Rungon ja rakennuslevyn väliin voidaan tarvittaessa asentaa vaneri esimerkiksi kalusteiden kiinnittämistä varten. (RT 82-10903 2007, s. 22)

Puurunkoinen väliseinä on rakenteeltaan ja ominaisuuksiltaan samantapainen kuin teräsrankarunkoinen väliseinä, mutta kosteuden vaihdellessa tai runkomateriaalin ollessa huonolaatuista, voi seinien liitoskohtiin tai rakennuslevyjen saumoihin syntyä halkeamia tai rakoja (Rakentaja.fi 2006). Teräsrankat ovat mittatarkkoja, eikä seinärakenne pullistele tai elä, vaikka ilman kosteusprosentti vaihtelisikin (Ratu KI-6020 2010, s. 217).

Tarkasteltava seinä (kuva 1) on kevyt teräsrankaseinä 600 mm:n runkojaolla ja yksinkertaisella kartonkipintaisella kipsilevytyksellä rungon molemmin puolin. Teräsrankat ovat 66 mm paksuja ja kipsilevyt 13 mm paksuja, jolloin seinän paksuus on yhteensä 92 mm. Rungon sisällä on 50 mm paksu mineraalivilla. Tällaisen rakenteen ilmääneneristysluku R'_w on 35 dB ja paloluokka on EI 30 (Gyproc 2019).



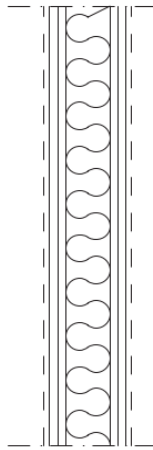
Rakennekerrokset:		Seinäpinta ja pintakäsittely huoneselosteen mukaan
	13 mm	Rakennuslevy rakennusselostuksen mukaan, kartonkipintainen kipsilevy
	66 mm	Kantava rakenne, teräsranka k 600
		Ääneneriste, mineraalivilla
	13 mm	Rakennuslevy rakennusselostuksen mukaan, kartonkipintainen kipsilevy
		Seinäpinta ja pintakäsittely huoneselosteen mukaan

Kuva 1. Parannettavan metallirunkoisen levyseinän poikkileikkaus (RT 82-10903 2007, s. 24)

Uusi rakenne

Uuteen rakenteeseen (kuva 2) lisätään kartonkipintaiset kipsilevyt vanhojen kipsilevyjen päälle. Rakenteen parannus on pienehkö ja työmäärältään todennäköisesti rakenteista vähäisin. Tämän lisäksi parannukseen käytetään vain yhtä rakennustarviketta, joten voidaan arvioida, että tämän rakenteen parantamisen kustannukset ovat pienimmät.

Ennen levytyksen aloittamista on varmistettava, että seinän sisällä on vaadittava ääneneriste ja että seinän kunto on tarpeeksi hyvä toista levykerrosta varten. Seinän levytys aloitetaan reunasta. Levy nostetaan paikalleen seinään levynostimella, noston aikana varotaan rikkomasta levyjen pintaa tai reunoja. Levyt kiinnitetään paikoilleen rakennesuunnitelmien ja levyvalmistajien ohjeiden mukaan, levyn oikea sijainti tulee tarkistaa ennen lopullista kiinnitystä. Naulat ja ruuvit upotetaan pinnan tasoon. (Ratu 0426 2014, s. 12) Uuden levyn saumat eivät saa olla kohdakkain alle jäävän kipsilevyn saumojen kanssa. Uuden rakenteen ilmajäneneristävyytluku $R'w \geq 44$ dB ja paloluokka on EI 60...EI 90 tyyppihyväksyntäpäätöksen mukaan (RT 82-10903 2007, s. 25).



Rakennekerrokset:		Seinäpinta ja pintakäsittely huoneselosteen mukaan
20...30 mm	Rakennuslevy rakennusselostuksen mukaan, 2-kertainen	
70 mm	Kantava rakenne , teräsranka k 600	
	Ääneneriste , mineraalivilla	
20...30 mm	Rakennuslevy rakennusselostuksen mukaan, 2-kertainen	
	Seinäpinta ja pintakäsittely huoneselosteen mukaan	

Kuva 2. Parannetun metallirunkoisen levyseinän poikkileikkaus (RT 82-10903 2007, s. 25)

Työ- ja materiaalimenekit

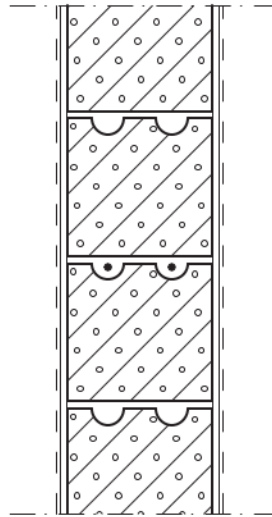
Työmenekkejä laskettaessa käytetään työvuoroaikoja (T3), jotka eivät sisällä mahdollisia yli tunnin mittaisia keskeytyksiä tai häiriöitä. Työmenekit työvuoroaikoina (T3) ovat: mitaus 0,03 tth/m², levytys (1 levy/puoli) 0,20 tth/m², suojaus ja siivous 0,01 tth/m². Yhteensä työmenekiksi saadaan 0,24 tth/m². Laskennassa ei huomioida materiaalien vastaanottoa, varastointia tai siirtoja. (Ratu 0426 2014, s. 4)

Levyt asennetaan seinän molemmille puolille ja hukkaprosentiksi valitaan 10 %, joten kipsilevyn menekki on 2,2 m²/seinä-m². Yksittäisen kipsilevyn koon ollessa 3 m × 1,2 m pinta-alaksi saadaan 3,6 m² levyä kohden. Kiinnitystarvikkeiden menekkiä ei huomioida.

3.2 Kevytsoraharkkorakenteinen väliseinä

Kevytsoraharkkorakenteinen väliseinä koostuu päällekkäin muuratuista yksiuraisista kevytsoraharkoista, jotka on muurattu ohutsaumalaastilla. Kevytsoraharkot valmistetaan betonimassasta, jonka kiviaineksena on kevytsora ja fillerimäinen täyteaine. Väliseinääharkot ovat tyypillisesti 66 – 200 mm leveitä. (Ratu 42-0290 2005, s. 2, 10) Halkeilun rajoittamiseksi harkoissa oleviin uriin voidaan sijoittaa raudoitustangot (RT 82-10588 1995, s. 4).

Tarkasteltava rakenne (kuva 3) on 150 mm paksu kevytsoraharkkoseinä. Kuvasta 3 poiketen harkot ovat yksiuraisia ja niiden koko on 150 mm × 200 mm × 600 mm. Rakenteen ilmajääneristävyys R'_w on 35 dB ja paloluokka EI 240. (Siporex 2019, s. 6)



Rakennekerrokset:

75...290 mm

Seinäpinta ja pintakäsittely huoneselosteen mukaan

Tasoitus rakennusselostuksen mukaan

Kantava rakenne rakennusselostuksen mukaan, kevytsoraharkko

Tasoitus rakennusselostuksen mukaan

Seinäpinta ja pintakäsittely huoneselosteen mukaan

Kuva 3. Parannettavan kevytsoraharkkoseinän poikkileikkaus (RT 82-10903, s. 16)

Uusi rakenne

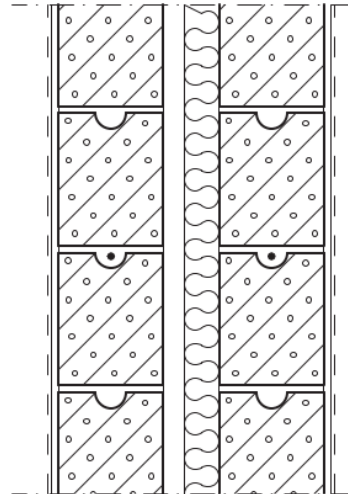
Uuteen rakenteeseen lisätään toinen 150 mm paksu yksiurainen kevytsoraharkkorakenne 80 mm päähän vanhasta rakenteesta. Väliin sijoitetaan 50 mm paksuinen mineraalivilla, jolloin ilmaraon leveydeksi jää 30 mm. Harkkoseinän muutos on valituista rakenteista suurin, joten oletuksena on, että tämän rakenteen kustannukset tulevat olemaan suurimmat. Toisaalta rakenne parantaa ääneneristävyyttä ja palonkestävyyttä todennäköisesti parhaiten, sillä seinän massa kaksinkertaistuu ja rakenteen sisälle asennetaan ääneneristävyttä parantava mineraalivillalevy.

Seinän muuraus aloitetaan nurkasta. Ensimmäisen harkkokerroksen eli varvin harkkojako ja saumakoko sovitetaan rakenteen pituuteen ja aukkoihin sopivaksi. Muurauksessa käytetään apuna muurausohjureita, joiden harkkojakomerkkeihin kiinnitetään linjalanka. Tämän avulla yksittäinen harkkokerros saadaan muurattua sekä vaaka- ja pystysuoraan

että oikeaan korkeuteen. Harkkojen lopullinen sovitus tehdään kuminuijalla naputtamalla. Harkkoa ei saa asennuksen jälkeen enää liikuttaa laastikerroksen päällä, koska harkon ja laastin välinen tartunta saattaa heikentyä. Kun harkko on paikoillaan, pyyhitään ylipursunut laasti saumoista. (Ratu 42-0290 2005, s. 5–6)

Harkkorakenteeseen asennetaan muurauksen edistyessä rakennesuunnitelmien mukaiset raudoitteet. Raudoitus asennetaan laastipalkoon raudoitusuraan. Laastia on jäätävä raudoitteiden ympärille vähintään 15 mm korroosiosuojaksi. Raudoitteiden jatkospituuudet määräytyvät raudoitteen paksuuden ja käytetyn harkkotyyppin ohjeiden mukaan. (Ratu 42-0290 2005, s. 5) Mineraalivillalevyt asetetaan rakenteen väliin muurauksen edetessä.

Uuden rakenteen (kuva 4) ilmaääneneristävyytluku on $R'w \geq 55$ ja paloluokka EI 240 dB (RT 82-10903 2007, s. 25).



Rakennekerrokset:

	Seinäpinta ja pintakäsittely huoneselosteen mukaan
	Tasoitus rakennusselostuksen mukaan
150 mm	Kantava rakenne rakennusselostuksen mukaan, kevytsoraharkko
30 mm	Ilmaväli
50 mm	Ääneneriste , mineraalivilla
150 mm	Kantava rakenne rakennusselostuksen mukaan, kevytsoraharkko
	Tasoitus rakennusselostuksen mukaan
	Seinäpinta ja pintakäsittely huoneselosteen mukaan

Kuva 4. Parannetun kevytsoraharkkoseinän poikkileikkaus (RT 82-10903, s. 17)

Työ- ja materiaalimenekit

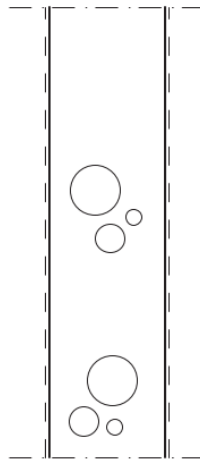
Työmenekit työvuoroaikoina (T3) ovat: mittaus 0,04 tth/m², laastinvalmistus laastimylyllä 0,23 tth/m², muuraus 0,37 tth/m² ja siivous 0,02 tth/m² (Ratu 42-0290 2005, s. 2). Lisäksi ääneneristyksen mittauksen ja asennuksen työmenekki on 0,1 tth/m² (Ratu 0438 2015, s. 4). Yhteensä työmenekiksi saadaan 0,76 tth/m². Laskennassa ei huomioida materiaalien vastaanottoa, varastointia tai siirtoja.

Arvioidaan hukkaprosentiksi 6 % kaikille materiaaleille. Tällöin harkkojen menekki on 8,83 kpl/m² ja laastin 31,8 kg/m² (Ratu 42-0290 2005, s. 2). Mineraalivillan menekki taas on 1,06 m²/m² (Ratu 0438 2015, s. 5).

3.3 Teräsbetoninen väliseinä

Paikallavalettu teräsbetoninen kevyt väliseinä koostuu betonista, jonka sisällä on raudointi. Kevyissä väliseinissä betonin tyyppillä ei ole niin suurta merkitystä, kuin kantavissa väliseinissä, sillä rakenteen ei tarvitse kestää kuin oma kuormansa. Seinä on liitetty ympäröiviin rakenteisiin sen sisään valetuilla teräksillä.

Tarkasteltava rakenne (kuva 5) on 80 mm paksu teräsbetoniseinä. Rakenteen ilmaääneneristävyys R'_w on ≥ 44 dB ja paloluokka EI 60. (RT-28-10903 2007, s. 4)



Rakennekerrokset:

80...240 mm

Seinäpinta ja pintakäsittely huoneselosteen mukaan

Kantava rakenne rakennesuunnitelman mukaan, teräsbetoniseinä, pinnat by 40 mukaan

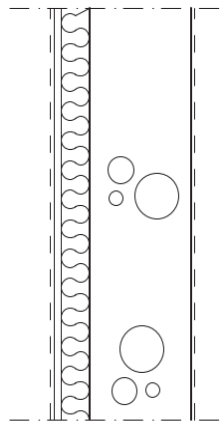
Seinäpinta ja pintakäsittely huoneselosteen mukaan

Kuva 5. Parannettavan teräsbetoniseinän poikkileikkaus (RT-28-10903 2007, s. 4)

Uusi rakenne

Rakennetta parannetaan rakentamalla olemassa olevan seinän pintaan metallirunkoinen kevyt runko, jonka pintaan asennetaan kipsilevy. Rungon rakentaminen aloitetaan kiinnittämällä ala-, ylä- ja sivujuoksut massiiviseen betonilattiaan, kattoon ja väliseinää rajoittaviin rakenteisiin ampumalla tai lyöntitulpalla. Ala- ja yläjuoksut liittyvät sivujuoksuun siten, että kiskon laipat katkaistaan ja kisko taitetaan uumastaan, jolloin kiskoon syntyy kulma, joka voidaan asettaa sivujuoksuun sisään. Tarvittaessa ala-, ylä- ja sivujuoksut eristetään ja tiivistetään rajoittavista rakenteista. Tämän jälkeen pystyrunkojen paikat mitataan ja merkitään alajuoksuihin suunnitelmien tai levymateriaalien vaatimusten mukaan (esimerkiksi k-300, k-400, k-600). Määrämittaiset pystyrangat asennetaan ala- ja yläjuoksujen väliin. Pystyrangat pyöräytetään paikoilleen, jolloin rangat pysyvät pystyssä ylä- ja alakiskojen välissä eikä niitä kiinnitetä erikseen. Lopulliset paikat määräytyvät levyreunojen mukaan levytysvaiheessa. Pystyrangat kiinnittyvät paikoilleen vasta levyjen ruuvauksen yhteydessä. (Ratu 0426 2014, s. 9)

Ääneneristyksen parantamiseksi väliseinän runkotalppien väliin asennetaan mineraalivillalevyt. Mineraalivillalevyt työstetään siten, että ne täyttävät talppien välin tiiviisti. Mineraalivillalevyt asennetaan paikoilleen ennen väliseinän ummistamista. Metallirungon päälle asennetaan kipsilevyt samaan tapaan kuin kohdassa 3.1. Uuden rakenteen (kuva 6) paloluokka on EI 120 ja ilmaääneneristävyytluku $R'w \geq 55$ dB (RT 82-10903 2007, s. 6).



Rakennekerrokset:

≥ 10 mm	Seinäverhous ja pintakäsittely huoneselosteen mukaan
50 mm	Rakennuslevy rakennusluokituksen mukaan
	Puu- tai teräsranka
	Äänen- tai lämmöneriste , 50 mm, mineraalivilla
180 mm	Kantava rakenne rakennesuunnitelman mukaan, teräsbetoniseinä, pinnat by 40 mukaan
	Seinäpinta ja pintakäsittely huoneselosteen mukaan

Kuva 6. Parannetun teräsbetoniseinän poikkileikkaus (RT-28-10903 2007, s. 6)

Työ- ja materiaalimenekit

Työmenekit työvuoroaikoina (T3) ovat: mittaus 0,03 tth/m², runko 0,11 tth/m², levytys (1-puoleinen) 0,12 tth/m², eristys 0,04 tth/m² sekä suojaus ja siivous 0,01 tth/m² (Ratu 0426 2014, s. 4). Yhteensä työmenekiksi saadaan 0,20 tth/m². Laskennassa ei huomioida materiaalien vastaanottoa, varastointia tai siirtoja.

Arvioidaan hukkaprosentiksi 10 % kaikille materiaaleille. Levyt asennetaan yksinkertaisena, joten kipsilevyn ja mineraalivillan menekki on molemmilla 1,1 m²/seinä-m². Runkomateriaalien menekki on 2,72 jm/seinä-m². (Ratu 0426 2014, s. 5)

3.4 Esimerkkikohde

Tässä työssä käytetään esimerkkikohdetta, joka on teräsbetonirunkoinen toimitilarakennus. Parannettavassa seinässä ei ole ovia tai ikkunoita, ja se on täysin suora. Seinän korkeus on 3 m ja pituus 10 m. Tällöin seinäpinta-alaksi saadaan 30 m².

Esimerkkikohteen tietoja on käytetty seuraavan luvun laskuissa. Työssä ei oteta huomioon mahdollisia talotekniikkaa varten tehtäviä läpivientejä.

4. TULOKSET

4.1 Työkustannukset

Työkustannukset koostuvat työhön kuluvaan työntekijätuntimäärään ja työntekijän tuntihinnan tulosta. Valitaan työryhmäksi yksi rakennusammattimies (RAM), jolloin kokonaistyömenekki (työmenekki × suoritemäärä) on yhtä suuri kuin työn kesto. Rakennusammattimiehen tuntihinnaksi valitaan 35 €/h, joka sisältää sosiaalikulut. Taulukkoon 2 on listattu kolmannessa kappaleessa saadut työmenekit ja niiden avulla lasketut työkustannukset.

Taulukko 2. Väliseinärakenteiden parantamisen rakentamisajat ja työkustannukset

	Työmenekki (tth/m ²)	Seinäpinta-ala (m ²)	Työryhmän koko (tt)	Työn kesto (h)	Tuntihinta RAM (€/h)	Työkustannukset (€)
Levyseinä	0,24	30,00	1	7,20	35,00	252,00
Harkkoseinä	0,76	30,00	1	22,80	35,00	798,00
Betoniseinä	0,20	30,00	1	6,00	35,00	210,00

Taulukosta 2 nähdään, että harkkoseinän parannukseen kuluu eniten aikaa ja siten se myös kustantaa eniten. Harkkoseinän rakenne onkin vaihtoehtoista raskain, joten suurin työaika on odotettavissa. Betoniseinän parantamisen työaika on kaikista pienin.

4.2 Materiaalikustannukset

Materiaalien kustannukset ovat arvioita. Hinta koostuu K-Raudan verkkokaupan hinnasta, josta on poistettu arvonlisävero (24 %). Tämän lisäksi verotonta hintaa on alennettu vielä 10 prosentilla, jonka katsotaan toimivan rakennusliikkeen tai muun rakennusalan yrityksen alennusprosenttina. Todellisuudessa alennusprosentit vaihtelevat eri materiaalien välillä, mutta laskennan selkeyttämiseksi tässä työssä on valittu vain yksi yhteinen alennusprosentti kaikille tuotteille. Materiaalikustannuksissa ei ole otettu huomioon kiinnitystarvikkeita ja tarvittavat työkalut oletetaan löytyvän tekijältä. Taulukkoon 3 on listattu materiaalikustannukset neliometriä kohden sekä materiaalikustannukset kokonaisuudessaan eri rakenteille.

Taulukko 3. Väliseinärakenteiden parantamisen materiaalikustannukset

	Materiaalikustannukset (€/m ²)	Seinäpinta-ala (m ²)	Materiaalikustannukset yhteensä (€)
Levyseinä	6,88	30,00	206,46
Harkkoseinä	46,24	30,00	1 387,34
Betoniseinä	12,62	30,00	378,56

Materiaalikustannukset neliometriä kohti on kerrottu seinäpinta-alalla, jolloin tuloksena on materiaalikustannukset kokonaisuudessaan. Taulukosta 3 nähdään, että levyseinän materiaalikustannukset ovat matalimmat ja harkkoseinän korkeimmat. Levyseinän parantamiseen käytetään ainoastaan kipsilevyä, joten materiaalikustannukset pysyvät pieninä. Harkkoseinän parantamisessa taas käytetään useita eri materiaaleja, mikä johtaa suuriin kustannuksiin.

4.3 Kokonaiskustannukset

Kunkin seinän kokonaiskustannukset muodostuvat työkustannusten ja materiaalikustannusten summasta. Kustannusten laskemiseen on käytetty taulukoiden 2 ja 3 tuloksia. Taulukkoon 4 on laskettu eri rakenteiden kokonaiskustannukset.

Taulukko 4. Väliseinärakenteiden parantamisen kokonaiskustannukset

	Työkustannukset (€)	Materiaalikustannukset (€)	Kokonaiskustannukset (€)
Levyseinä	252,00	206,46	458,46
Harkkoseinä	798,00	1 387,34	2 185,34
Betoniseinä	210,00	378,56	588,56

4.4 Ääneneristävyyden ja palonkestävyyden muutokset

Ääneneristävyyden ja palonkestävyyden muutosprosentit on saatu jakamalla uuden seinän arvo vanhan seinän arvolla ja kertomalla tämä 100 prosentilla. Tulokset on listattu taulukkoon 5.

Taulukko 5. Ääneneristävyyden ja palonkestävyyden muutokset

	R'_w vanha	R'_w uusi	Ääneneristävyyden muutos (%)	EI vanha	EI uusi	Palonkestävyyden muutos (%)
Levyseinä	35	44	26	30	60	100
Harkkoseinä	35	55	57	240	240	0
Betoniseinä	44	55	25	60	120	100

Taulukosta 5 nähdään, että harkkoseinän ääneneristävyyden muutos on korkein, sillä rakenteen parannus lisää massaa huomattavasti enemmän, kuin kahdessa muussa seinässä. Levy- ja betoniseinän ääneneristävyyden muutokset taas ovat todella lähellä toisiaan. Harkkoseinän palonkestävyys ei muutu korjauksen myötä, sillä se on jo korkeimmalla mahdollisella tasolla (EI 240). Levy- ja betoniseinän palonkestävyydet kaksinkertaistuvat.

5. YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli tehdä kustannus selvitys yleisimpien väliseinärakenteiden ääneneristävyyden ja palonkestävyyden parantamisesta. Tutkimuksen tulokset on koottu taulukkoon 4, jossa on listattuna eri parantamisvaihtoehtojen kokonaiskustannukset. Lisäksi taulukossa 5 on eritelty ääneneristävyyden ja palonkestävyyden muutokset parannusten myötä.

Tulosten perusteella suurimmat kokonaiskustannukset syntyvät massiivisimmasta rakenteesta, eli kevytsoraharkkoseinän parannetusta rakenteesta. Parantamiseen on käytetty muihin tutkimuksessa esitettyihin rakenteisiin nähden massiivisinta vaihtoehtoa. Tämä kasvattaa sekä materiaali- että työkustannuksia. Toisaalta harkkoseinän ääneneristävyyden muutos on suurin, mikä johtunee juurikin suuresta massan lisäämisestä. Palonkestävyys ei ole harkkoseinän parantamisen myötä noussut, sillä se oli jo vanhassa rakenteessa korkeimmalla tasolla. Pienimmät kokonaiskustannukset syntyivät levyseinän parantamisessa. Levyseinän materiaalikustannukset ovat erittäin pienet, sillä rakenteen massaa kasvatetaan suhteellisen vähän. Pienimmät työkustannukset ovat kuitenkin betoniseinän parantamisvaihtoehdolla. Pienet työkustannukset johtunevat rakenteen yksinkertaisuudesta ja toistettavuudesta.

Tutkimuksessa oli rajattu pois läpivientien tarkastelu. Todellisuudessa esimerkiksi pistorasiat saattavat alentaa osastoivan rakenteen palonkestävyyttä. Pistorasioiden ja muiden läpivientien asennuksissa tulee ottaa huomioon palonkestävyyden säilyttäminen. Kipsilevyseinissä pistorasioiden palonkestävyyttä voidaan parantaa koteloimalla pistorasiat ja täyttämällä kotelot kivivillatäytteellä tai kipsilaastilla (Knauf 2017). Harkkoseinän työstäminen on työläämpää kuin kipsilevyseinän. Sähkö-, ja vesiputkille joudutaan tekemään urat seinän sisään, jotka tasoitetaan jälkeinpäin umpeen. Nämä kaikki läpivienteihin liittyvät työvaiheet lisäävät eri seinärakenteiden kustannuksia ja saattavat vaikuttaa myös seinän ääneneristävyyteen ja palonkestävyyteen.

Työkustannuksia tutkittiin määrittelemällä työn kesto ja tuntihinta. Työryhmän koko valittiin kaikkiin vaihtoehtoihin samaksi, yhdeksi rakennusammattimieheksi. Valinta selkeytti laskentaa, sillä tällöin työmenekki on yhtä suuri kuin työn kesto. Kevytsoraharkkoseinän tapauksessa kahden hengen työryhmä olisi voinut kuvata paremmin todellisuutta. Työn kesto nousee korkeaksi, sillä työvaiheita on rakennevaihtoehdoista eniten. Työn keston pienentämiseksi rakennusammattimiehen lisäksi olisi voitu käyttää tuntihinnaltaan pienempää työntekijää (rakennusmies), jolloin työkustannukset olisivat pienentyneet.

Työssä ei ole otettu huomioon materiaalien varastoinnin tai siirron vaikutuksia työmenekkeihin. Kevytsoraharkkoseinän parantamiseen käytettiin eniten materiaaleja niin tilavuudeltaan kuin massaltaan. Tämän perusteella voidaan arvioida, että suurimmat varastointi-, ja siirtokustannukset saattaisivat olla harkkoseinän parantamisella. Kustannuksiin vaikuttaa kuitenkin useita tekijöitä. Esimerkkinä voidaan käyttää työmaata, joka sijaitsee toimistorakennuksessa, jossa ei ole tavarahissiä tai mahdollisuutta nostaa materiaaleja kerrokseen esimerkiksi ikkunoiden kautta. Tällöin ainoa siirtotapa saattaa olla käsin ja portaita pitkin, mikä kustantaa erittäin paljon. Varastoinnin ja siirron kustannukset määräytyvät työmaakohtaisesti ja vaikutukset kokonaiskustannuksiin saattavat olla hyvinkin suuret, joten ne on siksi tässä työssä jätetty huomioimatta.

Väliseinien paksuutta kasvattaessa tilan hyödyllinen pinta-ala pienenee, sillä seinät vievät enemmän tilaa kokonaispinta-alasta. Tämä tulee ottaa huomioon väliseinärakenteen parantamisvaihtoehtoa valittaessa. Tässä työssä tutkittujen rakennevaihtoehtojen vaikutukset pinta-alan muutokseen vaihtelevat suuresti. Esimerkiksi levyseinän parantaminen kasvattaa seinän paksutta ainoastaan kahden kipsilevyn paksuuden verran, eli 26 mm. Toisessa ääripäässä, harkkoseinässä, paksuus kasvaa kevytsoraharkon, ääneneristeen ja ilmapälin paksuuden verran, eli 230 mm. Pienessä tilassa vaikutus on huomattava.

Tutkimus suoritettiin kirjallisuustutkimuksena, jossa käytettiin pääsääntöisesti Rakenustiedon aineistoja. Tietoa hankittiin myös materiaalivalmistajien julkaisuista ja näitä tietoja hyödynnettiin materiaalien tarkempien ominaisuuksien selvittämiseksi. Työssä on jouduttu tekemään yksinkertaistuksia ja oletuksia materiaaleja koskien, mutta ne eivät ole vaikuttaneet tutkimuksen lopputuloksen yleiskuvaan.

Tutkimusta voisi jatkaa käymällä tarkemmin läpi kaikkia mahdollisia korjausvaihtoehtoja yksittäisille seinärakenteille. Näkökulmia voisi olla kustannusten lisäksi muitakin, esimerkiksi nopeus. Lisäksi jatkotutkimuksessa voisi ottaa huomioon tässä työssä pois rajattuja ominaisuuksia: läpiviennit, ovet, ikkunat, nurkat ja kulmat. Tällöin saataisiin lähempänä todellisuutta oleva arvio kustannuksista. Jatkotutkimukseen voisi myös lisätä haastatteluiden avulla hankittua tietoa tämän hetkisistä yleisimmin käytetyistä väliseiniä parantavista rakenteista.

LÄHTEET

- Gyproc (2019). GS 66/66 (600) N-N M0. Saatavissa (viitattu 17.10.2019): <https://www.gyproc.fi/rakenteet/väliseinät/väliseinät-tavallisilla-teräsraangoilla/gyproc-gs-k600-ja-gyproc-gn-13-normaali/gyproc-gs-6666-600-n-n-m0>
- Knauf (2017). Rakenteet ja palo. Pistorasiat kipsilevyseinissä. Saatavissa (viitattu 30.12.2019): <https://knauf.fi/suunnittelijoille/paloasiat/rakenteet-ja-palo>
- Rakennusteollisuus RT (2018). Suhdannekatso. Saatavissa (viitattu 27.9.2019): https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/suhdanteet-ja-tilastot/suhdannekatsoukset/2018/syksy/suhdanne_syksy18_lopullinen.pdf
- Rakentaja.fi (2006). Puurakenteiset väliseinät. Saatavissa (viitattu 3.10.2019): https://www.rakentaja.fi/artikkelit/791/puurakenteiset_valiseinat.html
- Ratu KI-6020 (2010). Rakentamisen tuotantotekniikka. Rakennustietosäätiö. 274 s.
- Ratu 0426 (2014). Levyrakentaminen, väliseinät. Rakennustietosäätiö. 21 s.
- Ratu 42-0290 (2005). Harkkomuuraus. Rakennustietosäätiö. 12 s.
- RT 82-10588 (1995). Harkkorakenteiden suunnittelu. Rakennustietosäätiö. 16 s.
- RT 82-10903 (2007). Väliseinärakenteita. Rakennustietosäätiö. 38 s.
- RT RakMK-21754 (2018). Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta. Rakennustietosäätiö. 14 s.
- RT RakMK-21772 (2018). Ääniympäristö. Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä. Rakennustietosäätiö. 19 s.
- Siporex-väliseinät (2019). HplusH Finland Oy. 8 s. Saatavissa (viitattu 7.11.2019): <http://hhinter.steuerhaus.dk/web/hh-fi/rakentaminen>
- Tiili-info (2019). Ääneneristys. Saatavissa (viitattu 30.10.2019): <https://www.tiili-info.fi/suunnitteluohjeet/aaneneristys/>
- Ympäristöministeriö (2002). Suomen Rakentamismääräyskokoelma E1 . Rakennusten paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet. 40 s. Saatavissa (viitattu 3.10.2019): <https://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/2002/10530>