

LAB-ammattikorkeakoulu  
Tekniikka, Lappeenranta  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus  
Talonstrakennustekniikka

Waltteri Pohja

## **Porotherm-harkkotalon työmaatoteutus**

Opinnäytetyö 2020

## Tiivistelmä

Waltteri Pohja

Porotherm-harkkotalon työmaatoteutus, 44 sivua, 3 liitettä

LAB-ammattikorkeakoulu

Tekniikka, Lappeenranta

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Talonrakennustekniikka

Opinnäytetyö 2020

Ohjaajat: lehtori Heikki Vehmas, LAB-ammattikorkeakoulu, työnjohtaja Markku

Tuovinen, Fira Oy

Tämä opinnäytetyö on tarkoitettu selosteeksi pääurakoitsijalle Porotherm-harkkotalon työmaatoteutukseen. Työssä selvitettiin, miten saavutetaan laadukas lopputulos ja miten muuraus ja siihen liittyvät työt saadaan sujumaan nopeasti. Työn tilaajana on Fira Oy, joka rakentaa Helsingin Jätkäsaaren päiväkotia Porotherm-harkkoista. Työssä selvitettiin myös asioita, joita pitäisi huomioida työn suunnittelussa ja toteutuksessa, muurauksessa ja sen valmistelemissä töissä sekä työmaan logistiikassa ja varastoinnissa. Työssä vertailtiin Porotherm-harkkoja perinteisiin harkkoihin ja tiiliin ja selvitettiin, millä tavalla kennoharkkojen muuraus eroaa muista. Työn tilaajalle Fira Oy:lle selvitettiin kustannuksia ja tehtiin muurauksesta laatukortti.

Opinnäytetyötä varten tietoa kerättiin aihetta käsittelevästä kirjallisuudesta ja valmistajan työohjeesta. Paljon tietoa saatiin työmaalta rakentamisen aikana opituista ja havaituista asioista. Työtä täydennettiin haastatteluilla. Työssä haastateltiin työn toteuttaneita muurareita ja rakennesuunnittelijaa sekä valmistajan rakennusteknistä johtajaa. Haastattelut toteutettiin puhelinhaastatteluina.

Työssä on kuvattu Porotherm-harkkojen muuraus alusta loppuun sekä siihen liittyvät muut työt. Selostuksesta saadaan selville, mitä työmaalla pitää ottaa huomioon ja mihin asioihin pitää kiinnittää huomiota ennen muurausta ja sen aikana. Haastattelujen avulla saatiin lisää näkökulmia, joihin kiinnittää huomiota. Eri harkkojen ja tiilien vertailun avulla huomattiin paremmin Porotherm-harkkojen ominaisuuksia ja vaatimuksia.

Asiasanat: Porotherm-harkko, muuraaminen, logistiikka, kennoharkko

## **Abstract**

Waltteri Pohja

Porotherm clay block construction site work, 44 pages, 3 appendices

LAB University of Applied Sciences

Technology, Lappeenranta

Civil and Construction Engineering

Structural Engineering

Bachelor's Thesis 2020

Instructors: Mr Heikki Vehmas, Lecturer, LAB University of Applied Sciences,  
Mr Markku Tuovinen, Site Supervisor, Fira Oy

The purpose of this thesis is to be a description for the main contractor to Porotherm clay block brickwork. This thesis researched how to get a high-quality result and how masonry and to that related work gets done smoothly. Fira Oy, who is this work's commissionee, is building a day-care centre to Jätkäsaari in Helsinki from Porotherm clay blocks. This thesis also found out what things should be noticed in planning and execution, in masonry and its preparing work as well as in the site's logistics and warehousing. Porotherm blocks were compared to normal blocks and bricks and found out how masonry of cell block differs from the other blocks.

The information for this thesis was gathered from the existing literature and from the manufacture guide. A lot of information was also gotten from the construction site. This thesis was complemented with interviews to receive more perspectives. The structure engineer, bricklayer and manufacturer technical manager, who are working on this day-care centre, were interviewed for this work. The interviews were held as a telephone interview.

The work describes the masonry of Porotherm blocks from start to finish and the other related works. From the guide you can find out what needs to be considered on the construction site and to which things you should concentrate on before and during masonry. The interviews provided more good advices and things to concentrate on. With different blocks and bricks the better qualities and requirements from Porotherm blocks were noticed.

Keywords: Porotherm clay block, logistics, brickwork, concrete block structure

## Sisällys

1	Johdanto.....	5
1.1	Fira Oy.....	5
1.2	Kohde.....	6
1.3	Yleistä muurauksesta.....	7
2	Porotherm-harkot.....	8
2.1	H.i 50-20 Plan kennoharkko.....	9
2.2	H.i 25-38 kennoharkko.....	10
2.3	10-50 ja 12-50 Plan.....	10
2.4	Porotherm U-harkko.....	11
3	Porotherm-harkkojen muuraus.....	11
3.1	Telinetyöt.....	11
3.2	Aloitukset.....	12
3.3	Muuraaminen.....	13
3.4	Aukkojen ylitys.....	15
3.5	Aukonylityspalkit.....	18
3.6	Välipohja.....	19
3.7	Pystyräystäät.....	21
3.8	Viimeistely.....	22
3.9	Olosuhteet.....	22
3.10	Työvälineet.....	23
3.11	Ohutsaumalaasti.....	25
3.12	Kiinnitykset.....	26
3.13	Työturvallisuus.....	28
4	Rappaaminen.....	29
4.1	Ulkopuolen rappaaminen.....	29
4.2	Sisäpuolen tasoitus.....	30
5	Logistiikka.....	31
6	Huomiot.....	34
7	Tiilien ja harkkojen vertailu.....	37
7.1	Tiilimuuraus.....	38
7.2	Harkkomuuraus.....	38
7.3	Vertailu.....	38
8	Yhteenveto.....	41
	Lähteet.....	43

## Liitteet

- Liite 1 Perustusten rakennedetalji
- Liite 2 Aukon ylitys
- Liite 3 Välipohjan rakennedetalji

# 1 Johdanto

Opinnäytetyön aiheena on Porotherm-harkkotalon muuraus. Työssä selitetään, miten toimia pääurakoitsijana kennoharkkojen työmaatoteutuksessa, jotta kennoharkkojen muuraus etenisi sujuvasti ja lopputuloksesta tulisi laadukas. Suomessa Porotherm-harkko on tuntematon, joten työlle oli tarvetta. Opinnäytetyössä kuvataan muuraus alusta loppuun, ja sen lisäksi kuvataan myös esimerkiksi kennoharkkojen sisä- ja ulkopuolen rappausta, mikä liittyy vahvasti Porotherm-harkkojen valmiiseen lopputulokseen ja rakennusfysiikan toimivuuteen. Lisäksi työssä kuvataan muita muuraustyöhön olennaisesti liittyviä asioita, kuten logistiikkaa ja varastointia sekä työturvallisuutta. Porotherm-harkkojen muurausta vertaillaan muihin harkkoihin ja tiiliin. Tämän lisäksi työtä täydentävillä haastatteluilla saadaan vielä käytännön näkökulmia muuraukseen.

Opinnäytetyössä hyödynnetään paljon työnjohtoharjoittelussa havaittuja asioita Fira Oy:n kohteessa, jossa rakennetaan kaksikerroksista päiväkotia Porotherm-harkoista. Työssä käytetään apuna kyseisestä kohteesta opittuja ja havaittuja asioita sekä kohteesta esitetään myös joitain esimerkkejä. Fira Oy on myös tämän opinnäytetyön tilaaja.

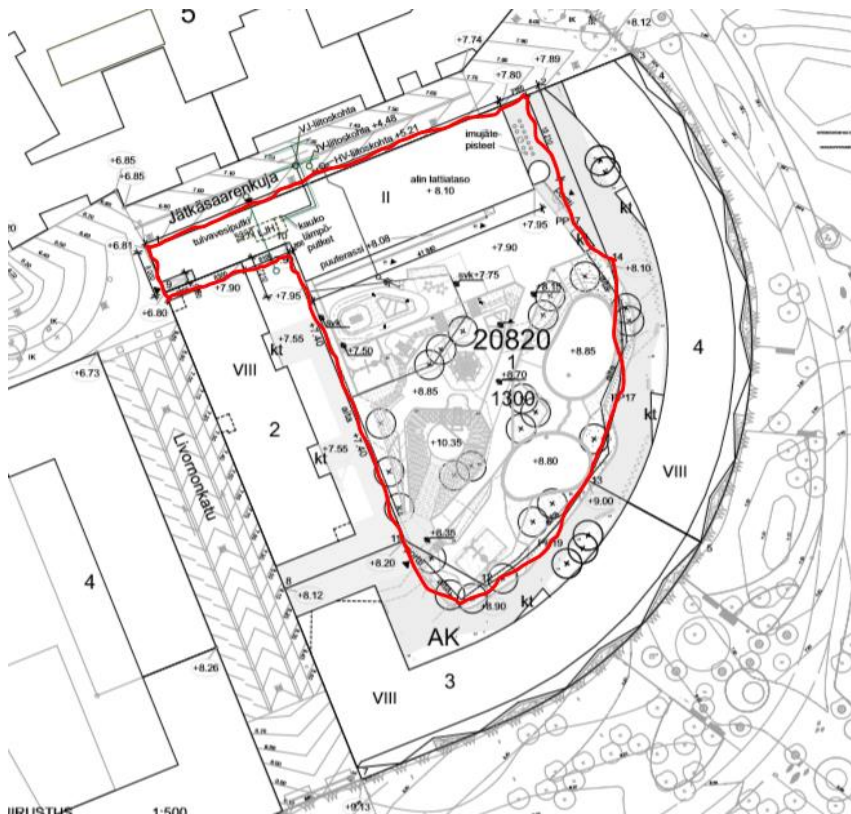
Porotherm-harkoista ei ole rakennettu Suomessa vielä kovin paljon isoja julkisia kohteita. Suomessa on tehty useita pientaloja näistä kennoharkoista. Ensimmäinen Suomeen rakennettu kennoharkkotalo rakennettiin Ouluun vuonna 2005. (Wienerberger 2019b.)

## 1.1 Fira Oy

Fira Oy on perustettu vuonna 2002 Seinäjoella. Tällä hetkellä se työllistää noin 300 henkeä ja sen liikevaihto oli 225,9 miljoonaa euroa vuonna 2018. Fira muodostuu asunto-, liike- ja toimitilarakentamisesta sekä myös modernisoinnista ja linjasaneerauksista. Fira myös kehittää omia älypalveluita rakentamisen avuksi. (Fira Oy.)

## 1.2 Kohde

Esimerkkikohde sijaitsee Helsingin Jätkäsaarella, jonne Fira Oy rakentaa kak-sikerroksista päiväkotia Porotherm-kennoharkoista. Kokonaisalaa päiväkodilla on noin 1600 neliometriä. Kuvassa 1 näkyy punaisella viivalla rajattu työmaa-alue.



Kuva 1. Asemakuva (Leiwo 2019)

Rakennuksessa Porotherm-harkot toimivat kantavina rakenteina ulkoseinällä ja rakennuksen keskilinjaa pitkin kulkee kantava pilari-palkki-linja. Väli- ja yläpohjan ontelolaatat tukeutuvat palkkeihin ja ulkoseinillä kantavaan kennoharkkomuurukseen. Aukkojen kohdalla ontelolaatat tukeutuvat ontelolaattakannakkeisiin. Kennoharkot jäykistävät rakennuksen sen pidemmässä suunnassa sekä osittain myös sen lyhyemmässä suunnassa. Pilarit ja palkit ovat betonielementtejä, joista pilarit ovat poikkileikkaukseltaan neliön muotoisia ja palkit ovat leukapalkkeja. Rakennuksessa on myös kolme paikallavalettua seinää, jotka jäykistävät rakennuksen sen lyhyemmässä suunnassa. Ala-, väli- ja yläpohjat tehdään ontelolaa-

toista ja perustukset tehdään paikallavalettuna ja rakennus on perustettu paalu-  
jen varaan. Kohteessa on myös tuulettuva alapohja. Ulkopuolelle tulee kaksiker-  
rosrappaus ja sisälle tulee myös tasointa Wienerbergerin työohjeen mukaisesti.  
(Oja 2018.)

### **1.3 Yleistä muurauksesta**

Aina ennen muurauksen aloittamista pitää tarkastaa edeltävien töiden laatu ja  
kaikki virheet on korjattava ja merkittävä ylös, kuten sokkelin pinnan suoruus ja  
tasaisuus. Muurattavan alustan on oltava aina liikkumaton, tarpeeksi luja ja tasai-  
nen. Siinä on oltava myös riittävä eristys, ettei maakosteutta pääse siirtymään  
muuraukseen. Ennen muurauksen aloittamista on hyvä tehdä ensin mallimuu-  
raus, jotta voidaan sopia käytettävä laatutaso. (Runko RYL 2010, 162–167.)

Muurauksen aikana on valvottava muurattavan seinän pysty- ja vaakasuoruutta  
ja tasaisuutta, saumojen paksuutta, aukkojen mittoja ja sijainteja, harkkojen limi-  
tystä sekä laastin tarttuvuutta. Lisäksi pitää aina tarkastaa, että kaikki peittyvät  
rakenteet, kuten muuraussiteet ja eristeet, on asennettu oikein. (Runko RYL  
2010, 167.)

Laastin valmistamiseen on laadittava sekoitusohje, jotta laasti pysyy koko ajan  
tasalaatuisena. Laastia valmistetaan aina vain riittävä määrä, ettei se pääse ko-  
vettumaan ennen sen käyttöä. Laastin valmistamisessa on aina noudatettava val-  
mistajan ohjeita. Kun muurauskivi on aseteltu paikoilleen ja laasti on kuivunut, ei  
muurauskiveä saa enää yrittää liikuttaa. Muuraus on aina suojattava sateelta työn  
keskeytyksen ajaksi. Lisäksi muuraus pitää suojata tarvittaessa myös pakkaselta.  
Tarvittaessa muuraus suojataan sääsuojalla. Kaikki tarvittavat raudoitteet ja muu-  
raussiteet tehdään ja asennetaan aina suunnitelmien mukaisesti. Muurauksen  
valmistuttua pitää vielä puhdistaa kaikki ulkonäköä haittaavat likaantuneet pinnat  
laastiroiskeista. Lopuksi vielä pidetään loppukatselmus, jossa tarkistetaan mah-  
dolliset virheet ja puutteet sekä kirjataan ne ylös. (Runko RYL 2010, 162–167.)

## 2 Porotherm-harkot

Porotherm-harkko on poltetusta savesta korkeassa noin tuhannen asteen lämpötilassa tehty, yksiaineinen massiiviharkko, jossa rakenteen tiheä ilmakennosto muodostaa lämmöneristyksen. Kennoston vuoksi harkot eivät tarvitse erillistä lämmöneristystä. Harkot läpäisevät hyvin kosteutta, jonka lisäksi ne tasaavat hyvin lämpötilaeroja ja harkoilla on M1 sisäilmaluokitus. Harkoilla on myös hyvä palonkestävyys, joilla päästään kantavien rakenteiden paloluokkaan REI 120. Kennoharkkoseinät pitää pinnoittaa aina molemmilta puolilta tasoitteella, jotta rakenteesta saadaan tarpeeksi ilmatiivis. Muurattu harkkoseinä on melkein heti valmistuttuaan pinnoitusvalmis sisä- ja ulkopuolelta, koska kennoharkoista tehty muuraus on nopeasti kuivuva. Julkisivu voidaan tehdä rappaamalla tai vaihtoehtoisesti se voidaan verhoilla esimerkiksi puulla tai siihen voidaan tehdä erillinen julkisivumuuraus. Harkot ladotaan niin, että ne muodostavat 500 mm paksun seinän (kuva 2). Wienerberger valmistaa Porotherm-harkkoja Saksassa ja Itävallassa. Porotherm-harkoilla on myös CE-merkintä. (Wienerberger 2019a; Karilainen 2019.)



Kuva 2. Harkkojen ladonta



Porotherm-harkot ovat pystysuuntaan mittaansa hiottuja, joten siinä suunnassa niillä ei ole heittoa. Harkkojen pituudet sen sijaan voivat vaihdella useita millejä. Harkkoja on paljon erilaisia ja niitä on eri tarkoituksiin. Kuvassa 3 on esitetty harkon ominaisuuksia. (Wienerberger 2019a.)

Koko (LxSxK)	200x500x249 mm
Menekki	20 kpl/m <sup>2</sup>
Paino	15,3 kg
Laastinmenekki	6 kg/m <sup>2</sup>
Harkon puristuslujuus $f_b^-$	7,5 MN/m <sup>2</sup>
Harkon normalisoitu puristuslujuus $f_b$	9,4 MN/m <sup>2</sup>
Harkon karakteristinen puristuslujuus $f_k$	1,99 MN/m <sup>2</sup>
Muuratun seinän puristuslujuus	2,40 MN/m <sup>2</sup>
Lämmönjohtavuus $\lambda_R$	0,09 W/mK
Ulkoseinän U-arvo	< 0,17 W/m <sup>2</sup> K
Ääneneristävyys, rappaus	$R_w$ 44 dB
Ääneneristävyys, tiiliverhoiltuna	$R_w$ > 50 dB
Vesihöyryn läpäisevyys	$\mu$ 5/10
Paloluokka	REI 120

Kuva 3. Porotherm-harkon ominaisuudet (Wienerberger 2019a)

## 2.1 H.i 50-20 Plan kennoharkko

H.i 50-20 Plan kennoharkko on kooltaan 200x500x249 millimetriä ja sen massa on yhteensä 15,3 kilogrammaa (kuva 4). Tiheästä ilmakennostosta muodostuvalla valmiilla kennoharkkoseinällä päästään 0,16 W/m<sup>2</sup>K U-arvoon, mikä täyttää ulkoseinille määrätyn U-arvon. Harkkojen menekki on 20 kappaletta neliöltä. Nämä harkot sopivat hyvin alle kolmikerroksisen rakennuksen kantavaksi rakenteeksi. (Wienerberger 2019a.)



Kuva 4. H.i 50-20 Plan kennoharkko (Wienerberger 2019a)

Tästä harkosta on myös puolikas versio, joka on tarkoitettu käytettäväksi rakennuksen nurkissa ja aukkojen pielissä. Puolikkaan harkon koko on 100x250x249 millimetriä ja sen paino on noin 10 kilogrammaa. (Wienerberger 2019a)

## 2.2 H.i 25-38 kennoharkko

Kuvassa 5 näkyvän H.i 25-38 kennoharkon koko on 250x385x249 millimetriä ja sen paino on 15,4 kilogrammaa. Kyseistä harkkoa käytettiin esimerkikohteessa alapohjan onteloiden päällä. Näiden kennoharkkojen ja sokkelinostojen päältä lähdettiin muuraamaan täysikokoista harkkoa. Näitä kennoharkkoja voidaan käyttää myös väliseinissä. (Wienerberger 2019a.)



Kuva 5. H.i 25-38 kennoharkko (Wienerberger 2019a)

## 2.3 10-50 ja 12-50 Plan

Kuvassa 6 olevan 10-50 Plan harkon koko on 100x500x250 millimetriä ja 12-50 Plan harkon koko on 120x500x250 millimetriä. Maskiharkkojen menekki on 8 kappaletta neliölle. 10-50 Plan harkko painaa 9,3 kilogrammaa ja 12-50 Plan painaa 11,2 kilogrammaa (Wienerberger 2019a). Näitä harkkoja voidaan käyttää välipohjien ulkopinnoilla, aukkopalkkien kanssa sekä pystyräystäissä. Molemmat näistä kapeista harkoista soveltuvat hyvin myös väliseinien tekemiseen.



Kuva 6. 10-50 Plan maskiharkko (Wienerberger 2019a)

## 2.4 Porotherm U-harkko

Porotherm U-harkon koko on 250x175x238 millimetriä (Kuva 7). U-harkot painavat 7 kilogrammaa ja niiden menekki on neljä kappaletta metrille (Wienerberger 2019a). U-harkoista muodostetaan palkkeja ja ne on tarkoitettu esimerkiksi ikkuna- ja oviaukkojen ylityksiin. Harkoista muodostetut palkit raudoitetaan ja valetaan betonilla täyteen.



Kuva 7. Porotherm U-harkko (Wienerberger 2019a)

## 3 Porotherm-harkkojen muuraus

### 3.1 Telineyöt

Työmaalle hankitaan ja kootaan hyvissä ajoin kohteeseen sopivat telineet suunnitelmien mukaisesti. Telineillä pitää olla riittävä jäykkyys, lujuus ja vakavuus. (Koski 2010,186.)

Ensimmäiset noin neljä varvia pystytään muuraamaan holvin päältä. Tästä eteenpäin on vaikeaa muurata holvin päältä. Muurausta pystytään jatkamaan esimerkiksi telineiden päältä tai mastolavalta. Telineet voidaan asentaa rakennuksen ulkopuolelle kiertämään koko rakennusta, jos rakennuksen ympärillä on riittävästi tilaa. (Ratu 42-0290 2005, 4.)

Esimerkkikohteessa ulkopuolelle pystytettiin telineet yhtä pientä seinän kohtaa lukuun ottamatta, koska siinä kohtaa rakennus tuli olemassa olevaan kerrostaloon kiinni, jolloin siihen ei mahdu telineitä. Kyseiseen kohtaan telineet koottiin

sisäpuolelle. Telineet rakennetaan ulkopuolelle koko rakennuksen ympäri, koska tämä helpottaa tiililavojen nostamista kurottajalla telineille. Telineet toimivat myös myöhemmässä vaiheessa työalustana esimerkiksi rappaajille ja lisäksi telineet toimivat sääsuojan rakenteena, jos muuraus ja rappaus ajoittuvat kylmälle vuodenajalle. Telineiltä muuraustyöt saadaan myös tehtyä työturvallisesti ja telineiden ansioista rakentamisen aikana ei tarvitse asentaa erillisiä väliaikaisia kaiteita. Sisäpuolelle riittävät hyvin siirreltävät kevyet telineet, joista saa tehtyä sisäpuolen tasoituksen.

### **3.2 Aloitus**

Ennen kuin muuraustyö voidaan aloittaa, pidetään aloituspalaveri. Palaveriin osallistuvat työntekijät ja työnjohto. Palaverissa käydään yhdessä läpi aikataulu, materiaalien, tarvikkeiden ja kaluston saatavuus, suunnitelmat, laatuvaatimukset sekä työturvallisuus. Myös mallityön laajuudesta sovitaan palaverissa. (Ratu 2010,186.)

Ennen muurauksen aloittamista asennetaan muurausjohteet rakennuksen jokaiseen nurkkaan ja myös rakennuksen pitkien sivujen keskikohtiin, millä varmistetaan langan pysyminen suorana. Muurausjohteisiin kiinnitetään linjalanka, jonka avulla pystytään katsomaan, että muuraus tulee suoraan linjaan. Ensimmäisen kerroksen muurauksen ajaksi johteet voidaan asentaa sokkeliin. (Ratu 42-0290 2005, 4-5). Toisen kerroksen muurauksessa johteet kiinnitetään Porotherm-harkkoihin käyttämällä ruuveja ja nailontulppia (Wienerberger 2019a).

Rungon muuraus aloitetaan sokkelin päältä. Jotta muurauksen lopputuloksesta tulisi laadukas, sokkelin pinnasta tulee tehdä mahdollisimman suora ja tasainen. Tämä helpottaa ja nopeuttaa paljon muurauksen jatkamista. Pintaa voidaan suoristaa ja tasoittaa esimerkiksi M10 tai M5 muurauslaastilla. Oikaisupaksuus tulisi olla noin 0...10 millimetriä. Tasauksessa voidaan käyttää hyvin myös ohjurilautoja ja vatupassia. Kun pinta on saatu tasaiseksi, levitetään sen päälle harkkoa leveämpi bitumihuopakaista, joka toimii kapillaarikatkona ja tiivistää samalla myös alapohjan rakenteen. Bitumihuopakaistan alle jäävä eriste pitää asentaa niin, että huopakaistale ei jää keskeltä koholle. Sokkelin suunnittelussa pitää ottaa huomi-

oon myös se, että kennoharkoille tulee riittävästi kantavaa tukipintaa. Jos sokkelin keskelle tulee eriste, pitää eristeen molemmille puolille jäädä vähintään 100 millimetriä tukipintaa kennoharkoille. Liitteessä 1 on esitetty perustusten detajji. (Wienerberger 2019a.)

### 3.3 Muuraaminen

Porotherm-kennoharkot muurataan ohutsaumamuurauksella. Kennoharkoilla päästään yhden millimetrin saumapaksuuteen. Muuraukseen käytetään sopivaa ohutsaumalaastia, jota kuuluu alle kymmenesosa tavalliseen laastiin verrattuna. Ohutsaumalaasti pystytään sekoittamaan helposti porakonevispilällä suoraan työkohteessa. Näin myös laastin siirtämiseen tarvittava työmäärä on pieni. Ohutsaumalaastia käytetään yleensä poltettujen harkkojen ja tiilien muuraamiseen. (Koski 2010, 176; Wienerberger 2019a.)

Kun sokkelin pinta on saatu tasaiseksi ja bitumihuopakaista on asennettu, voidaan aloittaa ensimmäisen kennoharkkokerroksen muuraaminen. Alimmaisen harkkokerroksen alle voidaan tarvittaessa laittaa myös SPU-vaahtoa muurauslaastin kanssa kylmäsiltojen estämiseksi (kuva 8). Muurauksessa on tärkeää, että sokkelin pinta ja harkot ovat puhtaita kaikesta liasta ja pölystä, jolloin varmistetaan laastin hyvä tartunta. Muurauksen suoruus varmistetaan linjanauhaa ja vartupassia käyttämällä. Muuraus aloitetaan nurkista puolikkaita kiviä apuna käyttäen niin, että limitys tulee puolen kiven verran molempiin suuntiin. Aloitus pitää nurkissa kuitenkin tehdä aina täyskokoisella harkolla, jonka jälkeen tulee vasta puolikas harkko. Nurkissa voidaan käyttää täysikokoisesta harkosta leikattuja puolikkaita paloja tai tehtaalla valmiiksi leikattuja puolikkaita harkkoja. (Wienerberger 2019a.)



Kuva 8. Uretaanivaahdot (Wienerberger 2019a)

Muurauksessa käytettävää saumalaastia levitetään työn edetessä vain muutamman harkon leveyden verran, jotta laasti ei pääse kuivumaan liikaa ennen harkkojen asennusta. Laastin tartunta huononee, jos se pääsee liaksi kuivumaan. Ohutsaumalaastia levittäessä pitää huolehtia siitä, että laastia leviää varmasti koko kennoharkon leveydelle ja myös siitä että sitä tulee harkon pinnalle tarpeeksi paljon. Saumalaastia tarvitsee levittää vain vaakasaumoihin, koska Porotherm-harkot ovat reunapontattuja, eivätkä ne näin ollen tarvitse pystysaumaan ohutsaumalaastia. Kennoharkkojen vaakasauman paksuus on vain noin 1 millimetriä. Pystysaumaan levitetään laastia vain erityistapauksissa ja silloin, jos suunnitelmissa on erikseen niin määrätty esimerkiksi rakenteellisen syyn takia. (Wienerberger 2019a).

Tällainen rakenteellinen syy oli esimerkkikohteessa, jossa yhteen kohtaan seinää jouduttiin laittamaan myös pystysaumaan laastia, koska viereinen rakennus oli niin lähellä, ettei sitä pystytty olleenkaan rappaamaan tai slammaamaan ulkopuolelta. Koska tähän kohtaan ei ulkopuolelle rappausta tule, olisi rakenne jäänyt tällöin epätiivimmäksi. Kun laastia levitetään myös pystysaumaan, voidaan ilman vapaa kulku estämään ja näin saadaan rakenne tarpeeksi tiiviiksi.

Paikalle asetettuja kennoharkkoja ei saa enää yrittää siirrellä tai yrittää korjata niiden asentoa sen jälkeen, kun saumalaasti on hieman kuivunut. Liikuttaminen heikentää laastin tartuntaa. (Ratu 2017, 147.)

Porotherm-harkkoja muuratessa niitä pitää limittää puolen kiven verran. Pystysaumoissa limitysten pitää olla vähintään 80 millimetriä (kuva 9). Harkkoja pitää kaventaa, jos limitys muurauksen edetessä alkaa pienenemään alle 80 millimetrin. Harkkojen pystyvälillä saumoihin saisi jäädä enintään 5 millimetrin levyinen väli, mutta jos välit jäävät yli 5 millimetrin paksuisiksi, niin tulee harkkojen sauman reunoihin laittaa sisä- ja ulkopuolelle muurauslaastia. Keskellä jäävä rako voidaan täyttää tarvittaessa uretaanivaahdolla. Rakoa täyttäessä pitää ottaa huomioon, että uretaani voi turvota ja pitää varoa, ettei uretaani paisuessaan irrota harkkoja toisistaan. Jos harkkojen pystysaumojen väli on suurempi kuin 50 millimetriä, niin väli täytetään aukkoon sopivaksi leikatuilla harkkoilla. (Wienerberger 2019a.)



Kuva 9. Harkkojen limitys (Wienerberger 2019a)

Kaikkien aukkojen kohdalla leikatut kennoharkot asennetaan siten, että leikatun harkon ehjä kylki tulee aina aukkoon päin ja leikattu puoli menee piiloon sisäpuolelle. Aukkojen reunoissa voi käyttää täysikokoisista harkoista leikattujen palasten sijasta myös valmiiksi tehtaalla tehtyjä puolikkaita harkkoja. Näissä harkoissa ei ole kummallakaan puolella leikattua pintaa, joten ne voidaan asentaa aukkojen reunoihin kummin päin tahansa. Valmiiksi leikatut harkot nopeuttavat muurauksen etenemistä, koska niitä ei tarvitse työmaalla enää leikata. (Wienerberger 2019a.)

### 3.4 Aukkojen ylitys

Aukkojen ylityksiin käytetään niihin tarkoitettuja U-harkkopalkkeja, jotka muodostetaan U:n muotoisista harkoista. Ennen aukkoihin asennettavia palkkeja pitää tarkastaa aukkojen ala- ja yläpinnan korot. U-harkkopalkit voidaan asentaa kahdella eri tavalla. Harkkopalkit voidaan muodostaa palkeiksi, raudoittaa ja valaa betonilla tasaisella alustalla esimerkiksi vanerilevyjen päällä maassa. Betonin kuivuttua ja kovetettua palkit nostetaan paikoilleen esimerkiksi kuvan 10 kaltaisella ajoneuvonosturilla. Valetut U-harkkopalkit on mahdollista nostaa myös kurottajan avulla paikoilleen. Toinen tapa on se, että harkkopalkit muurataan, raudoitetaan ja valetaan tuettuina aukkojen päällä valmiiksi. (Wienerberger 2019a.)



Kuva 10. Ajoneuvonosturi (Pekkaniska 2019)

Esimerkkikohteessa U-harkkopalkit raudoitettiin ja valettiin valmiiksi maassa palkkien muotoon holvin päällä ja nostettiin ajoneuvonosturin avulla paikalleen. Raudoituksen yhteydessä palkkeihin lisättiin myös kahdet nostolenkit, joiden avulla harkkopalkit on turvallisempi nostaa paikoilleen ja lenkit helpottavat niiden asentamista. Työalustan pitää olla mahdollisimman tasainen U-harkkopalkkeja muodostaessa. Harkkopalkkeja on hyvä tehdä esimerkiksi holvin päällä sen tasaisuuden vuoksi ja siitä on myös helppo nostella palkit paikoilleen. U-harkoista muodostetut palkit pitää tukea palkkien päistä lankuilla ja vaneripaloilla, jotta U-harkot eivät pääsisi liikkumaan valun aikana (Kuva 11). U-harkkopalkkeissa käytetään betonia, jonka runkoaine pienirakeista, enintään 8 millimetrin kokoista, koska harkkopalkkeissa on kapeat raudoiteväliä.



Kuva 11. U-harkkopalkkien tuenta valun ajaksi (Wienerberger 2019a)



U-harkot pitää myös raudoittaa rakennesuunnitelmien mukaisesti. Ulkopuolelle tulevan U-harkkopalkin raudoittamiseen pitää käyttää ruostumatonta terästä ja sidelankaa (kuva 12). Sisäpuolen palkkeihin käy hyvin tavallinen harjateräs. U-harkkopalkin pituus määräytyy aukon leveyden ja tarvittavan tukipinnan mukaan. Tukipinnan tulisi kuitenkin vähintään olla yhden harkon leveyden verran eli 250 millimetriä. Rakennesuunnittelija määrittää tarvittavan tukipinnan harkkopalkeille. (Wienerberger 2019a.)



Kuva 12. Ulomman U-harkkopalkin raudoitus

Kuvassa 13 olevan kaltaiset maassa valmiiksi valetut U-harkkopalkit ovat 10 millimetriä matalampia kuin tavalliset Porotherm-harkot, joten ne asennetaan noin 10 millimetrin muurauslaastipedin päälle, jotta niiden yläpinta tulisi samaan tasoon niitä ympäröivien harkkojen kanssa. Vaihtoehtoisesti palkit voidaan asentaa ohuemman muurauslaastikerroksen varaan ja vasta palkkien asentamisen jälkeen voidaan tasata palkkien päälliset muurauslaastilla viereisten harkkojen korkeuksiksi. Palkkien alle pitää laittaa myös elementtien asennuspaloja, ettei palkit pääse painumaan niitä asennettaessa. Näin saadaan palkit pysymään oikeassa

korossa ja yläpinta samaan tasoon. Palkit voidaan myös asennuksen jälkeen tasata yläpinnastaan muurauslaastilla oikeaan tasoon. U-harkkopalkkeja ei tarvitse tukea erikseen tönäreillä asennuksen yhteydessä. Liitteessä 2 on esitetty aukkojen ylitys. (Wienerberger 2019a).



Kuva 13. U-harkkopalkki valettuna

### 3.5 Aukonylityspalkit

U-harkkopalkkien kanssa aukkoihin asennetaan tarvittaessa vielä erilliset elementtipalkit, kuten esimerkkikohteessa (Kuva 14). Elementtipalkit asennetaan paikoilleen esimerkiksi ajoneuvonosturilla U-harkkopalkkien asennuksen yhteydessä. Betoniset palkit asennetaan neopreenikaistaleiden ja asennuspalojen päälle, millä saadaan palkit oikeaan korkoon. Palkkien ja kennoharkkojen vaaka-saumaan jäänyt pieni rako täytetään muurauslaastilla. Myös pystysaumaan harkkojen ja elementtipalkkien väliin pistetään muurauslaastia hyvän tartunnan saamiseksi. Elementtipalkit täytyy tukea asennuksen yhteydessä esimerkiksi vinosti tönäreillä ontelolaattojen asennuksen ja saumavalun ajaksi. Betonielementtisien aukonylityspalkkien ja U-harkkopalkkien väliin asennetaan vielä PU-eriste. Asennuksessa voidaan käyttää vielä uretaanivaahtoa, jotta rakenteesta tulee varmasti tarpeeksi tiivis. (Kainulainen 2019.)



Kuva 14. Betonielementtiset aukonylityspalkit

### 3.6 Välipohja

Välipohjassa voidaan käyttää ontelolaattoja, kuorilaattoja tai sen voi tehdä myös paikalla valettuna (Wienerberger 2019a). Esimerkkikohteessa ala-, väli- ja yläpohjat tehtiin ontelolaatoista, joten työssä ei käsitellä muita vaihtoehtoisia tapoja välipohjan tekemiseen.

Onteloiden asentamisesta on tehtävä elementtiasennussuunnitelma, joka käydään läpi aloituspalaverissa. Elementtisuunnitelma pitää hyväksyttää kohteen vastaavalla rakennesuunnittelijalla. Ennen ontelolaattojen asennusta pidetään aloituspalaveri, jossa sovitaan työn toteutukseen liittyvät asiat työntekijöiden ja työnjohtajien kesken. Aloituspalaverissa käytäviä asioita ovat aikataulu, työturvallisuus, kalusto, suunnitelmat, laadunvarmistus sekä työmenetelmät. Ennen asennusta pitää tarkastaa edeltävien työvaiheiden laatu siten, että elementtien asennus voidaan aloittaa. Elementit pitää aina tarkastaa ennen asennusta ja merkitä ja korjata mahdolliset virheet. Ontelolaatat pyritään asentamaan suoraan kuormasta paikoilleen. Asennuspaikat mitataan ja merkitään siten, että ne ovat hyvin näkyvissä asennuksen aikana. (Ratu 0389 2012, 5–8.)

Porotherm-harkkojen päälle pitää asentaa bitumihuopakaistale ennen kuin ontelolaatat voidaan asentaa. Bitumihuopakaistale asennetaan niin, että sen ulkopuolen reuna on tiiviisti eristeessä kiinni peittäen harkkojen ilmakennot. Huopakaistaleen tarkoitus on estää betonin valuminen harkkojen ilmakennoihin valun aikana. (Wienerberger 2019a.)

Ennen ontelolaattojen asennusta muurataan ohuesta maskiharkosta täysikokoisten harkkojen ulkoreunaan pari harkkokerrosta ja niitä vasten asennetaan kova lämmöneriste, joka kiinnitetään maskiharkkoihin uretaanivaahdolla tiukasti kiinni (kuva 15). Maskiharkot toimivat myös valumuottina ontelolaattojen rengas- ja reunavaluille. Kapeat maskiharkot pitää tukea hyvin ennen valua esimerkiksi holvista, jolloin varmistetaan, että harkot eivät pääse liikkumaan tai kaatumaan valun aikana, kun valua tiivistetään tärysauvalla. Reunavalun tiivistys pitää tehdä varovasti. Reunavalun yhteydessä valetaan myös onteloiden saumat. (Wienerberger 2019a.)



Kuva 15. Välipohjan kohta (Wienerberger 2019)

Maskiharkkojen muurauksen yhteydessä asennetaan tarvittaessa myös ruostumattomia muuraussiteitä, jolloin harkot varmasti kiinnittyvät tiukasti eivätkä pääse kaatumaan. Muuraussiteiden ulosvetoarvot on hyvä tarkastaa ulosvetokokeilla. Muuraussiteet voidaan porata kiinni elementtipalkkeihin aukkojen kohdalla. Muissa paikoissa ne voidaan asentaa niin, että muuraussiteet tulevat valetuksi rengasvalun yhteydessä. Muuraussiteet asennetaan siten, että ne ovat ulkoseinään päin kallellaan. (RT-82-10510 1993, 3.)

Ontelolaatat pitäisi asentaa niin, että ne tulevat vähintään 200 millimetriä harkkojen päälle. Ontelolaattojen alle asennetaan asennuspaloja. Elementit nostetaan esimerkiksi ajoneuvonosturilla paikalleen. Ontelolaatat pitää nostaa tarkasti suoraan harkkojen päälle paikalleen. Onteloita ei saa kammata niiden ollessa harkkojen päällä, koska harkot ovat hauraita ja ne murtuvat helposti. Rengasvalun aikana pitää huolehtia siitä, että betonia pääsee riittävästi ontelolaattojen alle. Betonimassan raekoko ei saa ylittää harkkojen ja ontelolaattojen väliin jäävän

raon korkeutta. Pitää myös varmistaa, että reunavalu tiivistyy huolella. Sisäpuolen ja onteloiden väliin jäävä rako voidaan tiivistää pystysaumabetonilla, puurimalla tai uretaanivaahdolla niin, ettei betonimassaa pääse valumaan seinäpinoille. (Wienerberger 2019a.)

Jos ontelolaattojen yläpinta jää alemmaksi kuin maskiharkkojen yläpinta, niin joudutaan ontelolaattojen päälle tekemään vielä korotusvalu, jotta yläpinnat tulevat samalle tasolle. Ontelolaattojen pintaan kiinnitetään valun ajaksi muotit, jotka voidaan tehdä laudoista tai lankuista. Kun betoni on kovettunut ja alustan suoruus varmistettu, voidaan muurausta jatkaa taas normaalisti eteenpäin vesikattoon tai seuraavaan välipohjaan asti. Välipohjan päältä pystytään taas alapohjan tapaan muurata ensimmäiset neljä harkkoriviä ja siitä ylöspäin työtä voidaan jatkaa taas telineiltä. Liitteessä 3 on esitetty välipohjadetalji. (Wienerberger 2019a.)

### **3.7 Pystyräystäät**

Räystäät voidaan tehdä maskiharkoista kuten esimerkikohteessa. Kun muuraus on saavuttanut yläpohjan tason, sen päälle vesikatolle voidaan tehdä vielä räystäsmuuraus esimerkiksi H.i 25-38 kennoharkoilla. Räystäät voidaan tehdä myös kapeilla 10-50 ja 12-50 Plan maskiharkoilla. Esimerkikohteessa räystääseen tuli 12-50 Plan harkoista yhteensä kaksi harkkoriviä muurausta. Ennen räystäsmuurausta asennetaan aukonylitys- ja U-harkkopalkit sekä asennetaan ontelolaatat ja tehdään ontelolaattojen rengas- ja saumavalu. Sen lisäksi myös onteloiden päälle tehdään tarvittaessa vielä korotusvalu samalla tavalla kuin välipohjassakin, jotta saadaan yläpohjan yläpinta samaan tasoon maskiharkkojen yläpinnan kanssa. Yläpohjassakin maskiharkot tuetaan holvista valun ajaksi ja ennen onteloiden asennusta asennetaan bitumihuopakaistale, eristeet sekä muuraussiteet. Kun korotusvalu on kuivunut, voidaan jatkaa räystäsmuurausta puolikkailla harkoilla samaan tapaan kuin täysikokoisten harkkojen kanssa välipohjassa. Esimerkikohteessa räystään ylimmäisen harkon pintaan tehtiin 100 millimetrin levyinen ja syvä lovi. Tämä lovi täytettiin betonilla, jotta tähän kohtaan saatiin kiinnitettyä räystääselementit. Räystäät voidaan tehdä monella muullakin tapaa, esimerkiksi puusta. (Oja 2019a.)

### **3.8 Viimeistely**

Kun muuraus on saatu valmiiksi täyteen korkoonsa, tehdään vielä lopuksi viimeistelytyöt. Kaikki raot ja kolot täytyy täyttää muurauslaastilla ja harkkojen välistä pursuneet muurauslaastit puhdistetaan pois niin, että rappaaajat voivat aloittaa oman työnsä. Pinnoille ei saa jäädä ulkonäköä haittaavia laastiroiskeita. Roiskeet eivät saa olla seinäpinnan ulkopuolella. Lopuksi paikat pitää vielä siivota huolella ja kaikki muurauksesta syntyneet jätteet pitää siivota pois. (Runko RYL 2010, 176.)

Kaikkien aukkojen alapintaan sekä räystäsmuurauksen yläpintaan kennoharkkojen päälle vedetään vielä ohutsaumalaastilla tai pintojen oikaisuun käytettävällä laastilla ohut kerros siten, että harkkojen kennojen ilmaraot menevät kokonaan umpeen (Wienerberger 2019a).

### **3.9 Olosuhteet**

Muurausta ei suositella tehtäväksi alle +5 °C lämpötilassa ja ehdoton muurauksen alaraja on 0 °C. Kun lämpötilat alkavat olla alle +5 °C, muuraustyö täytyy tehdä sääsuojan alla ja silloin pitää huolehtia riittävästä lämmittämisestä. Talvella muurauksessa jäisiä ja märkiä harkkoja ei saa käyttää muuraamiseen vaan niiden pitää ensin antaa sulaa ja kuivua. (Wienerberger 2019a.)

Kun muuraustyö sijoittuu lämpimään vuodenaikaan, ei tarvitse tehdä muurausta sääsuojan alla. Kesäaikaan sijoittuvassa muurauksessa pitää huolehtia harkkojen kastelemisesta, jos on lämmin ja aurinkoinen ilma. Jos harkkoja ei kastella tarpeeksi, liimalaastissa oleva vesi imeytyy heti kuivaan harkkoon, jolloin laastin tarttuvuudesta tulee huono. Harkkoja voidaan kastella esimerkiksi telalla, pensselillä tai tarvittaessa myös vesiletkulla. Toinen asia, mikä pitää lämpimällä kelillä huomioida, on se, että laastia ei levitetä kerralla liian pitkälle matkalle, jotta laasti ei pääse kuorettumaan, koska tartunta jää taas silloin huonoksi. (Wienerberger 2019a.)

Joka työvuoron jälkeen muuraus tulee peitellä keskeneräisen harkkoseinän päältä, ettei sadevesi pääse harkkojen ilmakehnojen aukoista sisään ja valu reikiä pitkin alas. Myös ikkuna-aukkojen alapinnassa olevien harkkojen avonaiset

ilmakennostot pitää peitellä huolellisesti. Koska muurauksen alapinnassa on bitumihuopa, joka ei päästä vettä läpi, niin sinne voi jäädä helposti vesi seisomaan. Porotherm-harkot ovat nopeasti kuivuvia, mutta jos harkkojen onteloissa on paljon vettä, hidastaa se kuivumista eikä ilmakennostoissa oleva vesi pääse helposti haihtumaan. Kovalla sateella muurausta ei voida ollenkaan tehdä. Myös suojaamatta olevat harkkolavat on hyvä suojata sateelta, etteivät ne pääse kastumaan läpimäräksi. Suojaukseen voi käyttää esimerkiksi muovia tai huopakaistaa. (Karilainen 2019.)

### 3.10 Työvälineet

Porotherm-harkkojen muurauksessa tarvitaan apuna monia erilaisia apuvälineitä, jotka helpottavat ja nopeuttavat muurausta. Kennoharkkoja voidaan helposti nostella ja asentaa paikoilleen kuvassa 16 näkyvällä asennussaksella, joka on tarkoitettu juuri Porotherm-harkkojen asennuksiin. (Wienerberger 2019a). Asennussaksilla painavia harkkoja on helppo nostella ja harkkojen nostot sujuvat ergonomisemmin. Harkkojen nostamiseen pitää kiinnittää huomiota, koska harkot painavat paljon ja harkkoja joutuu nostelemaan ja asentamaan jopa useita tuhansia sen mukaan kuinka suuri kohde on.



Kuva 16. Asennussakset (Wienerberger 2019a)

Harkkojen asentamisessa on hyvä olla apuna myös kumivasara, vatupassi ja linjanauhaa. Vatupassilla ja linjanauhalla saadaan harkot asennettua tasaiseksi ja suoraan linjaan siten, ettei muuraus mutkittele pitkällä seinillä. Kumivasaralla voidaan korjata harkkojen suoruutta ja asetella harkkoja paremmin paikoilleen. (Wienerberger 2019a.)

Muurauslaastin sekoittamiseen käytetään betonimyllyä. Ohutsaumalaastin sekoittamiseen voidaan taas hyvin käyttää esimerkiksi sekoituskonetta laastin vähäisen menekin takia. Niiden lisäksi tarvitaan laastipaljuja, jossa laastia voidaan sekoittaa ja kuljettaa. Apuvälineille pitää olla saatavilla myös pesupiste ja vesipiste. (Ratu 2010, 176)

Porotherm-harkkojen halkaisuun ja ohentamiseen sopii hyvin isoteräinen vesisaha (Kuva 17). Harkkoja voidaan myös halkaista pitkäteräisellä harkkosahalla tai vannesahalla. Kennoharkkoja on helppo halkaista ja kaventaa niiden ohuiden ilmakennostojen seinien takia. Pitkäkarvaista telaa voidaan käyttää kastelun lisäksi myös ohutsaumalaastin levittämiseen. Laastin levittämiseen voidaan käyttää myös muurauskelkkaa. Muurauksen valmistuttua seinän viimeistelyyn ja sen putsamiseen voidaan käyttää esimerkiksi petkelettä ja harkkojen kolojen täyttämiseen voidaan käyttää muurauskauhaa. Muurauskauhaa voidaan käyttää myös muurauslaastin levittämiseen. (Wienerberger 2019a.)



Kuva 17. Vesisaha



### 3.11 Ohutsaumalaasti

Porotherm-harkkojen muuraamiseen käytetään Wienerbergerin ohutsaumamuurauslaastia Porotherm Dm (Kuva 18). Täysikokoisen Porotherm H.i Plan harkon laastimenekki on noin 6 kilogrammaa neliölle. Myös kuvassa 19 näkyvää tavalista Weber Vetonit OL15 ohutsaumalaastia voidaan käyttää harkkojen ohutsaumamuuraamiseen. Muuraamisessa Porotherm Dm:n sijasta voidaan myös käyttää kuvassa 20 näkyvää Schlagmannin Poroton ohutsaumamuurauslaastia. (Wienerberger 2019a.)



Kuva 18. Porotherm ohutsaumamuurauslaasti



Kuva 19. Weber Vetonit OL 15 muurauslaasti



Kuva 20. Schlagmannin Poroton ohutsaumamuurauslaasti

Ennen laastien sekoittamista pitää tehdä laastille työohje, jossa näkyy yhtä annosta varten tarvittavat vesi- ja laastimäärät. Laastin pitäisi aina pysyä samanalaisena ja tasalaatuisena kaikissa annoksissa. Laastia tulee tehdä vain sellainen määrä, että se käytetään ennen kuin se alkaa kovettua. Laasti suojataan sekoittamisen ja käytönajaksi sateelta ja pakkaselta. Laastin sekoittamisessa ja käytössä pitää aina noudattaa valmistajan ohjeita. (RunkoRYL 2010, 174.)

Ohutsaumalaastin valmistuksessa on tärkeää, että sen koostumuksesta tulee oikeanlaista ja sen vesisuhde on oikea. Laastista ei saa tulla liian löysää, jolloin harkot eivät tartu kunnolla. Laasti ei saa olla myöskään liian jäykkää, koska sen työstäminen on silloin vaikeaa ja tartunnasta tulee myös heikko. Hyvä sekoitusuhde on, että yhteen 15 kilogramman säkilliseen lisätään 9 litraa vettä. On myös tärkeää, että laastin sekoittamisen jälkeen annetaan laastin seisoa noin 5 minuuttia plastisuuden parantamiseksi, jonka jälkeen laastia sekoitetaan hieman lisää. (Wienerberger 2019b.)

### 3.12 Kiinnitykset

Porotherm-harkkoihin on helppo tehdä reikiä, koska se on huokoinen ja siinä olevien ilmakehjen seinämät ovat ohuita. Kennoharkkoon porataan kiviainekselle tarkoitettulla kovapalaterällä ilman iskua. Iskua ei tule käyttää, koska harkko on niin huokoinen, että se hajoaa. Kiinnityksissä voidaan käyttää erilaisia muovitulppa-ruuvi yhdistelmiä, esimerkiksi Fischerin DuoPower-nailontulppia (Kuva

21). Joidenkin kiinnityksien kanssa käytetään apuna myös injektiomassaa, jonka avulla saadaan varmistettua riittävän luja kiinnitys (Wienerberger 2019a). Raskaiden kiinnityksien ollessa kyseessä on hyvä varmistaa aina erikseen kiinnikkeiden kantavuudet ja ulosvetoarvot. Jos halutaan varmistua jonkin kiinnityksen pitävyydestä, voidaan sille suorittaa ulosvetokokeita.



Kuva 21. Fischer Duopower-nailontulppa

U-harkoista muodostettuja palkkeja voidaan käyttää myös raskaimpien kiinnityksien apuna. U-harkkopalkkeja voidaan asentaa esimerkiksi niin, että tulevien kiinnityksien kohdalle asennetaan kaksi harkkopalkkia siten, että sisä- sekä ulkopuolelle tulee kumpaankin yksi palkki. Harkkopalkkien väliin asennetaan kova eriste, samoin kuin aukon ylityksissä.

Sen mukaan mikä kohde on kyseessä, ulkopuoliset telineet voidaan joutua ankkuroimaan rakennukseen kiinni harkkolavoista ja tuulikuormista aiheutuvien kuormien takia. Telineiden ankkuroimiseen voidaan käyttää hyväksi välipohjaa, jossa on betonia. Välipohjaan telineet saadaan tukevasti ankkuroitua. Kiinnitykset pysytään poraamaan harkkojen läpi kiinni lujasti välipohjaan.

Kiinnitykset tehdään suoraan kennoharkkojen kylkeen ilman apukarmeja. Ras-  
kaiden ovien ja ikkunoiden kiinnittämiseksi kennoharkkoihin voidaan porata ra-  
siaporalla karmin kiinnityskohtiin halkaisijaltaan 80–100 millimetrin reikiä ja täyt-  
tää reiät betonilla. Tarvittaessa reikien kohtien lujuutta voidaan parantaa asenta-  
malla betoniin raudoitelenkki. Näin ikkunoiden ja ovien kiinnittämiseen voidaan  
käyttää tavallisia karmiruuveja. (Wienerberger 2019a.)

### **3.13 Työturvallisuus**

Ulkopuolen telineiltä, jotka kiertävät koko rakennusta, saa tehtyä muurauksen  
työturvallisesti. Telineiden ansiosta ei tarvitse myöskään tehdä väliaikaisia kai-  
teita rakennuksen ulkoseinille. Jos telineen ja seinän etäisyys on toisistaan enin-  
tään 25 senttimetriä, niin tällöin ei tarvitse telineille sisäpuolisia kaiteita, mikä hel-  
pottaa taas muurausta. Kun muuraus suoritetaan telineiltä ja kaiteet pidetään  
kunnossa, ei tarvitse myöskään käyttää turvavaljaita. Kun työskentelykorkeus te-  
lineiltä on yli kaksi metriä, on telineessä oltava kaksi käsijohdetta ja jalkalista.  
Kaiteitten on oltava vähintään yhden metrin korkuisia. Telineissä ei saa olla auk-  
koja, joihin voi pudota eivätkä telineiden työtasojen pinnat saa olla liukkaita. Teli-  
neen kantavuus pitää aina varmistaa erikseen telinetoimittajalta ja selvittää miten  
telinettä voidaan kuormittaa. Ennen telineillä työskentelyn aloittamista pitää aina  
tehdä telinetarkastus. (Ratu 2017, 142.) Tarvittaessa teline ankkuroidaan raken-  
nukseen kiinni, jotta saadaan se kantamaan harkkolavoista tulevat kuormat ja  
lisäksi saadaan se tarpeeksi vakaaksi.

Muurauksen aikana tehdään nostoja ajoneuvonosturilla ja kurottajalla. Nostot  
täytyy aina suunnitella etukäteen ja tarvittaessa laaditaan nostotyösuunnitelma.  
Suunnitelma käydään asiat muurareiden ja koneiden kuljettajien kanssa läpi en-  
nen nostoja. Nostojen aikana ei saa kulkea tai työskennellä nostojen alla. Tarvit-  
taessa nostoalue rajataan. Henkilökohtaisten suojarusteiden lisäksi on käytet-  
tävä aina turvavaljaita putoamisvaarallisissa paikoissa, kuten aukkopalkkeja  
asennettaessa. Kun kurottajalla nostetaan lavoja telineille sivusta päin, joudutaan  
käsijohteet ja potkulauta irrottamaan noston ajaksi, minkä jälkeen täytyy huoleh-  
tia siitä, että kaiteet ja potkulaudat asennetaan välittömästi takaisin paikoilleen.  
Telinetasot pidetään puhtaana ja niiden päällä olevat tavarat hyvässä järjestyk-

sessä työturvallisuuden parantamiseksi. Kun telineitä täytetään kurottajalla täysillä harkkolavoilla, on hyvä ottaa samalla tyhjiä tiililavoja pois telineiltä kurottajan avulla. Kurottajalla on myös kätevä siivota muutenkin telinettä.

## **4 Rappaaminen**

Porotherm-harkkojen julkisivut voidaan tehdä rappaamalla tai tiili- ja puuverhoillulla. Tiili- ja puuverhoillut julkisivut pitää aina slammata tuuletusraon sisäpuolelta. (Wienerberger 2019). Tässä opinnäytetyössä on kerrottu julkisivujen rappauksesta, koska esimerkkikohde rapattiin. Kennoharkkojen ulkoseinät voidaan tehdä kaksikerrosrappauksen. Porotherm-harkot linjataan suoraan siltä puolelta, jolta muurataan. Harkot eivät ole pituussuunnassa täysin mittatarkkoja, joten harkkojen pinnat muurataan toiselta puolelta tasaiseksi ja pituussunnan eroista syntyvät tasoerot tulevat toiselle puolelle. Tämä tulee ottaa huomioon etuoikaisu- ja täyttötöitä tehdessä. Ennen sisä- ja ulkopuolen rappausta pitää puhdistaa kaikki muurauslaastista tulleet valumat pois ja sen lisäksi etuoikaista seinät RY-Lin ohjeen mukaan.

### **4.1 Ulkopuolen rappaaminen**

Esimerkkikohteessa julkisivu tehtiin kaksikerrosrappauksella. Kaksikerrosrappauksessa levitetään ensin tartuntarappaus, jonka jälkeen tulee pintarappaus. Pintarappaus voidaan tehdä roiskerappauksena tai harjattuna rappauksena. Jos pinta harjataan, tulee myös tartunta harjata heti levittämisen jälkeen (RT-33-10386 1990, 5.)

Rappausta tehdessä lämpötilan pitää olla yli +5 °C. Jos lämpötilan on mahdollista laskea rappauksen aikana alle +5 °C, voidaan rappaus tehdä kokonaan sääsuojan alla ja silloin pitää myös huolehtia muurauskohteen lämmittämisestä. Suojan alla rappaus on myös suojassa sateelta. Kaksikerrosrappauksen paksuus on noin 15 millimetriä materiaalin valmistajan ohjeen mukaisesti. Rappauksessa käytetään vahvistuksena lasikuituverkkoa. Aukkojen kulmiin ja aukonylityspalkkeihin pitää asentaa 500x500 millimetrin kokoiset verkkokaistaleet sekä myös eri alusmateriaalien liitoskohtien yli (Wienerberger 2019a.)

Rappaus voidaan tarvittaessa yliverkottaa. Tällöin verkko asennetaan niin, että lasikuituverkko jää laastikerroksen keskelle eikä koske alustan pintaa. Verkkojen saumakohdat limitetään 100 millimetriä. Kulmissa käytetään metallisia kulmaprofiileja. Kulmaprofiili pitää asentaa niin, että se peittyy kokonaan laastin alle. Lasikuituverkon asentamisen ohjeet tarkistetaan aina erikseen rappauslaastivalmistajalta. (Lindberg 2019.)

Pohja oikaistaan kuitupohjaisella sementtillaastilla valmistajan ohjeen mukaisesti. Pintarappaus suositellaan tehtäväksi värillisellä hyvin vesihöyryä läpäisevällä pintarappauslaastilla. Rappauslaastivalmistajalta pitää erikseen tarkistaa ohjeet rappaustyöhön. (Wienerberger 2019a.)

## **4.2 Sisäpuolen tasoitus**

Tasoitteiden ja maalien vesihöyrynläpäisevyydet pitää aina varmistaa, kun valitaan tasoitteita ja maaleja. Tasoitteet ja maalit on oltava aina hengittäviä, jotta kenoharkot toimivat oikealla tavalla. Maalien pitää olla hyvin vesihöyryä läpäiseviä maaleja. Sisäseinien tasoitukseen voidaan käyttää sementtipohjaisia tasoitteita tai kipsitasoitetta. Kipsitasoitteella voidaan tehdä oikaisu ja tasoitus samalla tasoitteella. Sisäseinien tasoituksessa suositellaan seinien yliverkotusta kauttaaltaan. Eri materiaalien liittymäkohdat pitää vähintään aina verkottaa. Pinnoitustyössä pitää noudattaa valmistajan ohjeita. Märkätiloissa seinät oikaistaan sementtipohjaisella tiilitasoitteella ja pinta tasataan märkätilatasoitteella. Pinta pitää vielä sivellä kaksi kertaa kosteussivelyllä. Seinät tiivistetään vedeneristysmassalla valmistajan ohjeiden mukaisesti ennen laattojen kiinnittämistä. Kipsitasoitteeksi sopii esimerkiksi Knaufin MP 75 L-laasti tai Weber Vetonit-kipsilaasti sekä kaikki muut vastaavat tuotteet. Sementtipohjaisilla tasoitteilla pinnan oikaisuun käy esimerkiksi tiilitasoitteet. Pinnoitukseen voidaan käyttää esimerkiksi Weber Vetoni LR+ pintatasoitetta tai sitten Fesconin LF-pintatasoitetta. Oikaisuun ja pinnoitukseksi sopivat myös kaikki muut vastaavanlaiset tuotteet. Oikaisuun ja pinnoittamisessa pitää aina noudattaa valmistajan ohjeita. (Wienerberger 2019a.)

## 5 Logistiikka

Logistiikan huolellinen suunnittelu on tärkeää, kun muurataan Porotherm-harkkoilla ja halutaan muurauksen sujuva eteneminen. On tärkeää, että harkkoja on aina saatavilla ja ettei harkkoja tarvitse siirrellä pitkiä välimatkoja käsin, koska ne painavat paljon ja siirtely vie aikaa. Esimerkkikohteessa muuraustyöryhmä koostui pääosin kolmesta muurarista ja kahdesta apumiehestä. Muurareiden ja apumiesten määrä riippuu muurattavan kohteen aikataulusta ja tarvittavasta työsaavutuksesta. Apumiesten tehtäviin kuuluu esimerkiksi siirrellä ja pinota harkkoja lähemmäksi muurareita, tehdä muurauslaastia sekä ottaa vastaan kurottajan tuomia tiililavoja telineille. Myös päivän jälkeiset siivoustyöt ja työvälineiden pesut sekä valmiin harkkomuurauksen suojaukset sateelta kuuluvat apumiehille.

Myös telinetyöt ovat todella tärkeitä, jotta muuraus saadaan etenemään nopeasti ja ilman keskeytyksiä. Telineet pitää hankkia ja pystyttää jo hyvissä ajoin ennen muurauksen aloittamista. Pääosin koko muuraus suositellaan suoritettavaksi ulkopuolisten telineiden päältä. Telineen tasojen pitää olla riittävän leveitä, että harkkolavat mahtuvat niiden päälle ja jotta niiden vierellä mahtuu vielä työskentelemään ja kulkemaan hyvin. Tähän tarkoitukseen 1400 mm leveät telineet ovat suositeltavia. Työtasot on hyvä olla oikealla korkeudella liikkumista ja työskentelemään varten. Telineiden ja työtasojen korkeutta lisätään muurauksen edetessä niin, että ylemmät työtasot ovat valmiina jo paikoillaan, kun alemmilta työtasoilta alkaa olla hankala muurata. (Ratu 42-0290 2005, 4.)

Jotta muuraus sujuisi nopeasti, on huolehdittava, että muurareilla on tiililavoja aina saatavilla mahdollisimman lähellä, koska painavien harkkojen siirtely vie ylimääräistä aikaa. Tiililavoja nostetaan telineille ja holvin päälle useimmiten kurottajan kanssa. Tiililavoja pystytään myös nostamaan ajoneuvonosturilla, mutta kuvan 22 kaltainen kurottaja on kätevä tiililavoja nostettaessa telineiden päälle. Kurottajalla tiililavat sai hyvin nostettua telineiden päälle sivusta päin. Jos tiililavoja tarvitsee nostaa välipohjan päälle, sopii ajoneuvonosturi siihen työhön paremmin. Jos työmaa-alue on ahdas, kurottajassa on hyvä olla pyörivät piikit, koska jotkut nostot voidaan joutua suorittamaan ahtaassa tilassa. Tilavalla työmaa alueella, jossa rakennuksen vieressä on paljon tilaa, ei välttämättä tarvitse kurottajassa

pyöriviä piikkejä, vaan kurottajalla voidaan päästä ajamaan helposti aina kohtisuorassa telineitä kohti. Työnjohtaja varmistaa kurottajan saatavuuden ja tilaa kurottajan työmaalle hyvissä ajoin, ettei muuraukseen tule keskeytyksiä. Kurottajan tilaaminen suunnitellaan niin, että saadaan kerralla nostettua kaikki telineen tasot täyteen harkkolavoja. Esimerkkikohteessa kurottajaa tarvittiin noin kahden tai kolmen päivän välein. Kurottajan tarve riippuu kohteesta. Myös Porotherm-ohutsaumamuurauslaastisäkkejä ja muurauslaastia kannattaa olla lähellä sekoi-tuspaikkaa. Myös materiaalien oikea-aikainen tilaaminen on todella tärkeää, jottei työ keskeydy. Laastin valmistuspaikan pitää olla mahdollisimman lähellä muu-raustyötä siirtojen minimoimiseksi (Ratu 42-0290, 4.)



Kuva 22. Kurottaja (Konepörssi 2020)

Tiililavojen vastaanottamiseen tarvitaan ainakin yksi muurarin apumies, joka irtottaa telineiden kaiteita ja jalkalistoja, jotta kurottajalla päästään laskemaan lavoja telineille. Telineiden kantavuus pitää varmistaa ennen kuin aletaan nostella lavoja niiden päälle, koska yksi tiililava täyskokoista Porotherm-harkkoa painaa 638 kilogrammaa. Eri telineillä voi olla eri kantavuudet ja kantavuudet pitää varmistaa aina erikseen telinetoimittajalta.

Tiililavoja pystyttiin nostamaan telineiden pystytukien väliin jokaiselle tasolle, muttei kuitenkaan siten, että samojen pystytukien välissä olisi päällekkäin useampi harkkolava. Lavoja ei saanut myöskään nostella samojen pystytukien välissä olevalle tasolle kahta lavaa kerrallaan. Lavat pitää myös sijoittaa niin, että



ne olisivat mahdollisimman lähellä telineiden pystytukia kantavuuden varmistamiseksi.

Jos työmaa-alue on ahdas, ei sinne pystytä varastoimaan ylimääräisiä harkkolavoja työmaalle. Harkkojen tuonti työmaalle suunnitellaan niin ettei työmaalle tuotaisi ylimääräisiä harkkolavoja, vaan kaikki lavat menevät melkein heti käyttöön ja nostetaan heti telineille. Jos harkkoja välivarastoidaan työmaalle, pitää paikan olla tasainen. Lisäksi varastointipaikka olisi hyvä sijoittaa siten, että harkkojen siirtomatkat olisivat mahdollisimman lyhyet. Täysiä, pakkauksessa olevia harkkolavoja, ei tarvitse erikseen suojata. Avatut ja osittain puretut harkkolavat suojataan sateelta ja talvella lumelta. Harkkojen vastaanoton yhteydessä pitäisi tarkastaa aina materiaalien laatu ja määrä. (Ratu 42-0290, 4.)

Harkkoja kuljetetaan työmaalle esimerkiksi täysperävaunulla. Yhteen täysperävaunuun mahtuu noin 43 lavallista harkkoja. Työnjohtajan tehtävänä on seurata muurauksen etenemistä jatkuvasti, jotta pystytään tilaamaan oikean verran harkkoja oikeaan aikaan niin, etteivät harkot pääse missään vaiheessa loppumaan. Ensimmäisen varvin muuraaminen vie enemmän aikaa kuin siitä ylöspäin tehtävän muurauksen, koska ensimmäisen rivin suoruus ja tasaisuus määrittelee loppumuurauksen laadun ja sen takia siihen pitää käyttää enemmän aikaa. (Wienerberger 2019a.)

Ensimmäisen rivin jälkeen pystytään seuraamaan muuraustyön työsaavutusta. Näin pystytään suunnittelemaan tarkasti kennoharkkojen ja kurottajan tilaukset työmaalle. Tärkeää on pitää huolta siitä, että muurareilla on aina harkkolavoja saatavilla telineillä, jotta muuraustyö ei keskeydy missään vaiheessa. Taulukossa 1 on esitetty eri harkkolavojen painot, lavoista tulevat neliöt ja harkkojen kappalemäärät lavassa.

Harkkotyyppi	kpl/lava	m <sup>2</sup> /lava	Lavan massa (kg)
H.i 50-20 Plan	40	2	noin 600
25-38 Plan	45	4	noin 700
10-50 Plan	80	10	noin 750
12-50 Plan	80	10	noin 900
U-harkko	96	24 jm	noin 670

Taulukko 1. Harkkolavat (Wienerberger 2019a)

Muurauslaastin tekoon ja harkkojen leikkaamiseen tarkoitettulle tiilisirkkelille pitää myös suunnitella hyvä paikka. Paikan pitäisi olla tasainen ja mahdollisimman lähellä paikkaa, jossa muuraus suoritetaan siirtojen minimoimiseksi. Päivän loppuksi muurausvälineiden puhdistamiseen ja lastien valmistamiseen pitää olla suunniteltu vesipiste. Esimerkkikohteessa tiilisirkkeli sijoitettiin ensimmäisen kerroksen ajaksi alapohjan päälle. Tiilisirkkelistä ja laastin valmistamisesta syntyy paljon roskaa, joten alue pitää suojata esimerkiksi muovilla, jolloin paikat on helpompi siivota ja mestat pysyvät puhtaampina. Toisen kerroksen muurauksen ajaksi sirkkeli sijoitettiin telineiden päälle. Telineen päällä tiilisirkkeli oli kuitenkin lähellä eikä aikaa mennyt harkkojen kantamiseen. Tiilisirkkelin lähelle viedään yksi tiililava siirtojen minimoimiseksi.

## 6 Huomiot

Työssä haastateltiin esimerkkikohteen toteuttaneita muurareita, esimerkkikohteen vastaavaa rakennesuunnittelijaa sekä lisäksi Wienerbergerin rakennusteknistä johtajaa. Kaikki haastattelut toteutettiin puhelinhaastatteluilla. Haastatteluilla haettiin muurareiden, rakennesuunnittelijan ja Wienerbergerin suunnittelijan omia näkemyksiä ja kokemuksia Porotherm-harkkojen muurauksesta. Haastattelujen avulla saatiin tietoa eri näkökulmista ja mitä kukin pitää tärkeänä muurauksen onnistumisessa.

Haastatteluissa kysyttiin tärkeimpiä asioita, jotka pitää ottaa huomioon ennen muurauksia ja sen aikana. Lisäksi kysyttiin, millä tavalla Porotherm-kennoharkko eroaa muista perinteisistä harkoista ja tiileistä. Haastateltavilta kysyttiin myös, mitä he oppivat muurauksen aikana sekä asioita mitkä olivat vaikeampia Porotherm-harkkojen muurauksessa ja minkälaisia haasteita tuli vastaan. Muurareille ja rakennesuunnittelijalle kennoharkko oli uusi materiaali.

Porotherm-harkko eroaa tiilimuurauksen tekemisestä ensinnäkin siten, että kennoharkko on paljon isompi. Se eroaa myös sillä, että harkko on kennomainen ja se muurataan lähes nollasaumalla ensimmäistä riviä lukuun ottamatta. Myös kennoharkkojen työstäminen eroaa tiileistä. Normitiiltä pystytään leikkaamaan tiilijotijotiinilla, kun taas kennoharkkojen leikkaamiseen tarvitaan esimerkiksi isoteräinen vesisaha. Porotherm-harkon ja perinteisen harkon erot ovat samanlaisia kuin tiilien ja Porotherm-harkkojen erot. Työohjeisiin pitää tutustua huolella, varsinkin, jos kyseessä on uusi materiaali. Muuten kennoharkkojen muuraaminen on aika lailla samanlaista kuin mikä tahansa muu ohutsaumamuuraus. Porotherm-harkoilla muuraus eroaa sillä tavalla, että siinä tehdään valmista talon runkoa ja muuraustyötä tehdään ulkona, jolloin muuraus on aina suojattava kastumiselta päivän lopuksi. (Askola 2019.)

Useampiin muihin harkkoihin verrattuna kennoharkkojen muurauksessa ei tarvitse tehdä juurikaan betonivaluja eikä muurattua seinää tarvitse raudoittaa. Kennoharkkojen muurauksessa betonia ja raudoitusta tarvitaan vain aukonylityksissä, joissa valumuottina toimivat niin ikään U-muotoiset palkkitiiliharkot. Kennoharkot ovat myös kevyempiä kuin esimerkiksi betoniharkot. (Karilainen 2019.)

Kennoharkoissa laastia kuluu vähemmän kuin esimerkiksi perinteisessä tiilimuurauksessa, koska kennoharkkojen vaakasauma on vain yhden millimetrin paksuinen. Yhden millimetrin paksuinen sauma on mahdollista tehdä, koska harkot ovat pystysuunnassa mittaansa hiottuja. Tästä on hyötyä esimerkiksi työmaalogistikassa, kun laastisäkkejä ei tarvitse varastoida niin paljoa ja säkkien siirtely ja laastin valmistus helpottuu. Kennoharkoilla on myös hyvä U-arvo. Verrattuna esimerkiksi vastaavan paksuiseen perinteiseen puolentoista tai kahdenkiven tiilisei-

nään, jonka U-arvo on noin 0,90, päästään avokennoisella harkolla huomattavasti parempaan ja nykyiset lämmöneristysmääräykset täyttävään 0,16 arvoon. (Karilainen 2019.)

Ennen muuraustyön aloittamista pitää ottaa aika lailla samoja asioita huomioon kuin normitiilien ja perinteisien harkkojen muurauksessa. Ennen muurausta pitää katsoa huolella nurkkapisteet, korot, kivijaot ja aukkomerkit. Haastateltava korosti erityisesti korkojen tärkeyttä ja merkitystä. Korkojen kanssa piti olla erityisen huolellinen, jotta vältytään isojen tasausvarvien teolta. Tasausvarvien teko on hidasta ja sen tekeminen vie myös paljon ylimääräistä laastia. (Askola 2019.)

Liitokset ja kiinnitykset pitää suunnitella hyvin jo aikaisessa vaiheessa, koska se on vaikeaa ja vie aikaa. Vaikeimmat asiat Porotherm-harkkojen suunnittelussa ovat juuri liitoksien ja kiinnityksien suunnittelu. Kiinnityksistä pitää ottaa vetokoikeita. Materiaalit täytyy ottaa huomioon hyvissä ajoin. Myös pistemäisten kuormien suunnittelu kantaville kennoharkkoseinille on tärkeää huomioida hyvissä ajoin. Porotherm-harkot on vaikeampi jäykistää, koska niillä on pienempi puristuslujuus. Harkkoseinä ei ole kovin luja rakennusvaiheessa (Oja 2019b; Karilainen 2019.)

Tärkein kennoharkkojen muurauksessa huomioitava asia on aloittaminen. Sokkeli pitää saada suoraksi ja sen päällinen pitää oikaista huolellisesti. Myös ensimmäisen harkkorivin tekemiseen pitää kiinnittää erityistä huomioita. On todella tärkeää, että ensimmäinen rivi tulee suoraan ja tasaiseksi, koska sillä on suuri merkitys lopputuloksen kannalta. Aukkojen ylityksiin pitää kiinnittää huomiota, koska U-harkkoista muodostetut palkit ovat 10 millimetriä matalampia kuin muut harkot. U-harkkopalkit pitää asentaa tämän takia muurauslaastipedin päälle. (Karilainen 2019.)

Porotherm-harkkojen muurauksessa korostui harkkolavojen sijoittelu telineille tai työpisteelle. Tätä asiaa haastateltava piti todella tärkeänä. Yhdestä Porotherm-harkkojen lavasta saa muurattua vain vähän ja lava kuitenkin painaa paljon, jonka lisäksi se vie telineillä tilaa todella paljon. Harkkolavat tulisi sijoittaa aina mahdollisimman lähelle muurattavaa paikkaa, koska harkkojen siirtely vie paljon ylimääräistä aikaa ja harkkoja saa sen jälkeen vain siirrettyä pelkästään kantamalla.

Lisäksi harkot ovat myös todella painavia. Kennoharkkoja ei esimerkiksi pystytä siirtämään tiilikärryjen avulla. Kennoharkot ovat myös todella hauraita, jonka takia niiden turhaa siirtelyä pitäisi välttää. Harkot hajoavat helposti niitä siirrellessä. Haastateltava myös korostaa harkkojen materiaalitoimituksien suunnittelua ja tarkkaa kurottajan kellottamista, jotta vältytään viivästyksiltä ja saadaan tehtyä muuraus keskeytyksettä. Myös telinetyöt ovat todella tärkeitä muuratessa. (Askola 2019.)

Todella tärkeäksi Porotherm-harkkojen muurauksessa nousi harkkojen kastelu ennen laastin levittämistä. Poltettu harkko imee todella paljon vettä. Vaikka harkkoja kasteli huolella, tahtoi siitä huolimatta laastissa oleva vesi imeytyä harkkoihin ja silloin tartunta meinasi jäädä huonoksi. Koska ohutsaumalaastikerros on vain yhden millimetrin paksuinen, imevät harkot varsin nopeasti laastista kaiken veden, jos niitä ei riittävästi esikastella. Myös laastin tekeminen oli haastavaa ja siinä oikea vesimäärä ja notkeus olivat todella tärkeitä, jotta tarttuvuus olisi hyvä. Laastia on levitettävä maltilla enintään noin yhden tai kahden kiven matkalle. Muuten laasti meinaa helposti kuivua ja nahoittua ja tällöin laastin tarttuvuus taas huononi. Myös työpäivän loppuksi on tärkeää muistaa suojata harkkomuurin yläpinnat sateelta, jottei vettä pääse valumaan harkkojen ilmakehien sisään. Ylimääräisen turhan veden pääsy kennoihin on hyvä estää, vaikka harkot kuivuvatkin nopeasti. (Askola 2019; Karilainen 2019.)

Ennen muurauksen aloittamista, on hyvä tutustua hyvissä ajoin huolellisesti Wienerbergerin työohjeeseen kennoharkkojen muurauksesta. Työohjeisiin pitää tutustua huolella, varsinkin, jos se on uusi materiaali. (Askola 2019; Karilainen 2019.)

## **7 Tiilien ja harkkojen vertailu**

Erilaisten harkkojen ja tiilien vertailulla huomataan paremmin Porotherm-harkkojen ominaisuuksia, koska perinteisillä harkkoilla ja tiileillä muuraaminen on paljon tunnetumpaa kuin Porotherm-harkkoilla.

## **7.1 Tiilimuuraus**

Tiilimuuraus koostuu kalkkiahiekka-, savi-, klinkkeri- ja tulitiilen muurauksesta. Tiilimuuraukseen sisältyy tartuntojen ja sidelankojen asennus, mittaus, muuraus, jälkimuuraus ja saumaus. Lisäksi siihen kuuluu avustavia töitä kuten liikunta-saumat, aukkojen kehykset, telineet, tiili- ja laastipalvelut sekä siivous. (Ratu 2017, 142.)

## **7.2 Harkkomuuraus**

Harkkomuuraukseen sisältyy betoni-, kevytsorabetoni-, ja kevytbetoni muuraus. Työhön sisältyy myös liimaus, ladonta, mittaukset, materiaalipalvelut ja telinetyöt. (Ratu 2017, 146.)

## **7.3 Vertailu**

Muurausta pystytään tekemään tiilillä ja harkkoilla. Porotherm-harkkojen muuraus on aika samanlaista kuin muidenkin tiilien ja harkkojen. Joitakin pieniä eroja harkkojen välillä löytyy. Logistiikka ja varastointi ovat kaikilla näistä melko samanlaista. Isoimmat logistiikan erot löytyvät harkkojen ja tiilien painosta ja koosta. Porotherm-harkot ovat painavampia ja isompia kuin tiilet, mutta esimerkiksi ne ovat betoniharkkoja kevyempiä. (RunkoRyl 2010, 174–175.)

Yhdet isoimmat erot ovat harkkojen ja tiilien saumoissa. Porotherm-harkot muurataan käyttäen ohutsaumalaastia, jolla päästään noin 1 millimetrin saumapaksuuteen. Näillä harkkoilla ohutsaumalaastia tarvitsee levittää pelkästään vain vaakasaumoihin. (Wienerberger 2019a.) Tiilillä pysty- ja vaakasaumojen nimellispaksuus on noin 12–15 millimetriä ja harkkoilla on yleensä noin 10 millimetriä ja ohutsaumalaastia käytettäessä 2 millimetriä. Betoniharkot voivat olla ladottavia, jolloin saumoihin ei tule laastia, vaan harkkojen ontelot valetaan lopuksi betonilla täyteen (Ratu 42-0290, 7). Porotherm-harkkoilla laastia levitetään vain vaakasaumoihin, kun tiilimuurauksessa sitä tulee myös pystysaumoihin. Pelkästään vain vaakasaumoihin tulevan laastin ja ohutsaumojen ansioista kennoharkkojen muurauksessa laastia kuluu vähemmän kuin muilla harkkoilla muuratessa. (Ratu 2010, 142–147.)

Kennoharkoissa muuratessa ei juurikaan tarvitse erillistä raudoitusta eikä tarvitse tehdä betonivaluja, mikä säästää aikaa, materiaaleja sekä kustannuksia. Kennoharkkoja käytettäessä tarvitsee raudoittaa vain aukkopalkit ja muuraussiteitäkin tarvitaan vain välipohjan kohdalla maskiharkkoja käyttäessä. Kennoharkkoseinissä ei myöskään tarvitse käyttää seinissä erillistä lämmöneristystä eikä muuraussiteitä, sillä näitä tarvitaan vain väli- ja yläpohjissa sekä aukonylitysten kohdalla. (Wienerberger 2019a,b.) Muuraussiteitä tarvitaan rako- ja kuorimuurauksessa vähintään kaksi kappaletta neliölle. Kun halutaan ulko- ja sisäkuoren toimivan yhdessä, tulee muuraussiteitä 4 kappaletta neliölle. (Runko RYL 2010, 162-165,) Harkkojen muurauksessa käytetään muuraussiteitä aukkojen pielissä, väli- ja alapohjien kohdilla, väliseinien ja ulkosienien liittymissä sekä silloin, kun halutaan sitoa harkkomuurit toisiinsa. (RT-82-10588 1995, 2.)

Toinen iso ero on, että Porotherm-harkkoseinään ei tarvitse tehdä liikuntasauvoja, koska kennoharkko ei kutistu eikä siinä tapahdu lämpöliikkeitä. Tavalliseen harkko- ja tiilimuuraukseen pitää taas tehdä liikuntasauvoja. Tiilien kuorimuuraukseen pystysuuntaisia liikuntasauvoja tulee noin 5–24 metrin välein. Liikuntasauvojen väli voi olla myös tiheämpi rakenteellisten seikkojen vuoksi. Liikuntasauvoilla ehkäistään muodonmuutoksia ja siitä aiheutuvia jännityksiä. (RT 82-10510 1993, 7.) Harkkomuurauksessa pystysuuntaisia liikuntasauvoja tulee tehdä enintään noin 15–24 metrin välein harkkojen kutistumisen ja lämpöliikkeiden takia (RT-82-10588 1995, 6).

Aukkojen ylityksissäkin on pieniä eroja. Kennoharkoilla aukkojen ylityspalkit muodostetaan U-harkoilla, jotka pitää raudoittaa ja valaa. Porotherm-harkkojen kanssa voidaan käyttää tarvittaessa myös betonisia elementtipalkkeja. Perinteisillä harkoilla aukkojen ylitykset voidaan tehdä käyttämällä palkkiharkkoja, esivalmisteisia elementtejä, muototeräspalkkeja ja teräsbetonipalkkeja. (RT-82-10588 1995, 5.) Tiilimuurauksessa aukkojen ylityksissä voidaan käyttää myös esimerkiksi betonielementtipalkkeja, tiilipalkkeja ja terästiilipalkkeja (RT 82-10510 1993, 6).

Taulukossa 2 vertaillaan betoniharkkojen muurausta sekä täystiilirakennetta Porotherm-kennoharkkojen muuraukseen. Taulukossa kerrotaan varsinaisen muuraustyön ja materiaalien suurimmat ja oleellisimmat erot eri harkkojen ja tiilien

välillä. Taulukossa on käytetty esimerkkinä NRT 270x130x75 mm tiiltä ja betoniharkkoina Lakan EMH-400PRO grafit eristeharkkoa.

	Porotherm-harkkomuuraus	Tiilimuuraus	Harkkomuuraus
U-arvo	0,16 W/m <sup>2</sup> K	0,25 W/m <sup>2</sup> K	0,17 W/m <sup>2</sup> K
Lavan koko	40 kpl	77 kpl	36 kpl
Harkon paino	15,3 kg	3,6 kg	26 kg
Raudoitus	Vain U-harkkopalkkien sisälle.	Tarvittaessa vaakasaumaan ja tiilipalkkirauhoitus.	Tarvittaessa vaakaraudoitus.
Muuraussiteet	Tarvittaessa välipohjien kohdalla maskiharkkojen kanssa.	Vähintään neljä kappaletta neliölle.	Tarvittaessa aukkojen pielissä, väli- ja alapohjien kohdilla, väliseinien ja ulkosienien liittymissä.
Saumapaksuus	1 mm.	12–15 mm.	Noin 10 mm tai ohutsaumalaastilla 2 mm.
Liikuntasaumamat	Ei tarvita.	Noin 5–24 metrin välein.	Noin 10–15 metrin välein.
Eriste	Erillinen eristevain väli- ja yläpohjissa.	Vaaditaan erillinen eristys ulkoseinässä.	Vaaditaan erillinen eristys tai eristeharkko.

Taulukko 2. Harkkojen ja tiilien eroavaisuudet (RT 82-10510 1993; RT 82-10588 1995; Tiileri 2005; Wienerberger 2019; Lakka 2019)



## 8 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä Porotherm-harkkojen muuraamiseen ja selvittää, miten pääurakoitsijan näkökulmasta muuraus saataisiin sujuvaan laadukkaasti ja nopeasti alusta loppuun. Opinnäytetyön tarkoitus oli, että tätä voisi käyttää työmaan ohjeena kennoharkkojen muurauksessa. Työssä myös tutustuttiin Porotherm-harkkojen ominaisuuksiin ja muuraustapoihin sekä vertailtiin niitä muihin tiileihin ja perinteisempiin harkkoihin. Opinnäytetyön toimeksiantajalle selvitettiin kustannuksia ja tehtiin muurauksesta laatukortti. Tietoa saatiin valmistajan työohjeista, aiheeseen liittyvästä kirjallisuudesta sekä työmaalla opituista asioista. Työtä varten haastateltiin myös kennoharkkojen parissa työskennelleitä henkilöitä, kuten muurareita, vastaavaa rakennesuunnittelijaa ja valmistajan teknistä johtajaa. Työssä vertailtiin myös perinteistä harkko- ja tillimuurausta Porotherm-harkkomuuraukseen. Vertailun avulla nähdään suurimmat ja oleellisimmat erot eri harkko- ja tillimuurauksien välillä.

Haastattelujen, havaittujen asioiden ja työohjeen mukaan yksi tärkeimmistä asioista, kun halutaan hyvä lopputulos, on Porotherm-harkkomuurauksessa huolellinen ja tarkka muurauksen aloitus. Ensimmäinen harkkokerros täytyy asentaa suoraksi ja tasaiseksi, jotta muuraus saadaan etenemään mahdollisimman nopeasti ja laadukkaasti. Suoruuteen vaikuttaa vahvasti sokkelin tasaisuus ja ensimmäisten harkkojen tarkka asentaminen. Logistiikalla ja varastoinnilla on myös suuri merkitys. Oikeanlaisten telineiden hankkiminen ja niiden pystyttäminen riittävän ajoissa sekä kurottajan ja harkkojen tilaaminen oikeaan aikaan vaikuttavat todella paljon muurauksen nopeaan etenemiseen. Myös olosuhteet pitää ottaa aina huomioon. Varsinkin kesällä harkkojen kastelu on todella tärkeää. Myös keskeneräisen harkkoseinän suojaaminen sateelta on tärkeä muistaa.

Logistiikka ja varastointi on aika samankaltaista eri harkkoilla ja tiileillä. Suurimmat erot ovat muuraukseen tarvittavissa materiaaleissa, kuten raudoituksessa, muuraussiteissä ja eristeissä. Myös saumojen tekemisessä on eroja kennoharkkojen ja muiden tiilien ja harkkojen välillä. Porotherm-harkkojen etuna voidaan pitää muiden materiaalien pientä menekkiä, kun ei tarvitse tehdä isoja valuja eikä harkkoseinä tarvitse juurikaan erillistä raudoitusta tai eristystä. Lisäksi laastia kuluu vähemmän, koska harkkoja muurataan ohutsaumamenetelmällä.

Opinnäytetyö onnistui hyvin ja sitä pystytään käyttämään muurausohjeena työmailla. Myös opinnäytetyön toimeksiantajalle saatiin selvitettyä muurauksen kustannuksia sekä laadittiin laatukortti. Työ on tarpeellinen, koska Porotherm-harkot ovat Suomessa vielä vähän tuntemattomia eikä niistä ole rakennettu montaa isoa julkista kohdetta. Kennoharkkojen käytön lisääntyessä Suomessa voidaan työtä käyttää hyvin apuvälineenä työmailla.

Opinnäytetyössä opittiin yleisiä asioita muurauksesta sekä Porotherm-kennoharkkojen ominaisuuksista ja vaatimuksista. Työssä saatiin selville tärkeimmät huomioon otettavat asiat, kun muurataan kennoharkkoilla. Jatkotutkimuksissa voitaisiin selvittää tarkemmin Porotherm-harkkojen rakennusfysikaalisia ominaisuuksia ja etuja muihin harkkoihin ja tiiliin verrattuna. Tutkimuksessa voitaisiin myös laajemmin tutkia kennoharkon etuja.

## Lähteet

- Askola, S. 2019. Työnjohtaja. Nurmijärven Muurarit Oy. Haastattelu 5.11.2019.
- Fira Oy. 2019.<https://www.fira.fi/meista/>. Luettu 31.11.2019
- Karilainen, J. 2019. Rakennustekninen johtaja. Wienerberger Oy. Haastattelu 19.11.2019
- Kainulainen, M. 2019. Rungon liitosdetaljit RL-9...RL-18. <https://www.sokopro.fi/Download/29464462/RAK3052%20Rungon%20liitosdetaljit%20RL9-RL18%20mitta.pdf>. Luettu 18.12.2019
- Konepörssi. 2020. <https://koneporssi.com/tyokoneet-2/manitouilta-maailman-suurin-kurottaja/>. Luettu 17.2.2020
- Koski, H. 2010. Rakentamisen tuotantotekniikka. Talonrakennusteollisuus ry.
- Lakka 2019. Materiaalikortti EMH-400PRO GRAFIT
- Leiwo, P. 2019. Asemapiirustus. <https://www.sokopro.fi/Download/32292546/AR-002-001%20ASEMAPIIRUSTUS.pdf>. Luettu 17.12.2019
- Lindberg, J. 2019. Rappausdetaljit. 2019. <https://www.sokopro.fi/Download/30866712/RAK%203900%20Rappausdetaljit.pdf>. Luettu 6.11.2019
- Oja, T. 2018. Rakenteiden suunnittelun ja toteutuksen perusteet. <https://www.sokopro.fi/Download/28375160/RAKENTEIDEN%20SUUNNITTE-LUN%20JA%20TOTEUTUKSEN%20PERUSTEET.pdf>. Luettu 18.11.2019
- Oja, T. 2019a. Räystäisdetaljit VK1 ja VK2.
- Oja, T. 2019b. Vastaava rakennesuunnittelija. Plan B Korjausrakennepalvelut Oy. Haastattelu 12.11.2019
- Pekkaniska. 2019. <http://www.pekkaniska.com/tuotteet/ajoneuvonosturit/liebherr-ltm-1200-5.1/> (Luettu 2.11.2019)
- Rakennustöiden laatu 2017. Talonrakennusteollisuus Ry.
- Ratu 42-0290. 2005.Harkkomuuraus.
- RT-33-10386. 1990. Rappaus, laastit ja niiden valinta.
- RT 82-10510. 1993. Tiilirakenteet.
- RT 82-10588. 1995. Harkkorakenteiden suunnittelu.
- RunkoRYL 2010. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Talonrakennuksen runkotyöt. RT 14-11016. Rakennustietosäätiö RTS. Rakennustieto Oy.
- Tiileri. 2005. Tiilerin tekninen opas 1

Wienerberger. 2019a. Porotherm kennoharkkotalon runkomuuraustyöohje

Wienerberger. 2019b. Täystiilitalo kennoharkkoista

Wienerberger. 2020 [https://www.wienerberger.fi/content/dam/wienerberger/finland/marketing/documents-magazines/technical/technical-product-info-sheet/Poroton\\_detaljit\\_2019\\_kooste.pdf](https://www.wienerberger.fi/content/dam/wienerberger/finland/marketing/documents-magazines/technical/technical-product-info-sheet/Poroton_detaljit_2019_kooste.pdf). Luettu 14.2.2019

Liite 1 Perustusten rakennedetailji

LIITE 1

