

Rivitalon betonisten huoneistojen välisten seinien vertailu



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Hämeenlinnan korkeakoulukeskus

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Rakennusmestari

Kevät 2022

Santeri Teuri

Tekijä Santeri Teuri

Vuosi 2022

Työn nimi Rivitalon betonisten huoneistojen välisten seinien vertailu

Ohjaajat Sami Niku-Paavo (HAMK), Veli-Matti Toivonen (Mangrove Oy)

TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä vertaillaan kolmen eri betonisen huoneiston välisen seinän toteutustapaa. Toteutustavat ovat valuharkot, suurmuotit, sekä betonielementit. Työn tavoitteena on selvittää, onko hankkeen koolla ja toteutustapojen riskitekijöillä merkitystä toteutustapaa valittaessa. Opinnäytetyön tilaaja on Mangrove Oy.

Työssä käydään läpi huoneiston välisten seinien sekä toteutustapojen teoriaa.

Kyselytutkimuksen perusteella tuotetaan riskianalyysi toteutustavoista ja kolmen eri kokoisen hankkeen avulla tutkitaan toteutustapojen kustannuksia sekä toteutumisaikoja.

Lopuksi tutkimustulosten sekä riskianalyysin pohjalta valitaan esimerkkikohteille oikea toteutumistapa. Kustannukset ja toteutumisaajat perustuvat soveltaen opinnäytetyön tilaajan edellisten ja käynnissä olevien kohteiden tilauksiin, tarjouksiin ja toteutuneisiin työmenekkeihin, sekä RT-kortteihin ja tilaajan kokemuksen tuomiin arvioihin.

Esimerkkikohteiden tulosten perusteella hankkeen koolla, sekä toteutumistapojen riskitekijöillä on merkitystä toteutumistapaa valittaessa. Rakennushankkeen toteutustapa, jossa on kaksi huoneiston välistä seinää, olisi valuharkot tai talvella mahdollisesti suurmuotit. Sen sijaan rakennushankkeessa, jossa on kymmenen huoneiston välistä seinää valittava toteutustapa, olisi suurmuotit. 60 huoneiston välisen seinän rakennushankkeessa valintana olisi suurmuotit tai betonielementit riippuen mm. hankkeen hinnasta, kulurakenteesta ja suunnitellusta läpimenoajasta.

Avainsanat Rivitalo, betonirakenteet, vertailu

Sivut 31 sivua ja liitteitä 2 sivua

Abstract

Degree Programme in Construction and Civil Engineering, Bachelor of Construction Management

Author	Santeri Teuri	Year 2022
Subject	Compare row house concrete dividing walls	
Supervisors	Sami Niku-Paavo (HAMK), Veli-Matti Toivonen (Mangrove Oy)	

ABSTRACT

This thesis compares three different row house concrete dividing wall execution methods. The execution methods are concrete casting block, large shuttering form and concrete element. The aim of this thesis is to discover, if the size of the construction project and executions risks matter choosing the correct execution method. The commissioner for this thesis is Mangrove Oy.

First, there is a theory section where the thesis discusses the theory of the dividing wall and the different execution methods. Then, there is a risk analysis of the three different execution methods based on a survey. After that, three different sized projects' costs and work times are reviewed on each execution method. Then the different execution methods are compared, and the suitable method is chosen for each project. The costs and work times are based on the thesis commissioner's previous and ongoing project's orders, offers and realized work times, and also information in the RT building information file. Some of the estimates are based on the experience of the commissioner of this thesis.

Based on the results of the example sites, the size of the project and the risk factors of the execution methods play a role in choosing the method of execution. The method of execution of a construction project with two dividing walls would be concrete casting block or, in winter, possibly large shuttering form, while in a construction project with ten dividing walls the large shuttering form would be the method of execution. In project with 60 dividing walls the best choice would be either large shuttering form or concrete element. The choice would depend on the total price, cost structure, and planned lead time of the project.

Keywords Rowhouse, concrete structures, comparison

Pages 31 pages and appendices 2 pages

Sisälllys

1	Johdanto	1
2	Määritelmät	2
3	Huoneiston välisen seinän tekniset vaatimukset	2
3.1	Palotekniset vaatimukset	2
3.2	Äänitekniset vaatimukset	2
3.2.1	Ilmaääni	3
3.2.2	Askeläänitasoluku	4
4	Huoneiston välisten seinien riskit	4
5	Betonisten huoneiston välisten seinien toteutustavat	6
5.1	Valuharkko	6
5.1.1	Asennus	6
5.1.2	Valu	7
5.2	Suurmuotti	7
5.2.1	Asennus	8
5.2.2	Valu	8
5.2.3	Muotin purkaminen	9
5.2.4	Muotin purkulujuus	9
5.3	Betonielementti	10
5.3.1	Asennus	10
5.3.2	Pystysaumojen raudoitus ja saumavalu	11
6	Rakentamisen laatu	11
6.1	Yleistä	11
6.2	Mittatarkkuusluokat	12
6.3	Valmistus- ja asennustoleranssit	13
6.3.1	Valmistus- ja asennustoleranssien vertailu	16
7	Toteutustapojen riskit	16
8	Riskianalyysi	17
9	Esimerkkikohteiden kustannukset ja toteutumisaajat	18
9.1	Kustannuksen ja hinnan määritelmät	18
9.2	Aikataulun määritelmä	19
9.3	Esimerkkikohteiden läpikäynti	20
9.3.1	Esimerkkikohde 1 valuharkkoilla	21
9.3.2	Esimerkkikohde 1 suurmuoteilla	22

9.3.3	Esimerkkikohde 1 betonielementeillä.....	24
9.3.4	Esimerkkikohde 2 valuharkoilla.....	24
9.3.5	Esimerkkikohde 2 suurmuoteilla.....	26
10	Vertailu ja toteutustavan valinta.....	27
10.1	Esimerkkikohde 1.....	27
10.1.1	Toteutustavan valinta.....	28
10.2	Esimerkkikohde 2.....	28
10.2.1	Toteutustavan valinta.....	29
10.3	Esimerkkikohde 3.....	29
10.3.1	Toteutustavan valinta.....	30
11	Johtopäätökset.....	30
12	Pohdinta.....	31
	Lähteet.....	32

Kuvat, taulukot ja kaavat

Kuva 1	Betoniseinän liitos puuelementti ulkoseinään (Elementtisuunnittelu, 2009)	5
Kuva 2	Havainnekuva paikallavalettujen seinien mitoituksista (by 47 Betonirakentamisen laatuohjeet 2013b, luku 4.2.4.2)	15
Kuva 3	Esimerkkiseinän mitat.....	21
Taulukko 1	ilma- ja askeläänieristyksen suunnitteluarvot (Ympäristöministeriö, 2018a, s. 20, muokattu).....	3
Taulukko 2	Muottiharkkoseinien mittatarkkuusvaatimukset (RunkoRyl 2010, taulukko 513:T5, mukautettu).....	13
Taulukko 3	Paikallavalettujen seinien mittatarkkuusvaatimukset, (by 47 Betonirakentamisen laatuohjeet 2013a, luku 4.2.4.2, muokattu).....	14
Taulukko 4	Betonielementtien mittatarkkuusvaatimukset (Betonielementtien toleranssit 2011, muokattu).....	14
Taulukko 5,	kyselyn vastauksien keskiarvot.....	18
Taulukko 6	Valuharkkoseinien kustannus- ja työmenekkilaskelma, 10 kpl	21
Taulukko 7	Suurmuottiseinien kustannus- ja työmenekkilaskelma, 10 kpl	22
Taulukko 8	Betonielementtiseinien kustannus- ja työmenekkilaskelma, 10 kpl	24

Taulukko 9 Valuharkkoseinien kustannus- ja työmenekkilaskelma, 2 kpl	25
Taulukko 10 Suurmuottiseinien kustannus- ja työmenekkilaskelma, 2 kpl	26
Taulukko 11 Toteutustapojen vertailu, 10 kpl.....	28
Taulukko 12 Toteutustapojen vertailu, 2 kpl.....	28
Taulukko 13 Toteutustapojen vertailu, 60 kpl.....	29

Liitteet

Liite 1	Riskitekijäkysely
---------	-------------------

1 Johdanto

Rivitalon huoneistojen välisten seinien toteutustapoja on monia. Huoneistojen välisen seinän pystyy toteuttamaan puusta tai betonista. Tämän työn tilaaja Mangrove Oy, jossa toimin työnjohtajana, on toteuttanut rivitalojen huoneistojen välisiä seiiniä lähinnä valuharkkoilla. Tämä tapa on toiminut pienimmissä hankkeissa, mutta hankkeiden kasvaessa Mangrove Oy:llä on tullut tarve tarkastella muitakin vaihtoehtoja kuin valuharkkoja. Tarkasteluun otettiin lisäksi suurmuotit ja betonielementit.

Mangrove Oy on perheyritys ja se on perustettu vuonna 1994. Yritys toimii Pirkanmaalla, Varsinais-Suomessa, Uudellamaalla sekä Länsi-Suomen alueella. Yrityksen pääasiallinen liiketoiminta on asuinrakentaminen ja erityisesti kohtuuhintaisten asuntojen tuottaminen, jotka tukevat ympäristön hyvinvointia ja kestäväää kehitystä. Mangrove Oy on osa Mangrove Yhtiö-konsernia. Mangrove Yhtiöt rakentaa ja rakennuttaa omistus-, asumisoikeus- ja vuokratoteja yksityishenkilöille, sekä toimii KVR-rakennuttaja- ja hankeyhteistyökumppanina kiinteistöjen omistajille ja sijoittajille. Konsernin henkilöstömäärä on n. 200. (Mangrove Oy, n.d)

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tarkastella rivitalon betonisten huoneistojen välisten seinien toteutustapoja ja vertailla miten hankkeen koko, sekä erilaiset riskitekijät vaikuttavat toteutustavan valintaan. Toteutustavoiksi on valittu valuharkko, suurmuotti ja betonielementti. Työssä käydään läpi huoneiston välisten seinien vaatimuksia, määritelmiä, riskejä sekä toteutustapojen teoriaa. Riskianalyysi -osiossa tavoitteena on tuottaa kyselyiden vastauksien avulla yhteenveto toteutustapojen riskien todennäköisyyksistä. Kysely lähetetään Mangrove Oy:n 30 työntekijälle. Työntekijät koostuvat työpäälliköistä, vastaavista työnjohtajista, työnjohtajista, sekä hankintainsinööreistä. Kustannukset ja toteutus -osiossa vertaillaan toteutustapojen kustannuksia ja työmenekkejä kolmen erikokoisen esimerkkikohteen laskelmien avulla. Kustannukset ja työmenekit saadaan RT-kortistosta, toimeksiantajan edellisistä ja käynnissä olevista kohteista, sekä työkokemukseen perustuvista arvioinneista. Vertailu ja toteutustavan valinta -osiossa vertaillaan esimerkkikohteiden tuottamia laskelmia ja pyritään niiden, sekä riskianalyysin tuottamien tuloksien avulla tuottamaan oikea toteutustapa esimerkkikohteittain.

2 Määritelmät

Rivitalo on kytketty pientalo, jossa on vähintään kolme huoneistoa rakennettu suoraan kiinni toisiinsa. Rivitaloissa asuinhuoneistojen tilat eivät sijaitse toistensa päällä. (TEPA-termipankki, 2020) Suomessa on vuoden 2021 tutkimuksen mukaan 84 325 rivi- ja ketjutaloa. (Tilastokeskus, 2022)

Rivitalon huoneistojen välinen seinä eli HVS on seinä, joka nimensä mukaisesti, on kahden huoneiston välissä. Huoneiston välinen seinä jakaa kaksi huoneistoa erilliseksi huoneistoksi, joten sille on asetettu ääni- ja paloteknisiä vaatimuksia. Vaatimusten tarkoitus on, etteivät eri huoneistojen väliset toiminnot aiheuta tarpeetonta häiriötä tai vaaraa eri huoneistojen käyttäjille. Huoneiston väliset seinät voivat olla kantavia tai ei- kantavia. Huoneistojen väliset seinät pystytään toteuttamaan monella eri rakenneratkaisulla, puusta tai betonista. Tässä opinnäytetyössä keskitytään vain valuharkoilla, suurmuoteilla ja betonielementeillä toteutettuihin huoneistojen välisiin seiniin.

3 Huoneiston välisen seinän tekniset vaatimukset

3.1 Palotekniset vaatimukset

Huoneiston välisellä seinällä on paloteknisiä vaatimuksia. Rakennukset jaotellaan kolmeen paloluokkaan P1, P2 tai P3. 1–2 kerroksiset rivitalot kuuluvat P2 paloluokkaan. Niiden osastoivat rakennusosat kerroksissa, johon huoneiston välinen seinä kuuluu, pitää täyttää EI30 paloluokitus. Tämä tarkoittaa, että palotilanteessa rakennusosa on tiivis ja eristää lämpöä vähintään 30 minuutin ajan. Kirjain E tarkoittaa tiiveyttä, kirjain I eristävyyttä ja luku 30 palokestävyysaikaa minuuteissa. (Ympäristöministeriö, 2011, ss. 5, 10, 11)

3.2 Äänitekniset vaatimukset

Huoneiston välisille seinille on asetettu äänitekniisiä vaatimuksia. Huoneiston väliset seinät ovat kahden asunnon välillä, joten niiden ilma- ja askelääneneristysten suunnittelussa ja toteutuksessa

on noudatettava alla olevan taulukon 1 arvoja. (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä 796/2017, 4 §) Pienin sallittu äänitasoeroluku on 55 dB ja suurin sallittu askelääni-taso-luku on 53 dB. Mitä isompi äänitasoero- ja askeläänitasoluku sitä enemmän se eristää ääntä.

Taulukko 1 ilma- ja askeläänieristyksen suunnitteluarvot (Ympäristöministeriö, 2018a, s. 20, muokattu)

Huonetila	Pienin sallittu äänitasoeroluku(dB)	Suurin sallittu askelääni-tasoluku (dB)
Asuntojen, majoitus- tai potilashuoneiden välillä	55	53

3.2.1 Ilmaääni

Rakennuksissa esiintyviä ilmaäänen lähteitä ovat esimerkiksi puhe, musiikki, äänentoistojärjestelmät ja erilaiset tekniset järjestelmät. Ilmaäännet saavat tilan pinnat, kuten seinärakenteet sekä ylä- ja alapohjan, värähtelemään. Rakenteiden värähtely saa aikaan ilman värähtelyä rakenteiden toisella puolella, ja ääni siirtyy rakenteiden kautta tilasta toiseen. Ilmaääneneristyksen tehtävänä on vähentää äänen siirtymistä tilasta toiseen. Mitä suurempi tilojen välinen ilmaääneneristys on, sitä pienempi äänitaso syntyy tilaan, johon ääni siirtyy. Erityistä huomiota on kiinnitettävä, että rakennusosien väliset liitokset, saumat ja talotekniset läpiviennit ovat tiiviitä. (Ympäristöministeriö, 2018b, s.19) Suunnitteluvaiheessa kannattaa kiinnittää huomiota, miten ja minne talotekniikkaa sijoittaa. Esim. pistorasiat betonisessa huoneiston välisessä seinässä molemmin puolin seinää samassa kohtaa aiheuttavat riskin ääneneristävyden kannalta. Seinään voi tulla halkeama, koska betonia on pistorasioiden välissä

vähän. Ja koska betonia on vähän, niin on myös massaa vähemmän eristämässä ääntä pistorasioiden kohdalla.

3.2.2 Askeläänitasoluku

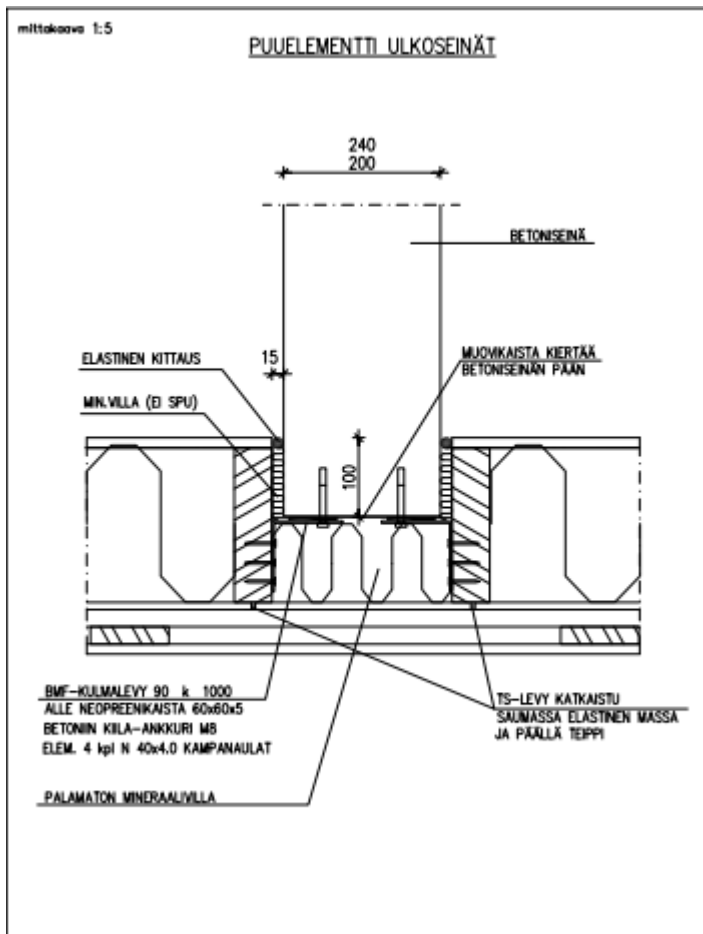
Askeläänitasoluku tarkoittaa iskujen aiheuttamaa värinää rakenteissa, mikä aiheuttaa ilmaääntä toisessa tilassa. Askeläänen lähteitä ovat rakenteisiin, lähinnä väli- ja alapohjiin, kohdistuvat iskut, kuten kävely, huonekalujen siirtäminen, esineiden putoaminen ja tavarakuljetukset esimerkiksi asuinrakennuksen yhteydessä sijaitsevassa liikehuoneistossa. (Ympäristöministeriö, 2018b, s.19)

2- kerroksisissa rivitaloissa on hyvä kiinnittää huomiota, ettei liiallinen askelääni kytkeydy portaiden kautta huoneiston väliseen seinään ja sitä kautta viereiseen asuntoon. Kaksinkertaisissa seinärakenteissa on mahdollista kiinnittää portaat suoraan huoneiston väliseen seinään. Yksinkertaisissa seinärakenteissa on suositeltavaa kiinnittää portaat väli- ja alapohjaan, eikä huoneiston väliseen seinään liiallisen askeläänten estämiseksi.

4 Huoneiston välisten seinien riskit

Huoneiston välisten seinien riskeinä on, että tekniset vaatimukset eivät täyty. Niiden korjaaminen jälkikäteen on työlästä ja tuottavat paljon kustannuksia. Ongelmia tuottavat mm. rakeenteelliset sivutiesiirtymät, jossa tilasta toiseen jatkuva rakennusosa kuljettaa ääntä tilasta toiseen sekä seinissä sijaitsevien pistorasioiden sijainnit. Rakenteelliset sivutiesiirtymät saadaan ehkäistyä toteuttamalla huoneiston välinen seinä ulkoseinän sisään ja tekemällä liitokset huolellisesti esimerkiksi alla olevan kuvan 1 mukaisesti. Rakenteellinen sivutiesiirtymä katkaistaan mineraalivillalla ja elastisella massalla. (Elementtisuunnittelu, 2009)

Kuva 1 Betoniseinän liitos puuelementti ulkoseinään (Elementtisuunnittelu, 2009)



Pistorasioiden sijoittamisessa huoneiston väliseen seinään molemmin puolin seinää on kiinnitettävä huomiota. Jos pistorasiat ovat vastakkain seinässä on vaarana, ettei palo- ja äänitekniset vaatimukset täyty, koska betoniseinään voi syntyä halkeamia pistorasioiden kohdille, sekä pistorasioiden välissä on vähän betonimassaa eristämässä ääntä. Helsingin kaupungin asuntotuotantotoimisto on antanut ohjeeksi, että pistorasioiden etäisyys on oltava yli 200 mm toisistaan. (Helsingin kaupunki, 2017, s 10)

5 Betonisten huoneiston välisten seinien toteutustavat

5.1 Valuharkko

Valuharkot on betonista valmistettuja käsin ladottavia harkkoja, joissa on harkkokuorien välissä valuontelot. Markkinoilla on monta valuharkkovalmistajaa ja monella on erityisesti huoneistoin väliseen seinään 200 mm paksuja räätälöityjä valuharkkoja. Valmistajasta riippumatta valuharkkoilla rakentaminen toteutetaan samalla tavalla, ladonta, rauditus ja valu. Harkkoja voi työstää kulmahiomakoneella, jossa on timanttilaikka.

5.1.1 Asennus

Huoneiston välisen seinän rakentaminen valuharkkoilla aloitetaan mitoittamalla seinälinjat, joiden mukaan muurausjohteet asennetaan. Muurausjohteisiin merkitään korkomerkit ja linjalanka asennetaan kulkemaan korkomerkkien mukaisesti muurausjohteiden välissä. Linjalanka kannattaa asettaa muutaman millin ylemmäs kuin ladottavan harkon yläpinta, ettei lanka häiritse ladontaa. Seinälinjalla on alapohjasta tulevat teräksiset tartunnat rakennesuunnitelmien mukaan. Tartuntojen jako olisi hyvä suunnitella ja toteuttaa niin, että se sopii valuharkkojen onteloiden kanssa yhteen. Alin kerros kiinnitetään muurauslaastilla ja apuna harkkojen suoristamiseen voi käyttää muovikiiloja. Harkkojen suoristamista muovikiiloilla ja kiinnittämistä uretaanille ei suositella, koska valuvaiheessa on mahdollista, että valupaineen takia alin harkkokerros pääsee liikkumaan ja näin ollen harkkoseinä ei pysy enää pystysuorassa. Kun ensimmäinen rivi on valmis, nostetaan linjalankaa ja ladotaan toinen kerros. Kiviliimaa voi käyttää halutessaan pysty- ja vaakasaumoissa. Kiviliima auttaa sitomaan harkot toisiinsa ja harkot eivät pääse liikkumaan asennus- tai valuvaiheessa. Vaakateräkset asennetaan rakennesuunnitelmien mukaisesti harkkojen latomisen yhteydessä. Pystyteräkset kannattaa asentaa, kun ylin valettava harkkokerros on asennettu, etteivät teräkset vaikeuta harkkojen latomista. Ennen valua asennetaan mahdolliset seinään tulevat pistorasiat, sähköputket, vesijohdot ja hanakulmat. Pistorasiat ja hanakulmat on hyvä kiinnittää vanerilappuihin, jotka kiinnitetään valuharkkoihin betoniruuveilla. (HB-betoni, n.d, ss. 2-3, Lakka, 2019, ss. 9 & Leca, 2019, ss. 18–19) Pistorasioiden sähkön syöttöjen reitit kannattaa suunnitella niin, että ne sähkövedot olisivat mahdollisimman

lyhyitä ja helposti toteuttavissa työmaalla. Esim. alimpien pistorasioiden syötöt voi suunnitella kulkevan lattiaeristeen välissä ryhmäkeskukselle.

5.1.2 Valu

Valubetonin lujuuden ja rasitusluokan suunnittelee kohteen rakennesuunnittelija.

Valuharkkotoimittajien suositukset maksimiraekoosta vaihtelevat 8–16 mm välillä ja betonin notkeudeksi suositellaan S3 tai S4 betonia. Notkea betoni ja pieni raekoko edesauttaa, että betonimassa pääsee joka puolella valuharkkojen onteloita ja raudoitusten ympärille. Ennen valua tarkistetaan, että raudoitukset ovat suunnitelmien mukaiset, kaikki suunnitellut seinän pistorasiat, sähköputket, vesijohdot ovat asennettu ja mahdolliset harkkojen reiät tukittu. Tähän kannattaa käyttää huolellisuutta, koska valun aikana korjattavat paikat ovat aikaa vieviä ja aiheuttavat paljon putsattavaa. Myös jälkeen päin roilotettavat hanakulmat tai pistorasioiden paikat ovat työläitä tehdä. Maksimivalukorkeudeksi suositellaan 1,5 m, koska korkeampi valukorkeus voi aiheuttaa betonimassan erottumista. Suosituksen mukaan tämä tarkoittaa, että harkkokerroksia on ladottuna maksimissaan kahdeksan kerrosta ja valu päättyy ylimmän kerroksen puoliväliin. Valaminen aloitetaan reunasta kerroksittain. Maksimivalukerrokseksi suositellaan 0,5 metriä ja nousunopeudeksi 0,5–1,0 m/h. Valumassa tiivistetään sauvatäryttimellä, joka toisesta ontelosta. Sauvatärytintä pidetään pystysuorassa asennossa ja annetaan sen upota omalla painolla 100–200 mm edelliseen valukerrokseen. Raudoitusten ja putkitusten täryttämistä täytyy välttää, etteivät ne pääse liikkumaan. Työsauma toteutetaan harkkorivin puoliväliin, näin estetään valmiiseen pintaan tulevat halkeamat. Mahdolliset betonipurseet siivotaan heti valamisen jälkeen, koska kuivuttuaan betonipurseiden putsaus on huomattavasti työläämpää. Valettu betoni jälkihoidetaan pitämällä sitä kosteana ja suojattuna. Nämä toimenpiteet vähentävät betoninhalkeiluriskiä. (HB-betoni, n.d, s.4, Lakka, 2019 s. 10 & Leca, 2019, s. 20)

5.2 Suurmuotti

Suurmuotti on valmismuotti, joka on osana muottijärjestelmää. Niissä on usein teräsrunko ja valupintana filmivaneri tai koivuvaneri. Suurmuottien varusteluihin kuuluu usein oma lämmitys-, tuenta-, ja telinejärjestelmä. Suurmuotteja vuokraavia yrityksiä on useita, mutta tässä työssä

käsitellään Skanska kone vuokrauksen suurmuottikalustoa. Yrityksellä on vuokrattavana 3,0 m korkeita suurmuotteja ja niitä on saatavilla 7,2 m, 6,0 m, 4,8 m, 3,6 m, ja 2,4 m leveyksillä. Suurmuotteja on myös mahdollista korottaa Manto-korotuskaseteilla, jotka ovat 0,9 m korkeita. Tarvikkeina suurmuoteissa on tukijalat, tuuliketjut, sidetangot, mutterit, tikkaat, työtasot ja kaiteet. Muoteissa on myös lämmitysvastukset. (Skanska konevuokraus, 2020)

5.2.1 Asennus

Asennus aloitetaan seinälinjojen merkitsemisellä. Kun seinälinjat ovat merkitty nostetaan ensimmäinen eli enklapuoli muotinnostokorvakkeista paikoilleen. Alustan pohja on hyvä olla tasainen ja puhdistettu, jotta muotin alapinta asettuu tasaisesti pohjan päälle. Muotti linjataan nostimen ja tukijalkojen säätöruuvien avulla pystysuoraan asentoon. Muotin kaatumisen ehkäisemiseksi tuuliketjut kiinnitetään ja kiristetään kiristimillä muotin taakse vähintään 1,2 metrin päähän, ennen nostokoukkujen irrotusta. Muotin päätytopparit asennetaan paikoilleen. Päätytopparit voi toteuttaa vanerista ja 48x98 mm vahvuisesta puutavarasta. Mahdolliset sähkörsiat ja putkivaraukset asennetaan paikoilleen ja muotti öljytään. Muotin öljyämisen on tarkoitus helpottaa muotin purkamista. Raudoitukset asennetaan rakennesuunnitelmien mukaan. Raudoituksen voidaan toteuttaa irtoteräksillä tai raudoituks verkoilla. Alapään kierrekiristimet työnnetään muotin takaa valutilaan ja valuholkkit kartioilla asennetaan. Valuholkkien pituus määrittelee halutun seinän paksuuden. Kun raudoitukset, sähkörsiat ja putkivaraukset on tarkastettu, voidaan aloittaa muotin tuplaus eli muotin toisen puolen asennus. Öljytty ja varusteltu muotin toinen puoli nostetaan paikoilleen ja alapään kierrekiristimet työnnetään kohdilleen ja mutterit kierretään, mutta ei kiristetä. Yläpään kierrekiristimet ja valuholkkit kartiolla asennetaan ja mutterit kiristetään. (Skanska konevuokraus, 2016)

5.2.2 Valu

Seinän valaminen suoritetaan etenemällä samaan suuntaan koko ajan ottaen betonimassaa muottiin 250–300 mm:n kerroksina. Näin rakenteesta tulee tasalaatuista, eikä kivipesiä ja huokoisia pääse syntymään. Maksimivalukorkeudeksi kerralla suositellaan 500 mm. Betonimassan vapaa pudotuskorkeus saa olla enimmillään 1,5 metriä ja betonimassan iskeytymistä seinämiin ja

raudoituksiin täytyy välttää, koska tämä aiheuttaa betonimassa erottautumista. Korkeissa valuissa apuna voi käyttää valusukkaa. Betonimassa tiivistetään sauvatäryttimellä. Sauvan on tunkeuduttava edellisen kerrokseen 100–200 mm, jotta kerrosten rajakohtiin ei jää työsaumoja. Maksimitärytysväliksi suositellaan 8 kertaa sauvatäryttimen kärjen halkaisijaa. Tiivistämisen tarkoitus on saada betoni täyttämään muotin ja ympäröimään raudoitus kokonaan, sekä poistaa betonimassasta ylimääräistä ilmaa. Valamisen jälkeen betonia jälkihoidetaan pitämällä sitä kosteana ja suojattuna. Nämä toimenpiteet vähentävät betonin halkeiluriskiä. (Ratu 0403, 2012, s.9)

5.2.3 Muotin purkaminen

Muotin purku voidaan toteuttaa vasta, kun muotin purkulujuus on saavutettu. Kun purkulujuus on saavutettu, kierrekiristimet voidaan avata ja kierrekiristintangot vedetään pois rei'istä ja varastoidaan säilytyskoteloon. Nostokoukut kiinnitetään muottiin ja ketjut kiristetään, mutta ei nosteta. Tukijalkojen säätöruuveja löysätään, niin että muotti pääsee kallistumaan taakse päin valuseinästä. Kangella tai kiiloilla voidaan avittaa irrottamista. Tuuliketjut irrotetaan ja muotti nostetaan seuraavaan suunniteltuun paikkaan. Muotti tuetaan oikeaoppisesti, jonka jälkeen voidaan irrottaa varaukset valupinnasta, sekä puhdistaa ja öljytä valupinta. (Skanska konevuokraus, 2016)

5.2.4 Muotin purkulujuus

Muotin purkulujuudella tarkoitetaan betonin riittävää lujuutta, minkä se on valmis kestämään muottien osien tai tukirakenteiden purkamisen jälkeen ilman, että rakenteeseen ilmaantuu vaurioita tai haitallisia muodon muutoksia. Seinämuottien kohdalla tämä tarkoittaa yleensä, kun betoni on saavuttanut 5 MN/m² keskimääräisen lujuuden, niin muotit voidaan purkaa. Joissakin erikoistapauksissa purku voidaan suorittaa nopeamminkin, kunhan rakenne kestää siihen kohdistuvat rasitukset vaurioitumatta. (Betonitieto, n.d-d)

Vaikuttavia asioita betonin lujuuden kehitysnopeuteen on sementin tyyppi, seosaineet, betonin lämpötila ja jälkihoito olosuhteet. Lujuuden kehityksen arviointia kannattaa tehdä etukäteen esim.

markkinoilla olevien sovellusten avulla ja varmistaa vielä laskemalla valettujen rakenteiden lämpötiloista. (Betonitieto, n.d-b) Lujuuden kehitys vaikuttaa oleellisesti muottikierron nopeuteen ja suunnitteluun. Muottikierrolla tarkoitetaan sitä, milloin muotteja voi käyttää uudelleen seuraavan rakenteen valmistukseen.

5.3 Betonielementti

Betonielementti on betoninen valmisosa, joka on valmistettu jossain muualla kuin sen lopullisessa sijoituspaikassa. Pääsääntöisesti valmistus tapahtuu tehtaissa. (betonitieto, n.d-c) Suomessa betonielementti rakentamisella on pitkä historia ja niitä on alettu käyttää jo 1950-luvulla. Valmistustekniikat ovat kehittyneet ja alkuaikojen käsityöt on korvattu koneilla ja laitteilla. (Kivifaktaa, n.d)

Mittasuosituksina betoniselle raudoitetuille seinäelementille, mihin huoneiston välinen seinäkin kuuluu, on maksimikorkeus 3,6 metriä ja maksimipituus 8–9 metriä. Huoneiston välisen seinän minimi paksuudeksi suositellaan väh. 200 mm, että rakenteen äänitekniset vaatimukset täyttyvät. Elementtien suunnittelussa on hyvä huomioida myös elementtien painot, ettei elementtien asennus tuota nostokalustolle erikoisjärjestelyjä, mikä lisäisi kustannuksia. (Elementtisuunnittelu, 2020)

5.3.1 Asennus

Seinäelementtien asennuslinjat mitoitetaan mittapisteistä ja merkitään niin, että ne ovat näkyvissä koko asennusajan. Oikea korkeusasema määritellään tasolaaserin avulla ja eri kokoisilla asennuspaloilla seinäelementti saadaan asennettua vaakasuoraan. Asennuspaloja asennetaan kaksi pinoa per seinäelementti. Jos elementti asennetaan kuivana eli alasauma valetaan jälkeensä, asennuspalojen korkeus pitää olla vähintään 20 mm. Näin varmistetaan, että juotosvalu pääsee kunnolla seinäelementin alle, varmistetaan betonin kiinnittyminen kauttaaltaan. Jos juotosvalu levitetään asennuksen yhteydessä asennuspalojen korkeus, täytyy olla vähintään 10

mm. Suunnitellun järjestyksen mukaan elementit asennetaan suoraan kuormasta tai välivarastosta nosturin avulla. Elementtikangilla ohjataan nostonloppuvaiheessa seinäelementti haluttuun paikkaan. Tuenta tapahtuu vähintään kahdella elementtituella, joiden avulla myös säädetään elementti pystysuoraksi. Kun seinäelementti on tuettuna oikealla paikallaan, nostoraksit voidaan irrottaa telineiden tai elementtitikkaiden avulla. Alasauma viimeistellään poistamalla ylimääräinen juotosbetoni, ennen kuin se kerkeää kovettua. (Ratu 0392, 2012, ss. 7–11)

5.3.2 Pystysaumojen rauditus ja saumavalu

Seinäelementit saumat raudoitetaan raudoitussuunnitelman mukaisesti. Elementtien vaijerilenkit taivutetaan esiin ja raudoitusteräket pujotetaan lenkkien läpi. Saumavalu voidaan suorittaa valmisbetonilla sauma molemmin puolin laudoittamalla ja käyttämällä kalustona valamiseen nostoastiaa/pumppuautoa tai pystysaumapumppauksella, jossa toinen puoli saumoista laudoitetaan ja vastakkaiselta puolelta pumpataan sauma täyteen pystysaumabetonia. Betoniroiskeet ja valumat putsataan saumavalun yhteydessä, ennen kuin ne ehtivät kovettua. Jälkihoitona saumat kastellaan ja suojataan, ettei liian nopea kuivumien aiheuta betonin kutistumista ja halkeilua. Kun betoni on kovettunut tarpeeksi laudoitukset saa purkaa. (Ratu 0392, 2012, ss. 11–12)

Vasta kun saumavalu on saavuttanut rakennesuunnittelijan määrittelemän lujuuden, voidaan elementtituet poistaa. (Ratu 0392, 2012, s.12) Lujuuden kehitystä seurataan valun lämpötila mittauksilla esim. valuun sisään asennettavien lämpötila-antureiden avulla tai muilla luotettavilla keinoilla.

6 Rakentamisen laatu

6.1 Yleistä

Rakentamisen laatua voidaan tarkastella yleisellä tasolla monesta näkökulmasta, mutta ilman minkäänlaista sääntelyä ja laadullisia määritelmiä, kyse on lähinnä jokaisen subjektiivisesta kokemuksesta ja laatu olisi vain mielipide kysymys. Yksinkertaistettuna rakentamisen laatu on sitä

mitä on yhteisesti ja yhteisessä ymmärryksessä sovittu ja toteutettu. Rakentamisen laatu lähtee suunnittelusta, jonka jälkeen tuotanto toteuttaa sen mitä on suunniteltu. Tilaaja esittää tarpeensa ja toivomuksensa, joiden pohjalta suunnitelmat toteutetaan viranomaisten ja hyvän rakentamistavan puitteissa. Laadukkaat suunnitelmat ovat toteutuskelpoiset, ristiriidattomat ja riittävän tarkat työmaan tarpeisiin. Ne ovat kuin hyvä syöttöjalkapallossa, suoraan jalkaan ja pelin puolelle, mistä on helppo jatkaa peliä. Tuotanto toteuttaa suunnitelmien mukaisesti rakennustyöt suunnitellussa aikataulussa, kustannustavoitteessa, sekä turvallisesti ja laatutavoitteiden mukaisesti hyvää rakennustapaa noudattaen. Turvallisuus kattaa kohteen rakennustyöt, kuin myös sen vaikutuspiirin ja ympäristön turvallisuuden. Rakentamisen laatu käsittää myös yhteistyön hankkeen osapuolten välillä ja viestinnän tilaajalle, miten hanke edistyy. Tärkeää on, että on kyseessä yksittäinen rakennusosa tai koko hanke, niin se vastaa suunnitteluasiakirjojen suunnitteluratkaisuja ja laatuvaatimuksia. Laadukkaan lopputuloksen saamiseksi on oleellista, että laatuvaatimukset on määritelty yksiselitteisesti ja ne eivät jätä tulkinnanvaraa.

(Ratu, 2017, s. 11)

6.2 Mittatarkkuusluokat

Rakennusosilla määritetään mittatarkkuusluokat ja ne ryhmitellään kolmeen luokkaan 1, 2 tai 3. Mittatarkkuusluokka valitaan rakennusosan vaatimusten perusteella ja määritetään jokaisella rakennusosalle asiakirjoissa erikseen.

Rakennustöiden laatu -kirjan (2017, s. 144) mukaan mittatarkkuusluokkia voidaan käyttää esimerkiksi seuraavasti:

- Luokka 1: Rakennukset ja rakennusosat, joille asetetaan erityisen suuria mittatarkkuusvaatimuksia.
- Luokka 2: Asuin-, liike- ja toimistorakennukset tai vastaavat rakennukset.
- Luokka 3: Teollisuus-, varasto- ja hallirakennukset tai vastaavat rakennukset

Betonistenrakennusosien toleranssiluokat jaetaan N, normaaliluokkaan ja E, erikoisluokkaan.

Yleensä käytetään normaaliluokkaa. Erikoisluokka voidaan valita ulkonäöllisesti vaativissa kohteissa, joissa halutaan tavanomaista parempaa mittatarkkuutta. (Betonitieto, n.d-a)

6.3 Valmistus- ja asennustoleranssit

Rivitalon huoneiston välinen seinä voidaan asettaa mittatarkkuusluokkaan 2 ja betonirakenteisena toleranssiluokkaan normaali. Alla on kolme taulukkoa ja yksi havainnekuva. Taulukossa 2 on muottiharkkoseinien mittatarkkuusvaatimukset. Taulukossa 3 on paikallavalettujen seinien mittatarkkuusvaatimukset ja taulukossa 4 on betonielementtiseinien mittatarkkuusvaatimukset. Kuvassa 2 on havainnollistettu, mistä taulukko 3 mitat on otettu. Taulukoissa näkyy mittatarkkuusluokka 2 tai betonistenrakennusosien toleranssiluokka normaalin mittatarkkuusvaatimukset. Havainnollistamiseksi taulukoissa on 3000 mm korkean, 200 mm paksun ja 9150 mm pitkän seinän suurimmat sallitut poikkeamat. Taulukoihin on valittu kohdat mitkä käsittelevät huoneistojen välisiä seiniä, esim. aukkojen mittatarkkuusvaatimukset on jätetty pois taulukoista.

Taulukko 2 Muottiharkkoseinien mittatarkkuusvaatimukset (RunkoRyl 2010, taulukko 513:T5, mukautettu)

muottiharkkoseinien suurimmat sallitut poikkeamat		
Ulottuvuudet ja sijainnit	Luokka 2	korkeus=3000 mm paksuus= 200 mm Pituus=9150 mm
Seinän paksuus sivumitasta 3)	± 5 %	
Seinän paksuus enintään	± 8 mm	± 192–208 mm
Käyryys 3)	± 3 ‰	± 9 mm
Kaltevuus 3)	± 3 ‰	± 9 mm
Kaltevuus enintään 3)	± 18 mm	
Kaltevuus toisiin rakennusosiin rajoituksessaan	± 1,5 ‰	± 4,5 mm
Sivusijainti	± 8 mm	
Etäisyydet viereisiin rakennusosiin	± 8 mm	
3) Mitattuna ylä- ja alapään keskipisteiden yhdyslinjasta		
Varaukset		
Mitat	± 15	
Sivusijainti ja korkeus asema perussuorasta tai -pisteestä	± 10	

Taulukko 3 Paikallavalettujen seinien mittatarkkuusvaatimukset, (by 47 Betonirakentamisen laatuohjeet 2013a, luku 4.2.4.2, muokattu)

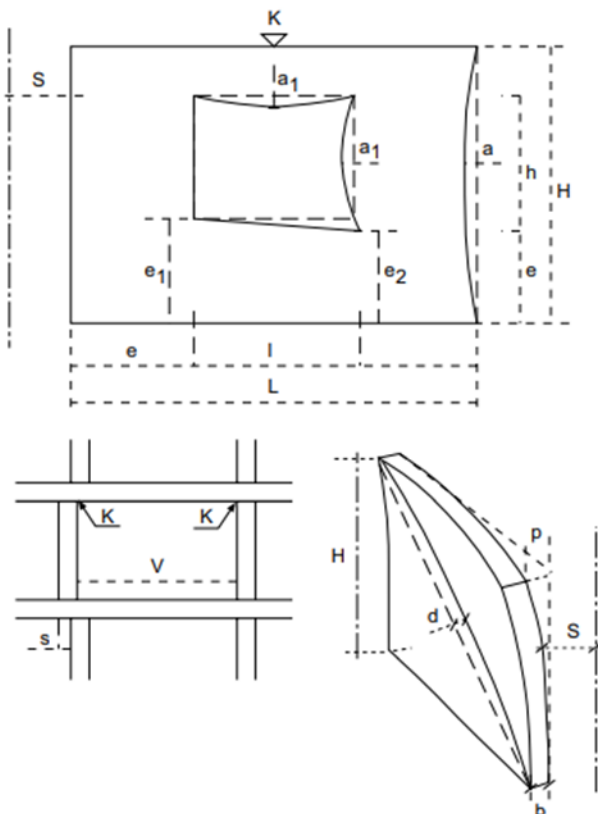
Paikallavalettujen seinien mittatarkkuusvaatimukset		
Ulottuvuudet ja sijainnit	Normaali luokka	korkeus=3000 mm paksuus= 200 mm Pituus=9150 mm
Korkeus (H)	± 10 mm	2990–3010 mm
Pituus (L)	± 10 mm tai L/750	9140–9160 mm
Paksuus (b)	± 8 mm	192–208 mm
Sivun käyryys (a)	± 10 mm	
1) Seinän käyristymä	L/300	32 mm
Poikkeama pystysuorasta (p)	L/300	10 mm
sivusijainti (G)	± 15 mm	
sivusijainti ylä- tai alapuolisesta seinästä (s)	± 10 mm	
Vapaaväli (V)	± 15 mm	
Yläreunan korkeusasema vaakarakenteisiin liittyessä (K)	± 10	
1)muille kuin betonipintaisille seinille määritellään pintamateriaalien vaikutukseen huomioon ottava arvo		

Taulukko 4 Betonielementtien mittatarkkuusvaatimukset (Betonielementtien toleranssit 2011, muokattu)

Betonielementtiseinien mittatarkkuusvaatimukset		
Ulottuvuudet ja sijainnit	Normaali luokka	korkeus=3000 mm paksuus= 200 mm Pituus=9150 mm

Sivusijainti	± 15 mm	
sivusijainti ylä- tai alapuolisesta seinästä	± 10 mm	
Vapaaväli	± 15 mm	
Yläreunan korkeusasema vaakarakenteisiin liittyessä	± 10 mm	
Sivun käyryys (a)	± 10 mm	
Poikkeama pystysuorasta (p)	H/400	7 mm
Sauman leveys	± 10 mm	
Hammastus, kaikissa suunnissa	8 mm	

Kuva 2 Havainnekuva paikallavalettujen seinien mitoituksista (by 47 Betonirakentamisen laatuohjeet 2013b, luku 4.2.4.2)



6.3.1 Valmistus- ja asennustoleranssien vertailu

Mittatarkkuusvaatimuksissa ei ollut merkittäviä eroja. Mutta ainakin työnjohtajan näkökulmasta on hyvä ymmärtää, että vaikka on sama rakennusosa, tässä tapauksessa huoneiston välinen seinä, niin sen mittatarkkuusvaatimukset riippuvat sen toteutustavasta. Työnjohtajana on hyvä myös tiedostaa, että millä ulottuvuuksilla ja sijainneilla on oleellisesti merkitystä jatkon kannalla ja painottaa niiden tarkkuutta. Esimerkiksi 2-kerroksisessa rivitalossa, jossa portaiden kohdalla seinä voi jatkua yhtenäisenä ylhäältä alas, olisi ylä- ja alakerran seinien hyvä kulkea samassa linjassa, ettei pykälää synny niiden saumoihin. Paikallavalettujen seinien mittatarkkuusvaatimus antaa ± 10 mm poikkeaman ala- ja yläpuolisten seinien sivusijainnista. Tällainen 10 mm tai pienempikin pykälä tuottaa esimerkkitapauksessa lisäkustannuksia, koska silloin betoniseinää täytyy jyrsiä ja tasoittaa isommalta alueelta tasaiseksi, jotta sisäpuoli jää siistiksi.

7 Toteutustapojen riskit

Betonisten huoneistojen välisten seinien toteuttaminen sisältää erilaisia riskejä, niin kuin lähes kaikki muukin rakentaminen. Eri toteutustavoilla nämä riskit saattavat olla eri suuruiset. Tässä työssä riskejä arvioidaan viidessä eri kategoriassa. Ensimmäinen on työturvallisuus. Tässä pyritään arvioimaan toteutustapojen eroja siinä, kuinka herkästi tapaturmia sattuu tai johtaako työskentelytapa herkemmin poissaoloihin. Toinen kategoria on laadun riskisyys. Siinä arvioidaan sitä, kuinka suuri riski on siinä, että eri toteutustavat eivät täytä laatukriteerejä. Kolmas kategoria on aikataulu. Siinä arvioidaan sitä, kuinka suuri todennäköisyys on, että suunnitellussa aikataulussa ei pysytä tai kuinka paljon joudutaan jo suunnitteluvaiheessa lisäämään aikatauluun riskivaraa. Neljäs kategoria on materiaalit/kalusto. Siinä arvioidaan materiaalien ja kaluston saatavuutta. Onko tarjontaa paljon vai niukasti. Niukka tarjonta voi johtaa riskiin, että materiaalia/kalustoa ei saada suunnitellussa aikataulussa työmaalle. Viides kategoria on osaava

työvoima. Siinä arvioidaan osaavan työvoiman saatavuutta. Onko tarjontaa paljon vai niukasti. Niukka tarjonta voi johtaa riskiin, että osaava työvoimaa ei saada työmaalle.

Toteutustapojen riskejä arvioidaan ja vertaillaan kyselyn avulla. Kysely lähetettiin 30 Mangroven Oy:n työntekijälle ja vastauksia saatiin 9 kappaletta. Vastaajien joukossa on työpäälliköitä, vastaavia työnjohtajia, työnjohtajia ja hankintainsinööri. Kyselyssä arvioitiin vuodenaikojen, kesän ja talven mukaan työturvallisuuden, laadun, aikataulun riskin todennäköisyyksiä sekä materiaalin/kaluston ja osaavan työvoiman saatavuutta. Työturvallisuuden, laadun, aikataulun riskin todennäköisyyksiä arvioitiin asteikolla 1–5, jossa 1 on vähäinen riski ja 5 on todennäköinen riski. Materiaali/kaluston sekä osaavan työvoiman saatavuus arvioitiin, asteikolla 1–5, jossa 1 tarkoittaa paljon tarjontaa ja 5 vähän tarjontaa.

- Työturvallisuus arvioidaan tapaturmien ja poissaolojen alttiudella. Nostavatko työssä tehtävät nostot, materiaalien työstöt, sekä käytettävät laitteet ja kalusto tapaturmien ja poissaolojen todennäköisyyttä.
- Laadun riskisyyttä arvioidaan usealla eri tekijällä:
 - Kuinka todennäköisiä ovat rakenteen liialliset mittapoikkeamat.
 - Kuinka suuri riski on, että tekniset vaatimukset (palo ja ääni) eivät täyty.
 - Kuinka suuri riski on, että talotekniikan sijainnit ja asennukset ovat virheelliset tai puutteelliset.
 - Kuinka suuri riski on, että rakenteen kestävyys ei ole riittävää tai tasalaatuista.
- Aikataulua arvioidaan suunniteltujen aikataulujen pitävyyden kautta ja kuinka paljon riskivaraa aikatauluun on hyvä varata.
- Materiaalien/kalusto kohdassa arvioidaan niiden saatavuutta.
- Osaava työvoima kohdassa arvioidaan sen saatavuutta.

8 Riskianalyysi

Taulukkoon 5 on kerätty kyselyn vastauksien keskiarvot. Taulukossa on merkitty punaisella ja vihreällä sarakkeen kohta, jos eroa on tullut 1 tai enemmän samassa kategoriassa. Punainen

tarkoittaa, että riskin todennäköisyys on suurempi ja vihreä, että riskin todennäköisyys on pienempi. Isoja johtopäätöksiä vastausten tuloksista ei voi tehdä, koska otanta ei ole kovin suuri.

Työturvallisuudessa ei synny mainittavaa eroa. Talvella työturvallisuuden riski on kaikissa toteutustavoissa arvioitu hieman korkeammalle kuin kesällä. Laadussa kesä vuodenaikana on pientä, mutta ei merkittävää hajontaa toteutustapojen välillä. Talvella valuharkon laadun riskin todennäköisyys kasvaa ja eroa syntyy suurmuotti ja betonielementtiin yli yhden pisteen verran. Talvella suurmuotin laadun riski pysyy samana kuin kesällä, ja betonielementin laadun riski ei kasva oleellisesti vuodenaikojen välillä. Aikataulun riskissä kesällä ei ole merkittäviä eroja toteutustapojen välillä. Talvella aikataulun riskin todennäköisyys kasvaa valuharkossa ja eroa tulee yli yhden pisteen verran suurmuottiin ja betonielementtiin. Suurmuotissa ja betonielementissä aikataulun riski pysyy lähes samana kesällä tai talvella. Materiaali/kalusto kohdassa kesällä ja talvella valuharkon saatavuus on arvioitu yli yhden pisteen verran paremmaksi kuin suurmuotit. Betonielementtiin ei ole merkittävää eroa. Osaavan työvoiman saatavuudessa ei ole merkittävää eroa kesällä tai talvella toteutustapojen välillä.

Taulukko 5, kyselyn vastauksien keskiarvot

Kesä	Työturvallisuus	Laatu	Aikataulu	Materiaali/kalusto	Osaava työvoima
Valuharkko	2,3	2,7	2,7	1,4	3,0
suurmuotti	2,3	2,4	2,3	2,8	2,9
Betonielementti	2,2	1,9	2,1	2,1	2,4
Talvi					
valuharkko	3,2	3,6	4,0	1,8	3,0
Suurmuotti	2,8	2,4	2,4	2,9	3,1
Betonielementti	2,9	2,2	2,1	2,3	2,6

9 Esimerkkikohteiden kustannukset ja toteutumisajat

9.1 Kustannuksen ja hinnan määritelmät

Kustannuksella tarkoitetaan tuotannon tekijän rahassa mitattua käyttöä tai kulutusta. Jotta yritys pystyy selvittämään kannattavuuden ja tuottavuuden on kustannukset tiedettävä ja tunnettava.

Rakentamisessa kustannukset muodostuvat kustannuslajeista työ, materiaalia ja muut kustannukset. Muihin kustannuksiin sisältyy mm. työmaan yhteis- ja käyttökustannukset. (Ratu KI-6033, 2018 s. 7) Rakennushankkeen kustannusten hallinta -kirjan (2018, s.7) mukaan hinta määritellään seuraavalla tavalla. ”Hinta on rahamäärä, jolla työn suorittaja, toimittaja tai palveluntarjoaja on valmis tekemään sovitun työn suorituksen tai palvelun. Hinta määräytyy alueellisen kysynnän ja tarjonnan mukaan ja muuttuu niiden mukana.”

9.2 Aikataulun määritelmä

Aikatauluttaminen on tärkeä osa onnistuneen rakennushankkeen läpimenossa.

Aikataulusuunnittelu on prosessi, joka etenee koko rakennushankkeen läpi. Se alkaa hankesuunnitteluvaiheessa rakennuttajan projektiaikataulun laatimisesta. Hankkeen edetessä aikataulut tarkentuvat tehtäväkohtaisemmiksi ja tarkemmin määritellymmiksi. Tärkeää on, että laaditut aikataulut ovat toteutumiskelpoiset. Tämä tarkoittaa, että työmenekkilaskelmat perustuvat työkohteen laskettuihin määriin ja suunniteltuihin resursseihin. Näiden pohjalta tehdään yleisaikataulu, jonka pohjalta tehdään tarkemmat ja tehtävä kohtaisemmat aikataulut. Yleisaikataulu tarkentuu rakentamisvaihe aikatauluiksi, mitä tarkennetaan taas viikko- sekä tehtäväsuunnittelun avulla. Viikkosuunnittelun tarkoitus on todentaa ja edesauttaa lyhyellä aikajänteelle suunniteltujen töiden toteutuminen tehostamalla resurssien käyttöä ja poistamalla töiden mahdollisia häiriötekijöitä. Tehtäväsuunnitelman tarkoitus on tarkentaa karkeammat tuotannosuunnitelmat konkreettiseksi työvälineeksi työmaan työnjohdolle. Tehtäväsuunnitelmia kannattaa tuottaa töistä, joiden vaikutus kustannuksiin tai aikatauluun on oleellinen. Työt, jotka ovat erityisen haastavia, sekä työt, jotka aiheuttavat paljon korjaustoimenpiteitä. (Ratu KI-6028, 2016, s. 8)

Seuraavaksi määritellään aikataulukirja 2016 käsitteitä. Aikataulukirjan (2016, s.9) mukaan,

- **Työmenekki** on aika, jonka työntekijä, työryhmä tai kone tarvitsee yhden suoriteyksikön aikaansaamiseen. Työryhmän työmenekki saadaan laskemalla työryhmän kuuluvien työntekijöiden työmenekkien summa.
- **Työsaavutus** on sovitun työryhmän aikayksikössä tuotettujen suoritteiden lukumäärä. Työsaavutuksesta käytetään myös nimityksiä teho ja kapasiteetti.

- **T3-aika, tehollinen aika ns. työvuoroaika** on tavoitteellinen työmenekki, joka ei sisällä yli tunnin kestäviä häiriöitä tai keskeytyksiä. Tehollista aikaa käytetään rakentamisvaiheaikataulujen, viikkoaikataulujen ja tehtäväsuunnitelmien tehtävien kestoja laskettaessa.

9.3 Esimerkkikohteiden läpikäynti

Tässä luvussa tutkitaan betonisten huoneiston välisten seinien toteutustapojen kustannuksia ja toteutusaikoja. Tutkimuksen lähtöasetelmassa sokkelit ja alapohja on valmiina, sekä mesta on valmis huoneistojen välisten seinien toteuttamiseen. Loppuasetelmassa huoneiston väliset seinät ovat valmiina, sekä kaikki tarvittavat telineet, muotit ja muurausjohteet ovat purettuna ja mesta on siivottuna.

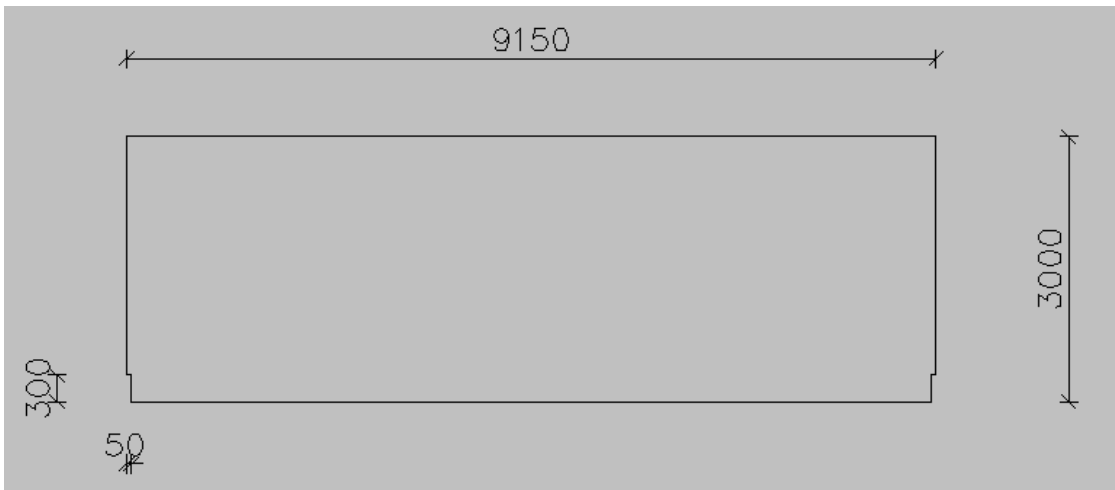
Esimerkkiseinän kokona on käytetty jo edellä mainittuja mittoja, paksuus 200 mm, pituus 9150 mm ja korkeus 3000 mm. Esimerkkikohteessa sokkelin yläpinta on 300 mm korkeammalla kuin alapohjan yläpinta. Ääni- ja paloteknisten vaatimusten takia, seinä tulee sokkelin päälle ja ulkoseinärakenteen sisään 50 mm, joten seinän kummankin alareunan kohdalla on 50 mm leveät ja 300 mm korkeat lovet (kuva 3).

Ensimmäisessä esimerkkikohteessa seiniä toteutetaan yksikerroksisella rivitalolla 10 kappaletta ja toisessa esimerkkikohteessa seiniä toteutetaan yksikerroksisella rivitalolla 2 kappaletta. Betonielementeillä toteutetaan vain ensimmäinen esimerkkikohde, koska sen edut ovat suuremmissa kohteissa. Vertailu ja toteutustapojen valinta- osiossa on vielä kolmas esimerkkikohde. Kohteessa on 60 kappaletta seiniä 2-kerroksisissa rivitaloissa. Esimerkissä vertaillaan toteutusaikojen ja kustannuksia kestoja isommassa hankkeessa. Kustannukset ja toteutumisaajat ovat otettu esimerkkikohteesta 2.

Hintoina on käytetty edellisten ja tulevien kohteiden tilauksia ja tarjouksia alkuvuodesta 2022. Hinnat muuttavat nykyisessä markkinatilanteessa rajusti, tämä on syytä pitää vertailussa mielessä. Kaikki hinnat ovat alv. 0 %. Työmenekit perustuvat soveltaen RT-korttien T3 aikoihin, sekä

työmailla toteutuneisiin aikoihin ja kokemuksen tuomiin arvioihin. Taulukoista on hinnat, työmenekit ja määrät poistettu opinnäytetyön tilaajan pyynnöstä.

Kuva 3 Esimerkkiseinän mitat.



9.3.1 Esimerkkikohde 1 valuharkoilla

Työsuoritus on suunniteltu niin, että materiaalit jaetaan huoneiston välisten seinien lähettävyyteen kurottajalla. Jokainen seinä ladotaan kahdeksanteen harkkokerrokseen ja valetaan. Loput harkkokerrokset ladotaan ja valetaan telineiltä. Näin ollen valukertoja syntyy kaksi.

Taulukko 6 Valuharkkoseinien kustannus- ja työmenekkilaskelma, 10 kpl

Valuharkko seinä, 274,5 m ²							Ryhmä	
Työmenekki	määrä	yks	määrä	yks	määrä	yks	3 RM	tv
Materiaali siirrot, kurottaja		tth/m ²		m ²		tth		
Seinälinjan mittaukset		tth/kpl		kpl		tth		
Muurausjohteet		tth/kpl		kpl		tth		
Harkkojen ladonta + raudoitus		tth/m ²		m ²		tth		
Pistorasioiden mittaus ja asennus		tth/kpl		kpl		tth		
Pumppuvalu		tth/m ²		m ²		tth		
Telineiden asennus		tth/jm		jm		tth		
Harkkojen ladonta + raudoitus telineeltä		tth/jm		jm		tth		
Pistorasiat		tth/kpl		kpl		tth		

Pumppuvalu		tth/m2		m2		tth		
Lopettelevat työt		tth/m2		m2		tth		
<i>muurausjohteiden purku</i>								
<i>pistorasioiden vanereiden purku</i>								
<i>siivous</i>								
<i>Telineiden purku</i>								
				Yhteensä		tth		
Materiaalit	määrä	yks	määrä	yks	hinta			
Valuharkko HB 600*200*200		m2		€/m2	€			
purettuna työmaalle hukka 5 %								
Raudoitteet katkaistuna								
10 mm pysty		kg		€/kg	€			
8 mm vaaka		kg		€/kg	€			
Rahti					€			
Betoni pumpattuna kahdella eri kertaa		m3		€/m2	€			
Laatu C25/30, 8 mm S3, Rapid, hukka 4 %								
Kalusto								
Kurottaja		h		€/h	€			
Työtunnit		h		€/h	€			
Työtunnit								
	Kustannukset yhteensä					€		
						€/m2		

9.3.2 Esimerkkikohde 1 suurmuoteilla

Työsuorituksessa käytössä on kuusi 3,0x6,0 m suurmuottia ja kuusi 3,6x3,0 m suurmuottia. Kaksi seinään asennetaan valualumiini ja kahteen seinään asennetaan enklapuoli pystyyn. Muottien alle rakennetaan 300 mm korkeat korokemuotit, jotta suurmuotit saadaan nostettua sokkelin yläpinnantasolle. Korokemuotteja siirretään suurmuottien yhteydessä. Seiniä valetaan kaksi per päivä ja muottikierroksi on suunniteltu yksi päivä, mikä vaatii optimaaliset olosuhteet, sekä nopeasti kovettuvan betonilaadun. Autonosturi on työmaalla koko muottien pystytyksen ajan.

Taulukko 7 Suurmuottiseinien kustannus- ja työmenekkilaskelma, 10 kpl

Paikallaan valuseinä suurmuoteilla, 274,5 m2		Ryhmä 3 rm
---	--	---------------

9.3.3 Esimerkkikohde 1 betonielementeillä

Huoneiston välinen seinä on suunniteltu tehtävän kahdella elementillä, ettei betonielementin koko ja paino kasvaisi liian suureksi, mikä tuottaisi haasteita nostokalustolle. Elementtien asennus suoritetaan kuormasta, ilman välivarastointia.

Taulukko 8 Betonielementtiseinien kustannus- ja työmenekkilaskelma, 10 kpl

Betonielementtien asennus							Ryhmä	
Työmenekki	määrä	yks	määrä	yks	määrä	yks	3 rm	tv
Mittaukset		tth/kpl		kpl				
Asennus suoraan kuormasta		tth/kpl		kpl				
saumaraudoitus		tth/kpl		kpl				
Juotos pystysaumapumpuksella		tth/kpl		kpl				
Siivous		tth/kpl		kpl				
			Yhteensä:			tth		
Materiaalit	määrä	yks	määrä	yks				
Betoni elementit +rahti		m2		€/m2		€		
Saumaraudat t12		kg		€/kg		€		
Pystysauma- ja juotosbetoni sis. rahti				€		€		
Kalusto								
Autonosturi		h		€/h		€		
Työtunnit		tth		€/h		€		
	Kustannukset yhteensä						€	
						€/m2		

9.3.4 Esimerkkikohde 2 valuharkoilla

Työsuoritus on suunniteltu, että materiaalit jaetaan huoneiston välisten seinien lähettävyyteen kurottajalla. Molemmat seinä ladotaan kahdeksanteen harkkokerrokseen ja valetaan. Loput harkkokerrokset ladotaan ja valetaan telineiltä. Näin ollen valukertoja syntyy kaksi.

Taulukko 9 Valuharkkoseinien kustannus- ja työmenekkilaskelma, 2 kpl

Valuharkko seinä, 54,9 m ²							Ryhmä 3 RM	
Työmenekki	määrä	yks	määrä	yks	määrä	yks		tv
Materiaali siirrot, kurottaja		tth/m ²		m ²		tth		
Seinälinjan mittaukset		tth/kpl		kpl		tth		
Muurausjohteet		tth/kpl		kpl		tth		
Harkkojen ladonta + raudoitus		tth/m ²		m ²		tth		
Pistorasioiden mittausta ja asennus		tth/kpl		kpl		tth		
Pumppuvalu		tth/m ²		m ²		tth		
Telineiden asennus		tth/jm		jm		tth		
Harkkojen ladonta + raudoitus telineeltä		tth/jm		jm		tth		
Pistorasiat		tth/kpl		kpl		tth		
Pumppuvalu		tth/m ²		m ²		tth		
Lopettelevat työt		tth/m ²		m ²		tth		
muurausjohteiden purku								
pistorasioiden vanereiden purku								
siivous								
Telineiden purku								
			Yhteensä:			tth		
Materiaalit	määrä	yks	määrä	yks	hinta			
Valuharkko HB 600*200*200		m ²		€/m ²	€			
purettuna työmaalle								
Raudoitteet katkaistuna								
10 mm pysty		kg		€/kg	€			
8 mm vaaka		kg		€/kg	€			
Rahti					€			
Betoni pumpattuna kahdella eri kertaa		m ³		€/m ²	€			
Laatu C25/30 8 mm S3, Rapid hukka 4 %								
Kalusto								
Kurottaja		h		€/h	€			
Työtunnit		h		€/h	€			
	Kustannukset yhteensä					€		
					€/m ²			

Autonostin		h		€/h		€		
Työtunnit		h		€/h		€		
	Kustannukset yhteensä					€		
						€/m ²		

10 Vertailu ja toteutustavan valinta

Ensin vertaillaan kustannuksia ja toteutumisaikoja esimerkkikohteittain. Tämän jälkeen suoritetaan esimerkkikohteittain toteutustavan valinta. Toteutustavan valinnan kriteereinä ovat kustannukset, toteutumisajat, sekä riskianalyysin tuottamat tulokset. Kriteerien painotusten pisteytys on rajattu pois opinnäytetyöstä, koska on paljon kohde kohtaista, kuinka paljon kustannukset pienentyvät, kun rakennusaika lyhenee. Kustannusten pienentymien riippuu mm. mm. hankkeen hinnasta, kulurakenteesta ja suunnitellusta läpimenoajasta. Esimerkkikohteet yksi ja kaksi tuottavat selkeärajaiset laskelmat, joissa valintojen tulkinnan varaa on vähän. Mutta esimerkkikohde kolmessa, jossa on suurempi kohde, ei vastaus ole aivan yksiselitteinen. Toteutustavan valinnoissa on syytä huomioida, että materiaalien hinnat muuttuvat vallitsevan markkinatilanteen mukana ja siksi on syytä laskea aina kohdekohtaisesti hankkeen kustannukset.

10.1 Esimerkkikohde 1

Tässä esimerkkikohteessa suurmuoteilla toteutettuna seinien neliöhinta on hieman pienempi kuin valuharkoilla, sekä nopeampi toteuttaa (taulukko 11). Suurmuottien kustannuksia pienentäisi vielä, jos autonosturi pystyisi tekemään työmaalla, jotain muita nostoja ensimmäisen muottipuoliskojen pystytysten ja tuplauksien välissä. Tai vaihtoehtoisesti, että autonosturi olisi paikalla vain muottien pystytyksien aikana. Tämä lisäisi riskiä, että pääseekö autonosturi ajallaan paikallaan, kun muottia tuplataan. Betonielementeillä toteutettuna seinät saataisiin alle kahdessa työvuorossa pystyyn, mutta hintalappu kasvaa huomattavasti suuremmaksi kuin muilla toteutustavoilla. Betonielementtien laskelmissa pitää ottaa huomioon, että ne vaativat erilaisen

jäykistysjärjestelmän esim. jäykistäviä seiniä, mitä taas mahdollisesti vertailun muut toteutustavat eivät tarvitse.

Taulukko 11 Toteutustapojen vertailu, 10 kpl

Toteutustapa	kustannukset	yks	kesto, 3 RM	yks
Valuharkko	73,4	€/m ²	7,12	tv
Suurmuotti	72,5	€/m ²	5,48	tv
Betonielementti	117,2	€/m ²	1,40	tv

10.1.1 Toteutustavan valinta

Tässä esimerkkitilanteessa toteutustavan valinta olisi suurmuotit ottaen huomioon kustannukset, toteutusaika, sekä riskianalyysi. Betonielementtien hinta kasvaisi liian suureksi ajalliseen säästön nähden. Valuharkkoilla kustannukset ovat suuremmat ja toteutus veisi enemmän aikaa, kuin suurmuoteilla. Riskianalyysin tuottamien tulosten perusteella valuharkkojen valintaa voisi puoltaa parempi saatavuus. Mutta varsinkin talvella valuharkkojen laadun ja aikataulun riskien todennäköisyyksien kasvamisen myötä toteutustavan valinta on suurmuotit.

10.2 Esimerkkikohte 2

Tässä esimerkkitilanteessa valuharkkoilla toteutettuna seinien neliöhinta on edullisempi kuin suurmuoteilla, eikä nopeudessa ole merkittävää eroa suurmuotteihin nähden (taulukko 12). Betonielementit on rajattu pois vertailusta, koska niiden edut ovat isommissa hankkeissa.

Taulukko 12 Toteutustapojen vertailu, 2 kpl

Toteutustapa	kustannukset	yks	kesto, 3 RM	yks
Valuharkko	78,4	€/m ²	1,47	tv
Suurmuotti	87,0	€/m ²	1,10	tv

10.2.1 Toteutustavan valinta

Tässä esimerkkikohteessa toteutustavan valinta olisi ainakin kesällä valuharkot ottaen huomioon kustannukset, toteutusaika, sekä riskianalyysi. Suurmuotin kustannukset ovat suuremmat kuin valuharkkoilla, eikä toteutusajassa ole merkittävää eroa. Riskianalyysin tuottamien tulosten perusteella valuharkkojen saatavuus on parempi kuin suurmuoteilla, mikä puoltaa valuharkkojen valintaa. Talvella taas ottaen huomioon valuharkkojen laadun ja aikataulun riskin todennäköisyyden kasvamisen myötä suurmuotti voisi tulla kyseeseen.

10.3 Esimerkkikohde 3

Tässä esimerkkikohteessa on 60 kappaletta toteuttavia seiniä 2-kerroksisissa rivitaloissa. Kustannukset ja toteutumisaajat ovat otettu esimerkkikohteesta 2. Kohteen suuruuden takia laskelmat voivat tuottaa enemmän epätarkkuutta, mikä on hyvä pitää mielessä. Valuharkkoilla toteutettuna kustannukset ovat hieman suuremmat kuin suurmuoteilla, mutta toteutumisaika on melkein kaksi viikkoa pidempi (taulukko 13). Betonielementeillä toteutettuna kustannukset olisivat huomattavasti suuremmat kuin muilla toteutumistavoilla, mutta seinät tulisivat huomattavasti nopeammin valmiiksi kuin muissa toteutumistavoissa. Betonielementtien laskelmissa pitää ottaa huomioon, että ne vaativat erilaisen jäykistysjärjestelmän esim. jäykistäviä seiniä, mitä taas mahdollisesti vertailun muut toteutustavat eivät tarvitse.

Taulukko 13 Toteutustapojen vertailu, 60 kpl

Toteutustapa	kustannukset	yks	kesto, 3 RM	yks		yks
Valuharkko	120966	e	42,7	tv	8,5	vko
Suurmuotti	119451	e	32,9	tv	6,6	vko
Betonielementti	192990	e	8,4	tv	1,7	vko

10.3.1 Toteutustavan valinta

Tässä esimerkkikohteessa valintana olisi suurmuotit tai betonielementit. Valuharkot voisi rajata pois, koska sen kustannukset ovat vain hieman suuremmat kuin suurmuotin, mutta seinien toteuttaminen valuharkoilla n. kaksi viikkoa hitaampaa kuin suurmuoteilla. Betonielementin kustannukset ovat huomattavasti suuremmat kuin suurmuoteilla, mutta myös toteutumisaajassa on n. 5 viikon ero suurmuotteihin. Riskianalyysin tulokset eivät tuota merkittäviä eroja näiden kahden toteutustavan välillä. Valintaan näiden kahden toteutumistavan välillä vaikuttaa, mitä tässä opinnäytetyössä ei ole pystytty ottamaan huomioon mm. hankkeen hinta, kulurakenne ja suunniteltu läpimenoaika. Hinnat vaihtelevat markkinatilanteen mukaan ja näin isossa kohteessa hintojen muutos vaikuttaa enemmän toteutustavan valintaan kuin pienemmissä kohteissa, koska toteutumistavoissa alkaa olla merkittäviä eroja.

11 Johtopäätökset

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tarkastella rivitalon betonisten huoneistojen välisten seinien toteutustapoja ja vertailla, miten hankkeen koko ja toteutumistapojen riskitekijät vaikuttavat toteutustavan valintaan. Esimerkkikohteiden tuloksia tarkastelemalla voi vetää johtopäätöksen, että rakennushankkeen koolla, sekä toteutumistapojen riskitekijöillä on väliä toteutustapaa valittaessa. Rakennushanke, jossa on kaksi huoneiston välistä seinää, toteutustapa näyttäisi olevan valuharkot tai talvella mahdollisesti suurmuotit. Valuharkkojen kustannukset olivat alhaisimmat, toteutumisaajoissa ei ollut merkittävää eroa ja varsinkin kesällä valuharkkojen riskit eivät poikenneet suurmuoteista. Talvella valuharkkojen laatu ja aikataulun riskit kasvavat, kun taas suurmuoteilla ne eivät poikkea kesäajasta. Tästä syystä talvella suurmuotit voisivat tulla kyseeseen. Rakennushanke, jossa on kymmenen huoneiston välistä seinää, toteutustapa olisi suurmuotit. Suurmuottien kustannukset ja toteutumisaika olivat pienimmät kuin valuharkoilla. Betonielementeillä oli nopein toteuttaa, mutta kustannukset olivat huomattavasti suuremmat kuin valuharkoilla. Riskianalyysin tuottamilla tuloksilla ei ollut merkittäviä eroja. Siksi paras valinta näyttäisi olevan suurmuotit. 60 huoneiston välisen seinän rakennushankkeessa valintana olisi

suurmuotit tai betonielementit riippuen mm. hankkeen hinnasta, kulurakenteesta ja suunnitellusta läpimenoajasta. Valuharkot olivat kallein ja hitain toteuttaa, joten niiden valinnan voi rajata pois. Suurmuoteilla kustannukset olivat huomattavasti pienemmät kuin betonielementeillä, mutta betonielementeillä toteutumisaika oli huomattavasti nopeampi toteuttaa. Riskianalyysi ei tuottanut merkittävää eroa kummankaan toteutustavan välillä. Opinnäytetyön tutkimusten perusteella ei pysty vetämään selkeää rajaa, milloin mitäkin toteutustapaa kannattaa käyttää rakennushankkeen koon ja riskianalyysin tuottamien tulosten mukaan. Huomiona vielä, että toteutumistavan valinnat täytyy tehdä kohdekohtaisesti ja vallitsevan markkinatilanteen mukaan.

12 Pohdinta

Opinnäytetyön tutkimustulokset vastasivat osittain odotuksiani. Odotukseni, jotka perustuivat omiin kokemuksiini työmaalla, olivat, että toteutustapaa valittaessa hankkeen koolla on väliä, mutta odotin, että riskianalyysikyselyssä olisi tullut enemmän hajontaa eri toteutustapojen välillä. Otanta olisi tietenkin voinut olla hieman suurempi. Yllätyksenä tuli, että valuharkkojen ja suurmuottien kustannukset olivat melkein samat. Kuvittelin, että ero olisi ollut suurempi suurmuottien eduksi. Yllätyksenä tuli myös, että betonielementtien kustannukset olivat noin paljon suuremmat kuin valuharkkoilla ja suurmuoteilla. Jatkotutkimuksissa esimerkkikohteiden seinien määrää voisi tarkastella siten, että löytyisikö selvempi raja, milloin mitäkin toteutustapaa on kannattavaa käyttää, sekä kuinka paljon runkovaiheen läpimenoajan pienentäminen vaikuttaa kustannuksiin.

Lähteet

Betonitieto (n.d-a) Betonielementtirakenteen sallitut mittapoikkeamat. Suomen betoniyhdistys ry.

Betonitieto (n.d-b) Betonin lujuudenkehitys. Suomen betoniyhdistys ry.

Betonitieto (n.d-c) Betonisanasto. Suomen betoniyhdistys ry.

Betonitieto (n.d-d) Muotin purkulujuus. Suomen betoniyhdistys ry.

Betonielementtien toleranssit (2011), Betonielementtien rakentamistoleranssit. Rakennustieto Oy.

by 47 Betonirakentamisen laatuohjeet (2013a), luku 4.2.4.2, paikallavalettujen seinien mittatarkkuusvaatimukset

by 47 Betonirakentamisen laatuohjeet (2013b), luku 4.2.4.2, havainnekuva paikallavalettujen seinien mitoituksista

Elementtisuunnittelu (2009) Äänieristys ja rakenteen valinta.

<https://www.elementtisuunnittelu.fi/rakennejarjestelmat/aanieristys/rakennetyypit-ja-liitokset>

Helsingin kaupunki (2017) Sähkösuunnitteluohje.

<https://www.hel.fi/static/liitteet/att/Sahkosuunnitteluohje-13-%2002-%202017.pdf>

HB-betoni (n.d), HB-VALUHARKKOPERUSTUKSEN ASENNUSOHJE. <https://hb.fi/wp-content/uploads/2021/02/HB-Betoni-valuharkkoperustuksen-asennusohje.pdf>

Kivifaktaa (n.d) Betonielementit. [Betonielementit | KIVIFAKTAA](#)

Lakka (2019) Muottiharkot työohje. <https://lakka.fi/wp-content/uploads/2021/04/muottiharkot-tyohje-01072019.pdf>

Leca (2019) Valuharkkorakenteet. <https://www.fi.weber/files/fi/2019-06/Leca-valuharkkorakenteet-Suunnittelu-ja-tyoohje.pdf>

Mangrove Oy (n.d) Yritys esittely. [Kestävään asumiseen erikoistunut perheyritys – Mangrove](#)

Ratu 0403 (2012) Betonointi, RT-ohjekortti. Rakennustieto Oy.

Ratu 0392 (2012) Väli- ja ulkoseinäelementtityö, RT-ohjekortti. Rakennustieto Oy.

Ratu KI-6028 (2016) Aikataulukirja 2016. Rakennustieto

Ratu KI-6029 (2017) Rakennustöiden laatu. Rakennustieto Oy.

Ratu KI-6033 (2018) Rakennushankkeen kustannusten hallinta. Rakennustieto

RunkoRyl (2010) taulukko, 513:T5, Harkkomuuraus. Rakennustieto Oy.

Skanska konevuokraus (2016) Suurmuottien käyttöohjeet. [Suurmuottiohje l.pdf](#)
[\(skanskakonevuokraus.fi\)](#)

Skanska konevuokraus (2020) Suurmuottikalusto. [Microsoft PowerPoint - suurmuottikalusto 2020 - Read-Only \(skanskakonevuokraus.fi\)](#)

TEPA-termipankki (2020). Rivitalo. [rivitalo | TEPA-termipankki \(erikoisalojen sanasto- ja sanakirjakokoelma\)](#)

Tilastokeskus (2022). Rakennukset ja kesämökit. [Asuminen ja rakentaminen | Tilastokeskus](#)

Ympäristöministeriö (2011) Ympäristöministeriön asetusrakennusten paloturvallisuudesta

Ympäristöministeriö (2018a) Ääniympäristö, (ilma- ja askeläänieristysten suunnitteluarvot)

Ympäristöministeriö (2018b) Ääniympäristö, (Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä, 6. Ääneneristys)

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä 796/2017 [Ympäristöministeriön asetus rakennuksen... 796/2017 - Säädökset alkuperäisinä - FINLEX®](#)

Liite 1: Riskitekijäkysely

Kyselyssä vertaillaan kolmen eri huoneiston välisen seinän toteutustavan riskejä. Toteutustavat ovat valuharkko, suurmuotti ja betonielementti. Työturvallisuuden, laadun ja aikataulun riskin todennäköisyydet pisteytetään 1–5 välillä, jossa 1 on vähäinen riski ja 5 on todennäköinen riski. Materiaali/kaluston ja osaavan työvoiman kohdassa pisteytetään 1–5 välillä, jossa 1 tarkoittaa paljon tarjontaa ja 5 vähän tarjontaa. Kategoriat arvioidaan vielä erikseen siten, että tapahtuuko toteutus talvella vai kesällä.

- Työturvallisuus arvioidaan tapaturmien ja poissaolojen alttiudella. Nostavatko työssä tehtävät nostot, materiaalien työstöt, sekä käytettävät laitteet ja kalusto tapaturmien ja poissaolojen todennäköisyyttä.

- Laadun riskisyyttä arvioidaan usealla eri tekijällä:
 - Kuinka todennäköisiä ovat rakenteen liialliset mittapoikkeamat.
 - Kuinka suuri riski on, että tekniset vaatimukset (palo ja ääni) eivät täyty.
 - Kuinka suuri riski on, että talotekniikan sijainnit ja asennukset ovat virheelliset tai puutteelliset.
 - Kuinka suuri riski on, että rakenteen kestävyys ei ole riittävää tai tasalaatuista.
- Aikataulua arvioidaan suunniteltujen aikataulujen pitävyyden kautta ja kuinka paljon riskivaraa aikatauluun on hyvä varata.
- Materiaalien/kalusto kohdassa arvioidaan niiden saatavuutta.
- Osaava työvoima kohdassa arvioidaan sen saatavuutta.

Työturvallisuus, laatu ja aikataulu asteikolla 1–5, jossa 1 on pieni riski ja 5 on suuri riski.

Materiaali/kalusto ja osaava työvoima 1-5, jossa 1 on iso tarjonta ja 5 pieni tarjonta.

Täytä jokaiseen soluun arviosi mukaan lukema 1 ja 5 väillä. Jos et osaa sanoa, niin jätä solu tyhjäksi.

Kesä	Työturvallisuus	Laatu	Aikataulu	Materiaali/kalusto	Osaava työvoima
Valuharkko					
Suurmuotti					
Betonielementti					
Talvi	Työturvallisuus	Laatu	Aikataulu	Materiaali/kalusto	Osaava työvoima
Valuharkko					
Suurmuotti					
Betonielementti					

