

**RUNKOTYÖMENETELMIEN KEHITTÄMINEN
PASSIIVIKIVITALOJEN KIVISYDÄN U010 ja U016
LÄMPÖHARKKOLLE**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö
Hämeenlinnan korkeakoulukeskus, rakennus- ja yhdyskuntatekniikka,
rakennusmestari (AMK)

2021

Touru Pasi

Tekijä	Pasi Touru	Vuosi 2021
Työn nimi	Runkotyömenetelmien kehittäminen Passiivikivitalojen Kivisydän U010 ja U016 lämpöharkolle	
Ohjaajat	Riku Hyttinen (HAMK), Jussi Pajulahti (Passiivikivitalot Nordic Oy)	

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön aiheena oli kehittää ja standardisoida toimeksiantajan Passiivikivitalojen Kivisydän U010 ja U016 -lämpöharkon runkotyömenetelmiä asennus- ja valutyövaiheessa, sekä kehittää pientalotyömaiden työturvallisuutta.

Työmenetelmiä kehitettiin tutkimalla niitä rakentamismenetelmiä, jotka tulee ottaa huomioon runkutyövaiheessa rakennettaessa Kivisydän -lämpöharkoilla, hyödyntämällä mm. lähdemateriaaleja, omakohtaista pystytyskokemusta ja kehityskyselyitä. Kyselyiden tulokset käytiin yksityiskohtaisesti läpi, ja joiltakin osin kysymyksiä tarkennettiin mm. työmaavierailuiden ja haastatteluiden avulla. Tarkoituksena oli etsiä työmaatuotannosta niitä työn kriittisiä vaiheita, joissa mahdolliset ongelmat aiheuttavat eniten aikatauluviivästyksiä ja haasteita lisäen kustannuksia, sekä tuoda esille ne edut ja hyödyt, jotka Kivisydän -lämpöharkolla rakentaminen tuo tullessaan niin pientalo- kuin gryndikohteissa.

Tämän toiminnallisen opinnäytetyön tuloksia voidaan hyödyntää Passiivikivitalojen myyntityössä, tulevissa hankkeissa sekä asennuskoulutuksissa ja asennusoppaan luomisessa.

Avainsanat Harkot, betonointi, työturvallisuus, passiivitalot

Sivut 47 sivua ja liitteitä 8 sivua

Author	Pasi Touru	Year 2021
Subject	Development of Framework Working Methods for Rockheart U010 and U016 Thermalblock of Passiivikivitalot	
Supervisors	Riku Hyttinen (HAMK), Jussi Pajulahti (Passiivikivitalot Nordic Oy)	

ABSTRACT

The topic of the thesis was to develop and standardize the commissioner's Passiivikivitalot Rockheart U010 and U016 thermalblock working methods during the installation and casting work phase, and to develop the occupational safety of detached house construction sites.

The working methods were developed by studying the construction methods that must be considered in the framework phase when building with Rockheart thermalblock, utilizing e.g., source materials, personal building experience and development surveys. Site visits were also conducted to find the critical stages of work in site production where potential problems cause the most schedule delays and challenges, increasing costs, and to highlight the advantages and benefits of building with Rockheart thermalblock in both detached house site and also bigger building sites.

The results of the thesis can be utilized in the sales work of Passiivikivitalot, future projects, as well as installation training and the creation of an installation guide.

Keywords Blocks, concreting, occupational safety, passive structure

Pages 47 pages and appendices 8 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Kivisydän U010 ja U016 lämpöharkot	2
	2.1 Tekniset ominaisuudet.....	5
3	Lämpöharkoilla rakentaminen	10
	3.1 Perustukset ja anturan muotitus	10
	3.2 Harkkojen ladonta.....	12
	3.3 Harkkojen liimaus.....	16
	3.4 Telinetyöt	18
	3.5 Ohjurit	19
	3.6 Raudoitteet	20
	3.7 Kiinnitykset.....	22
	3.7.1 Julkisivun ulkopuoliset kiinnitykset.....	23
	3.7.2 Sisäpuoliset kiinnitykset.....	25
	3.8 Seinän läpiviennit.....	27
	3.9 Harkon työstö ja käsittely	28
	3.10 Harkon leikkaus.....	28
	3.10.1 Harkon uritus.....	31
	3.11 Talvityö.....	32
4	Betonointi.....	33
	4.1 Töiden aloitus.....	33
	4.2 Valutyö	34
	4.3 Betonin notkeus	36
	4.4 Valun aikainen tuenta	37
	4.5 Valujen oikaisu	38
5	Työturvallisuus.....	39
	5.1 Työtapaturmat rakentamisessa yleisesti	40
	5.2 Osapuolten vastuut työturvallisuuden varmistamiseksi	41
	5.3 Telineturvallisuus ja putoamissuojat	42
	5.4 Henkilösuojaimet	42
	5.5 Tikkaat ja työpukit.....	43
	5.6 Työmaan siisteys	44
	5.7 Kehitysehdotukset työturvallisuuden lisäämiseksi.....	44
6	Yhteenvedo	45

Lähteet.....	47
--------------	----

Kuvat, taulukot ja kaavat

Kuva 1 Kivisydän U010 lämpöharkkoja pontteihin asennettuna.	3
Kuva 2. Polystyreenigranuloita, joista lämpöharkot valmistetaan (BASF, neopor.de, 2021).	4
Kuva 3. Suurenoksesta voi havaita paisutetun granulan (BASF, neopor.de, 2021).	4
Kuva 4. Yksinkertaistettu läpileikkaus valmiista Kivisydän U010 seinärakenteesta (Passiivikivitalot, 2021).	5
Kuva 5. Kivisydän U010 seinärakenteen leikkauskuva.	6
Kuva 6. Kivisydän U016 seinärakenteen leikkauskuva.	8
Kuva 7. Antura puumuotti, joka on siisti mutta melko suuritöinen.	10
Kuva 8. Lämpöharkoista tehdyt anturamuotit, jotka on betonoinnin ajaksi suojattu muovikalvolla (Passiivikivitalot, 2021).	11
Kuva 9. Formex-anturaperustusjärjestelmä (Formex, 2021).	12
Kuva 10. Valettu antura valmiina harkkoladontaan, johon tartuntateräksiset ja kapillaarikatko asennettuna.	13
Kuva 11. Alin lämpöharkkovarvi asianmukaisesti uretaanivaahdolla tiivistettynä.	14
Kuva 12. Lämpöharkot asettuva helposti käsin pontteihinsa (Passiivikivitalot, 2021). ..	15
Kuva 13. Kantava väliseinäliitos ulkoseinän sisään limitettynä.	16
Kuva 14. Kiviliiman levitys ponttiin (Passiivikivitalot, 2021).	17
Kuva 15. Illbruck kiviliima.	17
Kuva 16. Puurakenteiset kevyet työtelineet, joissa työskentelytaso alle kaksi metriä (Passiivikivitalot, 2021).	19
Kuva 17. Vinosidottu nurkkaohjuri (Passiivikivitalot, 2021).	20
Kuva 18. Anturasta nousevat tartuntateräksiset jakautuvat kannasten väliin 120 mm jaolla (Passiivikivitalot, 2021).	21
Kuva 19. Välipohjan valuun ulottuva palkkiraudotus jossa harkkoja työstetty.	22
Kuva 20. Valmiita palkkiraudotteita.	22
Kuva 21. STO:n kiinnitystulppa ja tulppaporanterä sekä talotikkaan kiinnitys (Passiivikivitalot, 2020).	23
Kuva 22. Kierrettävä eristekiinnike (Pintos, 2021).	24

Kuva 23. Erikokoisia kierrettäviä eristetulppia (Sormat, 2021).....	24
Kuva 24. Sokkelin patolevyn kiinnitykseen erinomaisesti soveltuva lyötävä eristekiinnike (Okaria, 2021).	25
Kuva 25. Lämpöharkkoon upotettu lauta tartunnan paratamiseksi (Passiivikivitalot, 2020).	26
Kuva 26. Lämpöharkkoon liimattu kaksi peltikaistaa yläkaappien kalustekiinnityksiä varten.	26
Kuva 27 Kevyeseen kiinnitykseen hyvin soveltuva kipsilevyankkuri (Sormat, 2021).	27
Kuva 28. Kannaksien 120 mm mittajako merkattuna ympyröin harkon ulkopintaan.	28
Kuva 29. Harkontyöstöön käytetty ketju- ja puukkosaha (Passiivikivitalot, 2020).	29
Kuva 30. Harkon leikkaukseen käytetty 3-vaihehammastettu sahaustyökalu.	29
Kuva 31. Parhaan leikkausjäljen tarjoaa käyttötarkoitukseen sopiva ja terävä sahaustyökalu.	30
Kuva 32. Talotekniikka asentuu helposti kuumalankaleikkurilla tehtyyn uraan (styroxleikkurit.fi, 2021).	31
Kuva 33. Seinä uritettuna ja valmiina tekniikan asennukseen (Passiivikivitalot.fi, 2021).	32
Kuva 34. Betonimassan suositeltu pudotuskorkeus on enimmillään 1,0–1,5 m (Passiivikivitalot, 2020).	34
Kuva 35. Ikkunan apukarmiin tehty reikä josta voidaan varmistaa betonin kulkeutuminen koko matkalle (Passiivikivitalot, 2020).	35
Kuva 36. Järeä aukon palkkirauditus, jossa kannaksia jouduttu työstämään ja valutuennat asennettu ennen valua (Passiivikivitalot.fi, 2021).....	38
Kuva 37. Valun oikaisu pitkällä seinälinjalla.	39
Kuva 38. Perus suojavälinevarustus.	43
Kuva 39. Kevyt ja käytännöllinen työpukki ja A-tikas (Wibeladders, 2021).....	44
Taulukko 1. U010 -lämpöharkkoseinän materiaalien perustiedot laskentaan.	7
Taulukko 2. U016 -lämpöharkkoseinän materiaalien perustiedot laskentaan.	8
Taulukko 3 jossa esitetty telineluokat ja niille suositeltavat maksimihyötykuormat (Työtelineet, 2000, s.2).....	18
Taulukko 4. Talvityön suoritemääräkerroin (Ratu 0403, s.5).....	32
Taulukko 5. Kuvaaja S3 notkeuden betonille (Passiivikivitalot, 2021).	37

Kaava 1. Lämmönläpäisykertoimen kaava.

Kaava 2. Kokonaislämmönvastuksen laskenta U010 -lämpöharkolle.

Kaava 3. Kokonaislämmönvastuksen laskenta U016 -lämpöharkolle.

Liitteet

Liite 1 Asennustyön kehityskysely

Liite 2 Kivisydän U010 -lämpöharkko mitat

Liite 3 Työturvallisuuden tarkistuslista

1 Johdanto

Rakentaminen valumuottiharkko menetelmillä on vahvassa kasvussa. Kiinnostus energiatehokasta ja nykyaikaista rakennusmenetelmää kohtaan lisääntyy ja sitä kautta työn tilaajan Passiivikivitaloilla on tarve kehittää ja yhtenäistää työmenetelmiä sekä kerätä hyväksi havaittuja työmenetelmiä sekä löytää kehitettäviä osakohtia runkotyön osalta. Lisäksi työmailla ja pystytyskoulutuksissa havaittiin työturvallisuuden kehittäminen yhdeksi hyvin tärkeäksi osa-alueeksi, jossa Passiivikivitalot haluaa olla esimerkillinen.

Opinnäytetyön tilaajana toimii Passiivikivitalot Nordic Oy, joka on kotimainen kivitalotoimittaja ja jonka päämateriaalina toimii grafiittipohjainen EPS (expanded polystyrene) materiaalista valmistettu Kivisydän U010 sekä mitoiltaan kapeampi Kivisydän U016 lämpöharkko. Passiivikivitalojen tarjonnassa on rakentajalle toimitusvaihtoehtoina kaiken tasoisia ratkaisuja materiaalipaketista aina muuttovalmiiseen kivitaloon.

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää ja standardisoida toimeksiantajan Passiivikivitalojen Kivisydän U010 ja U016 lämpöharkon runkotyömenetelmiä asennus- ja valutyövaiheessa, sekä kehittää pientalotyömaiden työturvallisuutta.

Talon rakentaminen on monivaiheinen prosessi, ja sen kokonaisvaltainen läpikäyminen on valtava työ. Tästä syystä valitsin opinnäytetyöhöni ne kriittisimmät ja työn laadun kannalta oleelliset työvaiheet, jotka ovat Passiivikivitalojen valumuottiharkon asennus ja valutyössä merkityksellisiä. Rakennuksen vaipan laatu antaa lähtökohdat teknisesti oikeanlaiselle ja turvalliselle energiatehokkaalle kodille.

Työmenetelmiä kehitetään tutkimalla niitä rakentamismenetelmiä, jotka tulee ottaa huomioon runkotyövaiheessa rakennettaessa Kivisydän lämpöharkolla, hyödyntämällä mm. Passiivikivitalojen pitämiä pystytyskoulutuksia, lähdemateriaaleja, työmaa käyntejä, omakohtaista pystytys kokemusta ja asennustyön kehityskyselyitä.

Passiivikivitalot pitää tarvittaessa asiakkailleen ja urakoitsijoille pystytyskoulutuksia, jossa käydään läpi yksityiskohtaisesti lämpöharkkoon liittyviä työvaiheita ja menetelmiä. Näissä koulutuksissa olin useaan kertaan kuuntelemassa ja tekemässä havaintoja. Lisäksi minulla on

omakohtaista kokemusta omakotitalon rakentamisesta juuri Passiivikivitalojen lämpöharkoilla, josta olen saanut hyvän pohjan kehitystyölle.

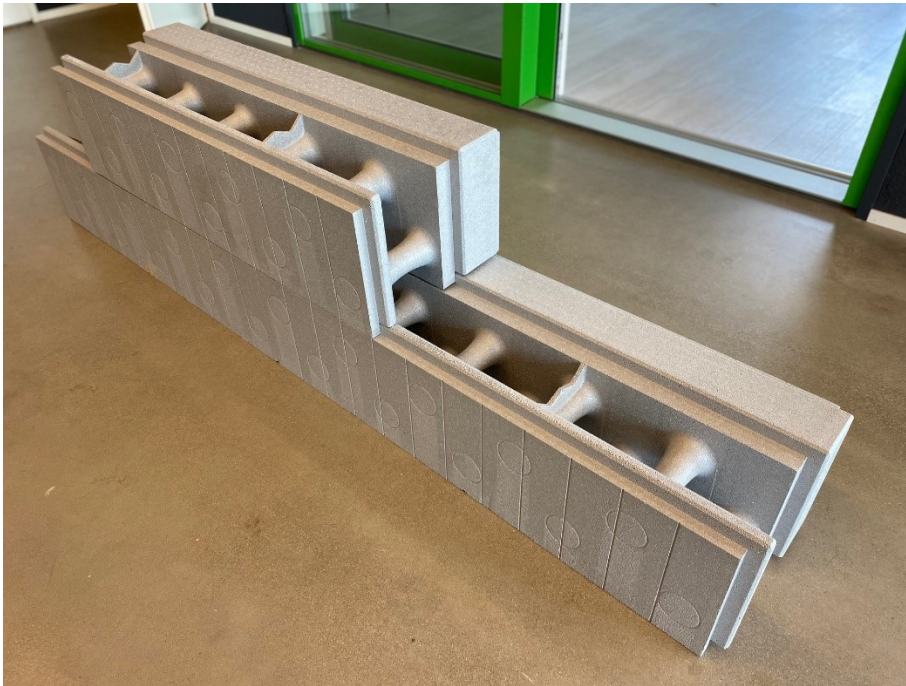
Asennustyön kehityskyselyt lähetettiin kahdellekymmenelle Passiivikivitalojen runkotyöurakoitsijalle sekä omatoimirakentajalle (liite 1). Kyselyn teema rajoittui selkeästi runko-, valu- ja telinetyöhön, harkkoon liittyviin kiinnityksiin sekä työturvallisuuteen. Asennustyön kehityskyselyn vastauksia opinnäytetyössä käytettiin seitsemältä eri runkopystytysryhmältä, joista valtaosalla oli jo pitkä kokemus Passiivikivitalojen harkkomateriaalien parissa.

Työn konkreettisena tarkoituksena on tehdä kirjallinen materiaali, jota voidaan hyödyntää Passiivikivitalojen myyntityössä, tulevissa hankkeissa sekä asennuskoulutuksissa ja asennusoppaan luomisessa. Tutkimuksista saaduista kokemuksista ja havainnoista annetaan ohjeistuksia ja suosituksia, ja ne on sisällytetty tämän opinnäytetyön eri työmenetelmiä sisältäviin kappaleisiin.

2 Kivisydän U010 ja U016 lämpöharkot

Passiivikivitalojen tuoteperheen kärkeä edustava Kivisydän U010 -lämpöharkko (kuva 1) mahdollistaa rakentamisen energiatehokkaasti ja kosteusturvallisesti. Passiivikivitalojen valikoimaan kuuluu myös ohuempi Kivisydän U016 lämpöharkko, jolla on tämän päivän vaatimukset täyttävä rakenne, kustannustehokas ja kosteusturvallinen. Lämpöharkkojen tuotekehityksen perustana on käyty läpi maailmanlaajuisesti useita merkittäviä markkinoilla olevia lämpöharkkoja, minkä tuotoksena ovat syntyneet helposti työstettävät ja käytännölliset muottiharkot. Euroopassa ja muualla Skandinaviassa kyseisellä ICF-harkkomenetelmällä (ICF = Insulated Concrete Form) rakennetaan jo pienkivitaloista valtaosa vastaavalla menetelmällä. Nimensä mukaisesti U010 lämpöharkon lämmöneristävyys U-arvo on $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ja siksi hyvän lämmöneristävyytensä ansiosta se mahdollistaa myös Plus -energiarakentamisen (Passiivikivitalot, 2021). Vastaavasti 10 cm ohuemman U016 lämpöharkon lämmöneristävyys U-arvo on $0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Kuva 1 Kivisydän U010 lämpöharkkoja pontteihin asennettuna.

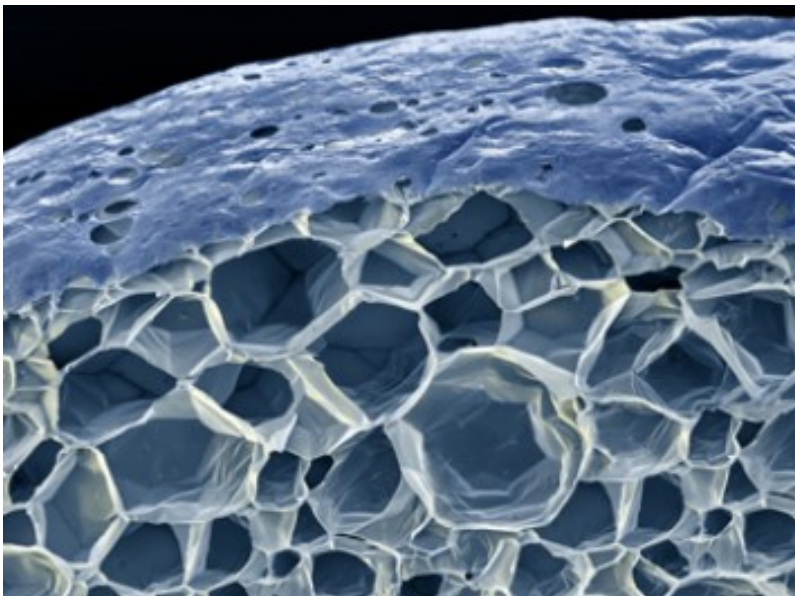


Lämpöharkkojen materiaalina toimii grafiittipohjainen EPS (expanded polystyrene), kuten esimerkiksi Neopor[®], jota valmistaa saksalainen BASF. Eristemateriaali koostuu pienistä paisuuntuvista polystyreenigranuloista (kuva 3), johon on sulautettu grafiittipartikkeleita, ja ne toimivat infrasäteilyn imeyttäjinä tai heijastimina ja estävät siten lämpösäteilyn etenemisen rakenteissa, tämän ansiosta sillä on perinteistä EPS-eristettä noin 20 % parempi lämmöneristekyky (BASF, neopor.de, 2021). Valmistusvaiheessa pienistä polystyreenigranuloista tehtaalla valmistetaan lämpökäsittelyn avulla paisuttamalla valmiita harkkoja (kuva 2), jolloin lopputuotteena sintraatuu tuote (kuva 3), jonka ilman osuus on noin 98 % muottiharkosta (Passiivikivitalot, 2021).

Kuva 2. Polystyreenigranuloita, joista lämpöharkot valmistetaan (BASF, neopor.de, 2021).

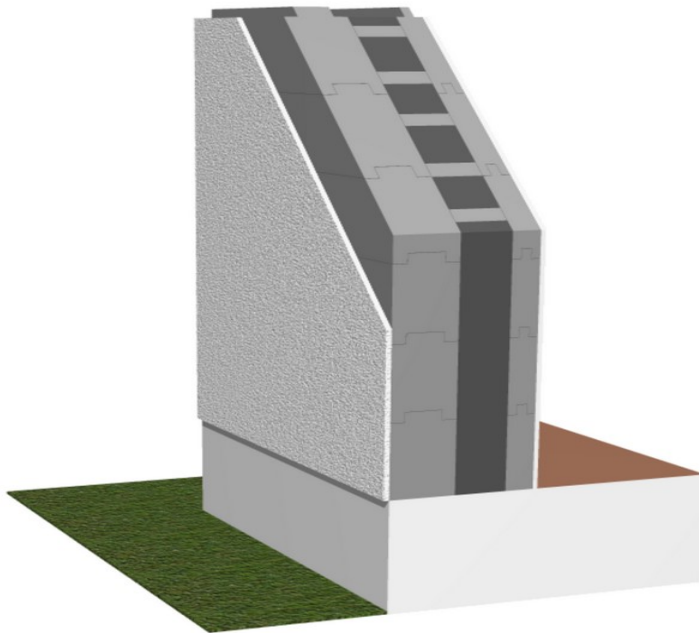


Kuva 3. Suurennoksesta voi havaita paisutetun granulan (BASF, neopor.de, 2021).



Valmiin seinärakenteen ytimenä toimii muottiharkon sisään valettu teräsbetoni, joka jää lämpöharkon eristeiden suojaan (passiivikivitalot.fi, 2021). Valmiissa seinärakenteessa lämpöharkko toimii lämmöneristeenä teräsbetonirungon ulkopuolella. Betonin eläminen tapahtuu rakenteen sisällä, jolloin vältytään mm. näkyviltä kutistushalkeamilta. Valmis seinä on myös kosteusteknisesti erittäin toimiva, koska rakenne ei sisällä höyrynsulkua ja on kosteusteknisesti homogeeninen ja hengittävä (kuva 4). Tästä syystä rakenteen sisään ei myöskään muodostu kastepistettä. Seinä kestää erinomaisesti myös maapaineseinä. Valettu lämpöharkkoseinä voidaan pinnoittaa lopuksi erilaisin pinnoitusmenetelmin.

Kuva 4. Yksinkertaistettu läpileikkaus valmiista Kivisydän U010 seinärakenteesta (Passiivikivitalot, 2021).



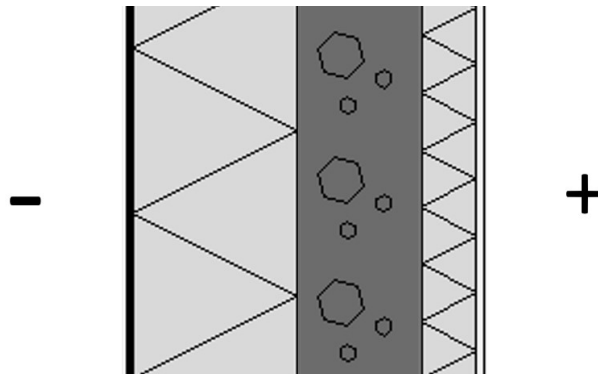
2.1 Tekniset ominaisuudet

Eniten käytössä olevaa U010 lämpöharkkoa valmistetaan viittä erilaista mallia. Suoran seinäharkon lisäksi valmistetaan sisä- ja ulkonurkka harkkoja vasemman- ja oikeanpuoleisena, jotta seinärakenteessa tapahtuu harkkojen limitystä. Suoran seinäharkon päämitat ovat k 300, p 1200 ja s 420 mm. Ulkopuolinen eristepaksuus on 200 mm ja teräsbetonille jäävä valutila on leveydeltään 150 mm sekä sisäpuolen eristepaksuus on 70 mm. Sisä- ja ulkopuolen eristeitä yhdistävät kannakset, joita yhdessä lämpöharkossa on kymmenen. Kannasten halkaisija on 60 mm. Betonimenekkinä valettavalle seinälle voidaan pitää 135 l/m^2 . Rakennesuunnitteluvaiheessa moduulimitoitus ei ole kuvissa välttämätöntä, vaan talosuunnittelu kannattaa tehdä muiden hyödyllisten mittojen mukaan. Harkkojen mitat on esitetty liitteessä 2. Rakenteeltaan samanlaisen mutta ohuemman U016 lämpöharkon mitat ovat k 300, p 1200 ja s 320 mm. Ulkopuolinen eristepaksuus on 100 mm ja teräsbetonille jäävä valutila on leveydeltään 150 mm sekä sisäpuolen eristepaksuus on 70 mm.

Lämpöharkkojen energiatehokkuus perustuu sen valmistuksessa syntyviin umpinaiisiin soluihin (kuva 2), jotka suuren ilmamääränsä ansiosta antavat lämpöharkolle alhaisen lämmönjohtavuus kyvyn.

Lämmönläpäisykerroin ilmoittaa jatkuvuustilassa lämpövirran rakenteen läpi pinta- alayksikköä kohti, kun lämpötilaero rakennusosan erottamien tilojen välillä on yksikön suuruinen (Keränen, n.d., s.775). Lämmönläpäisykerrointa kuvataan U-arvolla, joka Kivisydän U010 -lämpöharkolle (kuva 5) voidaan todentaa seuraavalla standardien (RIL 225-2004, 2005) mukaisella laskutoimituksella:

Kuva 5. Kivisydän U010 seinärakenteen leikkauskuva.



Valmiin seinärakenteen laskennassa lämpöharkon lisäksi, huomioidaan seinän sisäpintaan kiinnitetty kipsilevy, valettu teräsbetoni sekä ulkopinnan rappaus. Kerrokset sisältä ulos päin numeroituna seuraavasti:

1. Kipsilevy 13 mm
2. Eriste 70 mm
3. Teräsbetoni 150 mm (kannakset noin 10 % tilavuudesta)
4. Eriste 200 mm
5. Ulkopinnan rappaus 10 mm

Taulukko 1. U010 -lämpöharkkoseinän materiaalien perustiedot laskentaan.

RAKENTEEN MATERIAALIEN PERUSTIEDOT LASKENTAAN				
Kerros	Paksuus (mm)	Rakennekerros	Lämmönjohtavuus (λ) W/mK	Lämmönvastus
R _{si}		Sisäpuolen pintavastus		0,13 m ² K/W
R _{kipsi}	13	Kipsilevy	0,23	0,057 m ² K/W
R _{eriste}	70	Sisäpuolen eriste	0,03	2,33 m ² K/W
R _{teräsbetoni}	150	Teräsbetoni, joista eriste kannasten osuus noin 10 %	1,7 (eriste 0,03)	0,58 m ² K/W
R _{eriste}	200	Ulkopuolen eriste	0,03	6,67 m ² K/W
R _{rappaus}	10	Julkisivurappaus	1,2	0,008 m ² K/W
R _{se}		Ulkopuolen pintavastus		0,04 m ² K/W

Kaava 1. Lämmönläpäisykerroimen kaava.

$$U = \frac{1}{RT}$$

Kokonaislämmönvastus $RT = R_{si} + R_{kipsi} + R_{eriste} + 0,9 \cdot R_{teräsbetoni} + 0,1 \cdot R_{eriste} + R_{eriste} + R_{rappaus} + R_{se}$

Kaava 2. Kokonaislämmönvastuksen laskenta U010 -lämpöharkolle.

$$RT = 0,13 \frac{m^2 K}{W} + \left(\frac{0,013m}{0,23 \frac{W}{mK}} \right) + \left(\frac{0,07m}{0,03 \frac{W}{mK}} \right) + \left(0,9 * \frac{0,15m}{1,7 \frac{W}{mK}} \right) + \left(0,1 * \frac{0,15m}{0,03 \frac{W}{mK}} \right) + \left(\frac{0,2m}{0,03 \frac{W}{mK}} \right) + \left(\frac{0,010m}{1,2 \frac{W}{mK}} \right) + 0,04 \frac{m^2 K}{W} = 9,814 \frac{m^2 K}{W}$$

$$U = 1/9,814 \frac{m^2 K}{W}$$

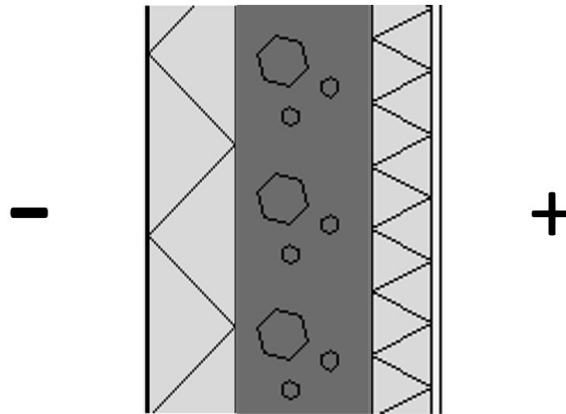
$$U = 0,1019 W/m^2 C$$

$$U \approx 0,10 W/m^2 C$$

Laskentakaavan perusteella esimerkki seinärakenteessa päästään U-arvoon 0,10 W/m²C.

Lämmönläpäisykerroin Kivisydän U016 -lämpöharkolle (kuva 6) voidaan todentaa samalla standardien (RIL 225-2004, 2005) mukaisella laskutoimituksella:

Kuva 6. Kivisydän U016 seinärakenteen leikkauskuva.



Valmiin seinärakenteen laskennassa lämpöharkon lisäksi, huomioidaan seinän sisäpintaan kiinnitetty kipsilevy, valettu teräsbetoni sekä ulkopinnan rappaus. Kerrokset sisältä ulos päin numeroituna seuraavasti:

1. Kipsilevy 13 mm
2. Eriste 70 mm
3. Teräsbetoni 150 mm (kannakset noin 10 % tilavuudesta)
4. Eriste 100 mm
5. Ulkopinnan rappaus 10 mm

Taulukko 2. U016 -lämpöharkkoseinän materiaalien perustiedot laskentaan.

RAKENTEEN MATERIAALIEN PERUSTIEDOT LASKENTAAN				
Kerros	Paksuus (mm)	Rakennekerros	Lämmönjohtavuus (λ) W/mK	Lämmönvastus
R _{Si}		Sisäpuolen pintavastus		0,13 m ² K/W
R _{kipsi}	13	Kipsilevy	0,23	0,057 m ² K/W
R _{eriste}	70	Sisäpuolen eriste	0,03	2,33 m ² K/W
R _{teräsbetoni}	150	Teräsbetoni, joista eriste kannasten osuus noin 10 %	1,7 (eriste 0,03)	0,58 m ² K/W
R _{eriste}	100	Ulkopuolen eriste	0,03	6,67 m ² K/W
R _{rappaus}	10	Julkisivurappaus	1,2	0,008 m ² K/W
R _{se}		Ulkopuolen pintavastus		0,04 m ² K/W

Kaava 1. Lämmönläpäisykertoimen kaava.

$$U = \frac{1}{R_T}$$

Kokonaislämmönvastus $R_T = R_{Si} + R_{kipsi} + R_{eriste} + 0,9 \cdot R_{teräsbetoni} + 0,1 \cdot R_{eriste} + R_{eriste} + R_{rappaus} + R_{se}$

Kaava 3. Kokonaislämmönvastuksen laskenta U016 -lämpöharkolle.

$$RT = 0,13 \frac{m^2K}{W} + \left(\frac{0,013m}{0,23 \frac{W}{mK}} \right) + \left(\frac{0,07m}{0,03 \frac{W}{mK}} \right) + \left(0,9 * \frac{0,15m}{1,7 \frac{W}{mK}} \right) + \left(0,1 * \frac{0,15m}{0,03 \frac{W}{mK}} \right) \\ + \left(\frac{0,1m}{0,03 \frac{W}{mK}} \right) + \left(\frac{0,010m}{1,2 \frac{W}{mK}} \right) + 0,04 \frac{m^2K}{W} = 6,481 \frac{m^2K}{W}$$

$$U = 1/6,481 \frac{m^2K}{W}$$

$$U = 0,154 W/m^2C$$

$$U \approx 0,16 W/m^2C$$

Laskentakaavan perusteella esimerkki seinärakenteessa päästään U-arvoon 0,16 W/m²C.

Palo-ominaisuuksiltaan lämpöharkko on vaikeasti syttyvä ja se on itsestään sammuva eikä se ylläpidä palamista. Tehdyssä palotestauksessa valmis seinärakenne, jossa rakenteen sisäpinnassa yksikerroksinen kipsilevy on kiinnitettyinä, on saavuttanut EI 30 -luokituksen ja sisäpinnan tuplakipsilevyllä voidaan tarvittaessa saavuttaa EI 60 -luokitus.

3 Lämpöharkoilla rakentaminen

3.1 Perustukset ja anturan muotitus

Runkotyötä edeltävät maapohjan päälle rakennettavat perustukset voidaan lähtökohtaisesti tehdä monella tapaa paikalla valaen rakennesuunnitelmien mukaisesti. Käytettäviä vaihtoehtoja ovat käytännössä puumuotit (kuva 7), lämpöharkosta tehdyt muotit (kuva 8), jotka voidaan myöhemmin hyödyntää seinäharkkoina sekä markkinoilla olevat valmismuotit. Tehtyjen tutkimusten johtopäätöksenä voitiin havaita, että suosituimpana vaihtoehtona on esiintynyt Formex-anturaperustusjärjestelmä (kuva 9). Lopulliseen perustusmenetelmään vaikuttavat aina mm. tontin pinnanmuodot, rakennuksen sopeutuminen maastoon, pintavesien hallinta tontilla ja ympäröivien tonttien ja katujen korkeusasema (RT 81-10486, 1992, s.4).

Kuva 7. Antura puumuotti, joka on siisti mutta melko suuritöinen.



Kuva 8. Lämpöharkoista tehdyt anturamuotit, jotka on betonoinnin ajaksi suojattu muovikalvolla (Passiivikivitalot, 2021).



Formex-anturaperustusjärjestelmä toimii erinomaisena menetelmänä sen kustannustehokkuuden ansiosta. Nopeasta asennuksesta koituva ajansäästö on merkittävä työmaan kokonaisaikataulussa ja työmaa on siisti ja turvallinen, eikä sitä ole tarvetta valutyön jälkeen purkaa. Muotit ovat verkkohitsattua teräslankaverkkoa, joka on päällystetty polyeteenikalvolla. Kyseinen perustusjärjestelmä on vakiinnuttanut asemansa Passiivikivitalojen urakoitsijoiden suosituimpana anturamuottina.

Kuva 9. Formex-anturaperustusjärjestelmä (Formex, 2021).



Mikäli anturaa ei ole eristetty maapohjasta, valmiin anturan päälle asennetaan kapillaarikatko rakennesuunnitelmien mukaisesti, jonka päältä päästään nostamaan harkolla sokkelia ja runkoa.

3.2 Harkkojen ladonta

Harkkoladontavaiheeseen päästään siinä vaiheessa, kun runkorakenteen alapuolinen rakenne ja tarvittavat liittyvät rakenteet ovat valmiit, tarkastetut ja hyväksytyt sekä vastaavat suunnitelmia (kuva 10). Varmistutaan siitä, että anturan päällä on rakennesuunnitelmien mukainen vedeneriste, esim. bitumikaista. On myös syytä varmistua, että tarvikkeet, kalusto ja materiaalit ovat työmaalla käytettävissä (Ratu 0480, 2019, s.7).

Kuva 10. Valettu antura valmiina harkkoladontaan, johon tartuntateräket ja kapillaarikatko asennettuna.



Ennen ensimmäistä harkkokerrosta etsitään vaaitsemalla esimerkiksi tasolaserilla anturan yläpinnan ylin korko. Mikäli valetun anturan pinnan tasaisuus vaihtelee enemmän kuin 10 mm, matalat kohdat on syytä tasoittaa (Ratu 0480, 2019, s.16). Jos ensimmäisen harkkokerroksen alle jää tätä suurempia rakoja, saattaa syntynyt rako pettää valu vaiheessa vaikkakin se olisi esim. uretaanilla tiivistetty, koska paksu uretaanitiivistys ei takaa samaa pitävyyttä sisäpinnan eristeelle kuin pontti. Riittävän tasaisen anturan päälle ladotulle harkkovarville riittää kevyt uretaanivahto tiivistys (kuva 11).

Kuva 11. Alin lämpöharkkovervi asianmukaisesti uretaanivaahdolla tiivistettynä.



Seinärungon alku tehdään mahdollisuuksien mukaan nurkkakappaleista, josta edetään suoralle seinälinjoille, jolloin harkkojen kannakset saadaan osumaan pystylinjassa 120 mm jakoon. Tällä varmistutaan, että harkkojen kannakset eivät estä pystyraudoituksen asentamista valutilaan. Jos kannakset eivät osu pystylinjassa kohdilleen, saattaa pystyraudoitteiden asentaminen olla hankalaa, varsinkin maapaineseinien kohdalla, jossa raudoite määrät ovat suuremmat.

Ensimmäistä harkkokerrosta ladottaessa ei vielä ole tarvetta tarkistaa lopullista korkoa. Kun esim. kolme kerrosta on ladottu harkkoja tiiviisti pontteihinsa, voidaan ladottu harkkoseinä asettaa oikeaan korkoonsa kiilojen, linjalangan ja vatupassin avulla. Anturan ja alimman harkon väliin syntynyt rako tiivistetään tarvittaessa uretaani vaahdolla. Tiivistettäessä täytyy kuitenkin huomioida, että vahto ei ulotu harkon sisäiseen valutilaan, jotta se ei heikennä valettavaa rakennetta.

Varsinaisessa harkkoladonnassa harkot asennetaan paikoilleen sen nokka edellä ja asennetaan käsivoimin pontteihinsa (kuva 12). Rikkinäisiä harkkoja ei tule asentaa, mutta mikäli harkkojen väleihin jää asennettaessa pieniä rakoja, voidaan ne tiivistää

uretaanivaahdolla. Yleisestikin harkkoja tulee käsitellä varoen, eikä niitä tule heitellä tai käyttää työtasoina. Pienet kolhut tai kulmien pyöristymät eivät heikennä harkkojen ominaisuuksia. Myös kireässä pakkausmuovissa, jossa harkkopaalit toimitetaan, saattaa reunimmaisissa harkoissa olla pientä kulman pyöristymää.

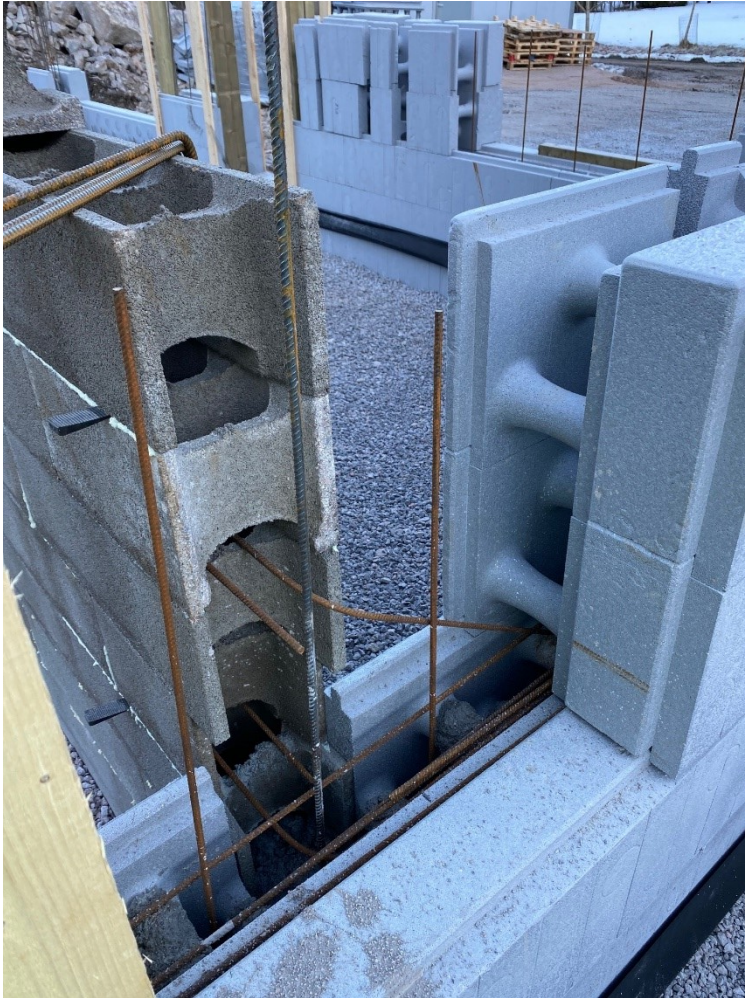
Kuva 12. Lämpöharkot asettuva helposti käsin pontteihinsa (Passiivikivitalot, 2021).



Harkkovarvien edetessä on asennustyössä huomioitava ponttien puhtaus, jotta harkot asettuvat oikein. Asennustyössä syntyvät epäpuhtaudet ja irtopöly voidaan poistaa pienellä käsiharjalla tai esim. akkukäyttöisellä puhaltimella.

Kantavat väliseinäliitokset asennuksessa kannattaa tehdä niin että väliseinäharkko menee ulkoseinäharkon sisään (kuva 13). Tällä menetelmällä vältytään siltä, että sisäseinäharkkoja ei tarvitse pätkiä niin paljon. Valussa on kuitenkin huomioitava, että ensin valetaan ulkoseinä ja sitten väliseinä, tällä menetelmällä saadaan valupaine pysymään tasaisempänä.

Kuva 13. Kantava väliseinäliitos ulkoseinän sisään limitettynä.



Oikein toteutettuna harkkoladonta on helppoa ja kevyttä asennustyötä ja näkyvää seinää syntyy verrattain nopeasti.

3.3 Harkkojen liimaus

Yleisohjeena voidaan pitää, että nurkat, välipohjan tason ulkokuori, ikkuna- ja oviaukkojen ylitykset tulisi aina liimata. Liimattaessa lämpöharkkoja on suositeltavaa levittää liima vähintään harkon uloimpien ponttien sivuosaan tai ”pohjaan” koko harkon matkalta (kuva 14). Tällä varmistutaan siitä, että tarttuvuus on riittävä.

Kuva 14. Kiviliiman levitys ponttiin (Passiivikivitalot, 2021).



Asennustyön kehityskyselyn mukaan työmailla eniten käytettyjä liimoja ovat yleisimmät polyuretaanipohjaiset kiviliimat, jotka tarjoavat riittävän tartunnan ja ovat kosteuden ja pakkasen kestäviä. Kyseiset liimat kuivuvat nopeasti ja niillä saadaan aikaan erittäin luja tartunta. Liimat levitetään liimapistoolin ja pillin avulla. Tuotetta käytettäessä on käytettävä asianmukaisia suojarusteita ja noudatettava työturvallisuuskäytänteitä. Erityisesti suojalasit ovat välttämättömät mahdollisten roiskeiden takia, niin kuin muussakin runkotyössä. Käytettäviä liimoja ovat esimerkiksi Illbruck -kiviliima tai vastaavat tuotteet (kuva 15).

Kuva 15. Illbruck kiviliima.



3.4 Telinetyöt

Kivisydän -lämpöharkkojen keveyden ansiosta asennustyössä kevyet- tai keskiraskaat työtelineet riittävät (taulukko 3), koska itse lämpöharkot eivät aiheuta raskaita kuormia työtelineillä välivarastoinnin aikana. Asennustyötä koskevan kehityskyselyn ja työmaavierailuiden tuloksena havaittiin, että työmailla on vaihteleva määrä erilaisia työtelineitä, niin puu- kuin alumiinirakenteisina (kuva 16). Lisäksi voitiin havaita, että pientalotyömaiden turvallisuuskäytänteet ja yleisten telinesuosittelusten noudattaminen/tiedostaminen on hyvinkin vaihtelevaa.

Taulukko 3 jossa esitetty telineluokat ja niille suositeltavat maksimihyötykuormat (Työtelineet, 2000, s.2).

Esimerkkiteline	Pintakuorma kN/m ²	Pistekuorma kN	Henkilökuor- ma kN	Vastaava HD1000 luokka
KEVYT TELINE Maalaus-, saumaus- ja vastaavat asennus- ja korjaustyöt	0,75 – 1,5 / 75 – 150 kg/m ²	1,0/ 100 kg	1-2
KESKIRASKAS TELINE Rappaus- sekä vastaavat asennus- ja korjaustyöt	2,0 / 200 kg/m ²	1,0 / 100 kg	3
RASKAS TELINE Muuraus- sekä vastaavat erittäin raskaat työt	3,0 / 300 kg/m ²	3,0 / 300 kg per 0,5 x 0,5 m	1,0 100 kg	4

Toimiva työmaa vaatii aina erillisen telinesuunnitelman, joka varmistaa toimivan työympäristön ja takaa riittävän työturvallisuuden telinetyössä ja siksi näiden osalta on suositeltavaa hankkia tai tehdä kerralla kunnolliset telineet, kuin huonot useampaan kertaan tai pahimmassa tapauksessa työtaturman jälkeen. Telineiden tulee aina olla riittävän vakaat ja niillä tulee olla riittävä jäykkyys. Myös telineiden alla oleva alusta tulee olla riittävän tasainen ja se ei saa painua käytön aikana.

Yleisohjeena työtasojen mitoitukselle tulisi niiden leveydeltään olla vähintään 1,2 m, kun telineitä käytetään harkkoasennukseen sekä työssä käytettävien materiaalien välivarastointiin ja 0,6 m kun telinettä käytetään pelkästään työskentelyyn eikä välivarastointiin. Mikäli käytössä ei ole valmiita telineitä, tulee telineet suunnitella ja rakentaa niin, että niillä on riittävä lujuus, jäykkyys ja seisontavakavuus. Telineissä on oltava

asiaankuuluvat ja turvalliset työtasot ja nousutiet sekä asianmukaiset kaiteet (Ratu 0480, 2019, s.9). Rakennusmateriaaleja ei tulisi kuitenkaan tarpeettomasti varastoida telineillä eikä telinetasoille saa jättää rakennusjätteitä (Työtelineet, 2000, s.1). Hyvin toimivilta työtelineiltä voidaan turvallisesti suorittaa niin harkkoladonta-, raudoitus-, betonointi- ja muut asennustyöt.

Kuva 16. Puurakenteiset kevyet työtelineet, joissa työskentelytaso alle kaksi metriä (Passiivikivitalot, 2021).



3.5 Ohjurit

Harkkoladonnan ohjureina käytetään varsin perinteisiä harkkomuurauksen kaltaisia menetelmiä. Nurkkaohjureita käytettäessä on suositeltavaa käyttää esim. kertopuuta sen suoruuden vuoksi. Myös alumiinisia sekä lautaohjureita on käytössä (kuva 17). Kivisydän lämpöharkot ovat erittäin mittatarkkoja ja asettuvat hyvin pontteihinsa. Joillakin työmailla on ollut hyväksi havaittu tapa, että asennustyössä ei käytetä lainkaan nurkkaohjureita, vaan pysty- ja vaakasuoruutta seurataan varvi kerrallaan vatupassilla ja mittaamalla. Liimattu seinärakenteen nurkka ei itsessään liiku ja pysyy myös kohtuullisessa valukorkeudessa hyvin paikoillaan.

Kuva 17. Vinosidottu nurkkaohjuri (Passiivikivitalot, 2021).



Harkkovarvien noustessa, vinosidottu nurkkaohjuri ruuvataan esim. 140 mm ruuvilla sen sisäpinnasta läpi harkon valutilaan, johon asennetaan vastakappale. Vastakappaleena voi käyttää esim. muovista korkolappua. Orgaanista materiaalia olevia vastakappaleita ei suositella käytettäväksi, koska ne jäävät seinärakenteen sisään valutyön jälkeen.

Linjalanka eli muurausjohde kiinnitetään nurkkaohjuriin tai suoraan kulmaharkkoon esim. ruuvilla tai naulalla. Muurausjohteella ohjataan harkkoladonnan pystysuoruutta ja kerroskorkeutta (Ratu 0480, 2019, s.9).

3.6 Raudoitteet

Raudoitukset tehdään aina rakennesuunnitelmien mukaisesti. Uusittu Kivisydän lämpöharkko on kannasten suhteen ladonnassa huolellisuutta vaativa, jotta pystysuuntaiset raudoitteet saadaan vaivatta asennettua (kuva 18). Erityisesti maapaineseinien osalta raudoittemäärät voivat olla suuria, jolloin näille tulee olla riittävästi asennustilaa.

Kuva 18. Anturasta nousevat tartuntateräkset jakautuvat kannasten väliin 120 mm jaolla (Passiivikivitalot, 2021).



Aukkoylitysten palkki- ja mahdollisten pilarirakenteiden kohdalla on kustannustehokasta käyttää valmisraudoitteita (kuva 20). Normaalien aukkoilysten palkkiraidoitukset pystytään rakennesuunnitelmien mukaan tekemään harkon kannaksia muokkaamatta, ja näin työvaihe on nopea suorittaa. Suurissa palkkirakenteissa kannaksia joudutaan poistamaan, jotta raudoitteet saavat riittävän betonisuojan, tällöin aukkoilytyket on syytä muotittaa huolellisesti valutöiden ajaksi (kuva 19).

Kuva 19. Välipohjan valuun ulottuva palkkirauditus jossa harkkoja työstetty.



Kuva 20. Valmiita palkkiraudotteita.



3.7 Kiinnitykset

Kiinnitysmateriaalina grafiittipohjainen EPS on vielä varsinkin uusien asiakkaiden näkökulmasta vielä hiukan ennakkoluuloja herättävä rakennusmateriaali. Oikeanlaisilla menetelmillä ja kiinnikkeillä se kestää kuitenkin erinomaisesti suuriakin kuormia ja lopulta erottuu edukseen sen kiinnitettävyyden helppouden johdosta esimerkiksi perinteiseen betoniharkkoon verrattuna. Yhtenä asennustyö kehityskyselyn teemana oli harkkoon kohdistuvat kiinnitykset. Tarkoituksena oli kerätä työmailta hyviä ja toimivia käytänteitä,

sekä todeta että toimivatko hyviksi havaitut menetelmät luotettavasti pitkälläkin ajan jaksolla.

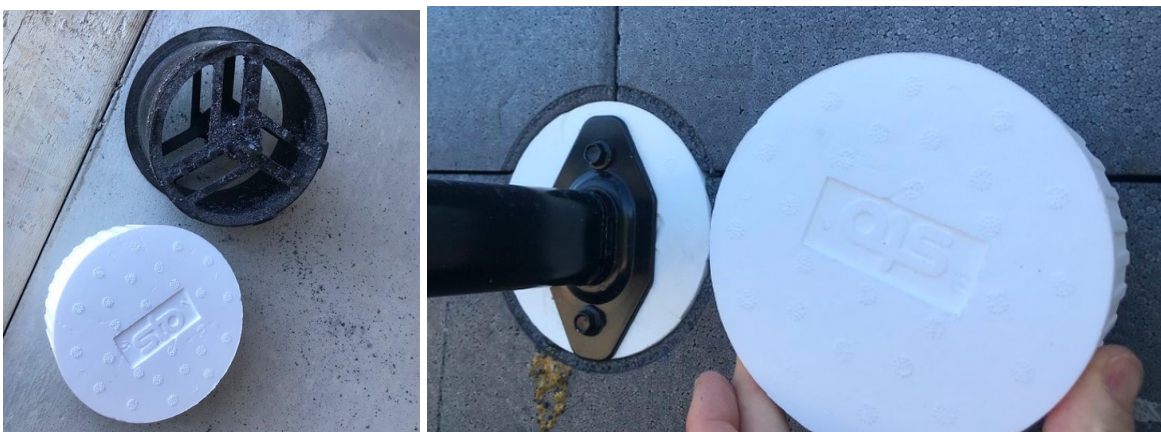
3.7.1 Julkisivun ulkopuoliset kiinnitykset

Kivisydän lämpöharkon ulkopuolisia kiinnityksiä ovat pääasiassa rakennusaikaiset tilapäiset kiinnitykset kuten tarvittavat ohjurit tai tuennat. Tilapäisissä kiinnityksissä voidaan käyttää harvakierteisiä puu- tai betoniruuveja. Pysyviä kiinnityksiä ovat mm. vesikourut ja talo- ja palotikkaat. Näihin kaikkiin löytyy erinomaisesti todettuja kiinnikkeitä kuten harvakierteiset eristeruuvit ja kiinnitystulpat.

Raskaimpien kiinnityksien osalta voidaan esim. puujulkisivukoolaukset tai parveke- ja katostuennat kiinnittää suoraan pidemmillä kiinnikkeillä rakennesuunnitelmien mukaisesti betonirunkoon asti, mikä takaa riittävän kiinnityksen. Betonirunkoon asti ulottuvat kiinnitykset on hyvä tehdä jo valuvaiheessa, jotta kiinnikkeen tarttuvuus on hyvä. Näissä kiinnikkeinä suositellaan esim. valuankkureita tai vastaavia tuotteita.

Talotikkaiden tai muiden yksittäisten raskaiden kiinnityksien osalta voidaan käyttää esimerkiksi STO:n valmistamaa kiinnitystulppaa tai vastaavaa tuotetta, joka asennetaan tulppaporalla tehtyyn reikään (kuva 21). Kiinnitystulppa antaa lujan tartuntapohjan kiinnitysruuveille.

Kuva 21. STO:n kiinnitystulppa ja tulppaporanterä sekä talotikkaan kiinnitys (Passiivikivitalot, 2020).



Kevyemmissä kiinnityksissä kuten koristeverhouksissa voidaan julkisivussa käyttää eristekiinnikkeitä. Harvakierteiset ruuvit kierretään eristeharkkoon kiinnitysterällä tai kärjellä (kuva 22 ja 23). Kiinnityksessä on huomioitava, että kiinnikettä ei kierretä liian kireäksi, jotta harkon rakenne ei murru, koska kiinnike ei tällöin pidä sille suunnitellulla tavalla.

Kuva 22. Kierrettävä eristekiinnike (Pintos, 2021).

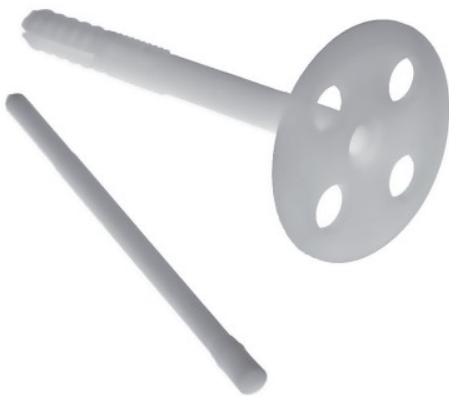


Kuva 23. Erikokoisia kierrettäviä eristetulppia (Sormat, 2021).



Sokkeliä vasten tulevan vesieristeenä toimivan patolevyn riittävä kiinnitys voidaan varmistaa esimerkiksi lyötävällä (kuva 24) eristekiinnikkeellä. Patolevyyn kohdistuu rasitusta maamassojen täyttöjen yhteydessä ja on välttämätöntä, että patolevy ei pääse tässä yhteydessä liikkumaan.

Kuva 24. Sokkelin patolevyn kiinnitykseen erinomaisesti soveltuva lyötävä eristekiinnike (Okaria, 2021).



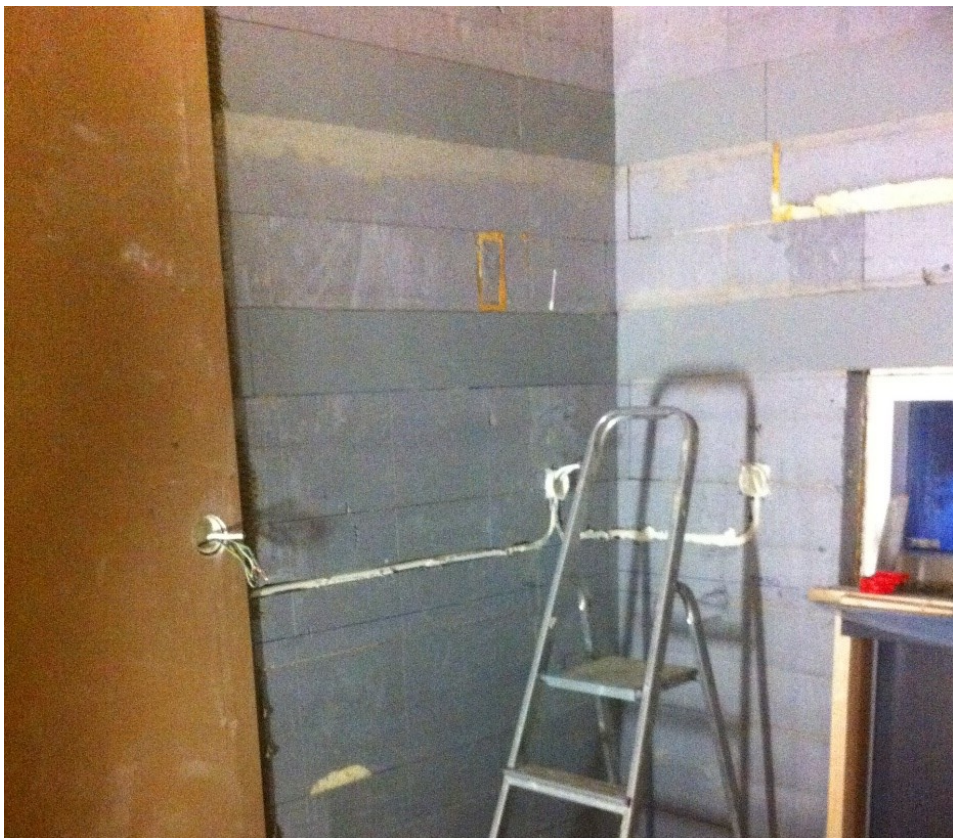
3.7.2 Sisäpuoliset kiinnitykset

Yleisimpiä raskaita harkkoon kohdistuvia sisäpuolisia kiinnityksiä ovat kaluste- ja koolauskiinnitykset. Yleisin sisäseinien pintarakennemateriaali on EK kipsilevy. Muita vaihtoehtoisia menetelmiä on tällä hetkellä Saksassa yleisesti käytössä oleva kipsirappaus, joka on normaalisti paksuudeltaan noin 10 mm (Passiivikivitalot, 2021). Kipsirappaus on hinnaltaan ja käytettävyydeltään melko lähellä normaalin kipsilevyn luokkaa. Kipsilevy asennetaan suoraan puhdistetun harkon pintaan liimaamalla se saneerauslaastilla tai vastaavalla tuotteella valmistajan ohjeiden mukaisesti. Raskaimpien asennusten osalta kuten keittiö kaapistojen kiinnitykset, on käytössä kahta suositeltava menetelmä. Ensimmäisenä menetelmänä on kiinnikkeiden tarttuvuuden parantamiseksi kipsilevyn taakse asennettava puu- tai peltikaista. Puukaistan osalta on se koverrettava ja esikiinnitettävä esim. uretaanivaahdolla harkkoon ennen kipsilevyn asentamista (kuva 25). Peltilevyn osalta riittää pelkkä liimaus ja sitä ei tarvitse kovertaa itse harkkoon (kuva 26).

Kuva 25. Lämpöharkkoon upotettu lauta tartunnan parantamiseksi (Passiivikivitalot, 2020).



Kuva 26. Lämpöharkkoon liimattu kaksi peltikaistaa yläkaappien kalustekiinnityksiä varten.



Toisena hyväksi havaittuna kiinnitysalustana normaalin kipsilevyn sijaan on Gyproc Habito -rakennuslevy. Se tarjoaa tavallisen puuruovin varassa jopa 40 kg ripustuskuorman, joka on merkittävästi muita levytyyppejä lujempi (Gyproc.fi, 2021). Tässä tapauksessa

kiinnitysalustaksi ei tarvita muuta ja levy asennetaan lämpöharkkoon normaaliin tapaan liimaamalla.

Kevyemmät kuten sisustukseen liittyvät taulu- ym. kiinnitykset tapahtuvat helposti normaalein kipsilevykiinnikkein kuten esimerkiksi naulan, kipsilevyruuvin tai -ankkurin avulla (kuva 27).

Kuva 27 Kevyeseen kiinnitykseen hyvin soveltuva kipsilevyankkuri (Sormat, 2021).



3.8 Seinän läpiviennit

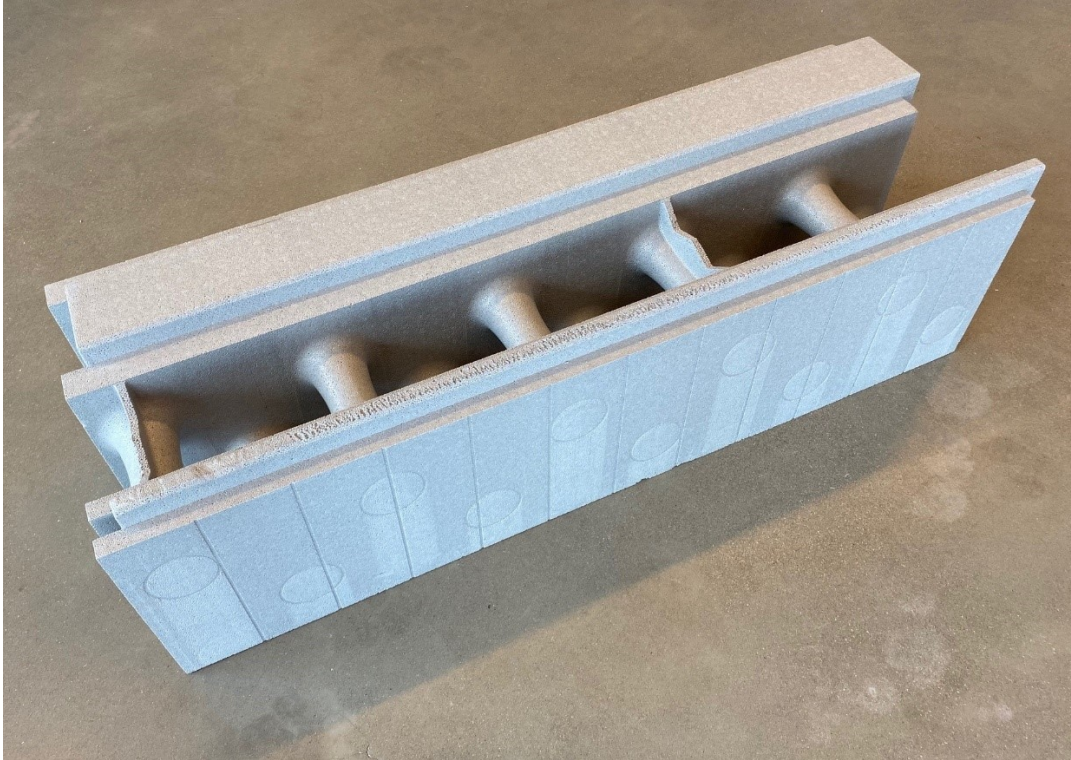
Läpivientien osalta asennustyössä suurimpia huomioitavia seikkoja on läpivientikohtien ennenaikainen huomiointi. Asennuskyselyssä havaittiin, että asennushetkellä riittämättömät kuvat tai kiireessä niiden lukemisen laiminlyönti hidastavat tulevia työvaiheita ja jälkikäteen betonirungon läpi tehdyt reiät ovat aikaa vieviä. Jälkikäteen tehdyt reiät tehdään piikkaamalla tai timanttioralla.

Isojen läpivientien kuten LVIS-putkien kohdalla on suositeltava menetelmä asentaa putket harkkoladonnan yhteydessä ennen valutyötä. Putki asennetaan harkkoon työstettyyn reikään ja eristetään valutilassa lämmöneristeellä rakennesuunnitelmien mukaisesti kondenssiveden ehkäisemiseksi. Mikäli ennen valuvaihetta on tarvetta tehdä läpivientien varauksia, voidaan valutilaan asentaa esimerkiksi eristepalat, jotka kiinnitetään paikoilleen, jotta se ei valutyön aikana liiku. Varaus on syytä merkata vielä harkon sisä- ja ulkopintaan, jotta sen tarkka kohta on helppo avata jälkeen päin.

Pienemmät läpiviennit onnistuvat Kivisydän U010 -lämpöharkossa helposti niiden harkon ulkopintaan merkattujen pyöreiden merkkien kohdalta. Kannasten halkaisija on

kapeimmasta kohdastaan 60 mm, joka mahdollistaa hyvin esim. sähköputkien läpiviennin (kuva 28). Läpiviennit on kuitenkin syytä tehdä hyvissä ajoin ennen pinnoitustyötä kannasten paikkojen löytämiseksi.

Kuva 28. Kannaksien 120 mm mittajako merkattuna ympyröin harkon ulkopintaan.



3.9 Harkon työstö ja käsittely

Kivisydän lämpöharkot painavat 3–4 kg ja niitä on tästä syystä erittäin kevyitä ja miellyttäviä käsitellä. Tehtaalla harkot pakataan helposti purettaviin paaleihin, ja siirtotyöt on helppo tehdä käsin. Harkot ovat erittäin mittatarkkoja ja asettuvat asennettaessa pontteihinsa käsivoimin. Harkkojen kylkeen on merkattu 10 cm mittajako, joka helpottaa työstöä. Harkkoja tulee aina käsitellä varoen, eikä niitä tule heitellä tai käyttää työtasoina.

3.10 Harkon leikkaus

Kivisydän U010 lämpöharkon leikkaus on kevyttä ja helppoa. Yleisesti työmailla käytössä olevat leikkaus välineet ovat käsisahat, sähkö- ja polttomoottoriset ketjusahat sekä

puukkosahat. Ketju- ja puukkosahaa käytettäessä hyvään lopputulokseen päästään, mikäli sahan laippa tai terä on pidempi kuin harkon läpimitta eli yli 420 mm (kuva 29).

Leikkuuvälineet, joissa on suuri kierrosnopeus, minkä vuoksi leikkausvälineen terä saattaa lämmetä huomattavasti, eivät sovellu lämpöharkkojen työstöön koska silloin harkon rakenne leikkuupinnoilla kärsii.

Kuva 29. Harkontyöstöön käytetty ketju- ja puukkosaha (Passiivikivitalot, 2020).



Lämpöharkkoja työstettäessä leikkuu paikka on suositeltavaa pitää varsinaisesta lämpöharkkojen "ladontamestasta" erillään. Näin leikkuupalat on helpoin pitää järjestyksessä ja leikkauspaikka turvallisesti omana työpisteenään, jossa leikkaus välineet pysyvät järjestyksessä. Ylimääräinen leikkuu jäte, jota ei voida enää myöhemmissä työvaiheissa käyttää, on syytä kerätä kootusti rakennustyömaalle niin että se ei leviä esimerkiksi kovan tuulen ansiosta ympäristöön.

Kuva 30. Harkon leikkaukseen käytetty 3-vaihehammastettu sahaustyökalu.



Tarkimpaan ja suositeltavaan leikkauks jälkeen päästään hyväteräisellä käsisahalla (kuva 30). Tähän työhön soveltuu erinomaisesti 3-vaihehammastettu sahaustyökalu. Käsisahalla lämpöharkkoa leikattaessa syntyy vähiten leikkuupuria ja sen etuna on myös se, että työ suoritetaan yleensä yhdellä kädellä, jolloin toinen käsi jää vapaaksi tukemaan leikkauksessa harkkoa (kuva 31).

Kuva 31. Parhaan leikkauks jäljen tarjoaa käyttötarkoitukseen sopiva ja terävä sahaustyökalu.



3.10.1 Harkon uritus

Talotekniikkaa tai muuta työstöä varten kaikkein käyttökelpoisin menetelmä on tehdä harkkoon urat normaalilla EPS-kuumalankaleikkurilla (kuva 32), jolloin talotekniikka jää kipsilevyn alle. Leikkuriin saatavalla U-terällä saadaan kätevästi ja nopeasti työstettyä harkkoon putkituksille ja kaapeleille tarvittavat urat ja rasiareiät (kuva 33). Urituksen jälkeen putket ja johdot asennetaan kouruunsa ja ne voidaan tiivistää uretaanivaahdolla paikoilleen. Kuivuneet ylimääräiset uretaanipurskeet tulee poistaa aina ennen pinnoitusta.

Lämpöharkon yksi eduista onkin juuri se, että perinteiseen betoniharkkomuuraukseen verrattuna, Kivisydän lämpöharkon talotekniikka tehdään sujuvasti yhdessä työvaiheessa runkotöiden valmistuttua. Betoniharkkotyömaiden työtä hidastavaksi ongelmaksi saattaa helposti muodostua se, että työ keskeytyy koska talotekniikkaa joudutaan asentamaan runkotyön eri vaiheissa.

Kuva 32. Talotekniikka asentuu helposti kuumalankaleikkurilla tehtyyn uraan (styroxleikkurit.fi, 2021).



Kuva 33. Seinä uritettuna ja valmiina tekniikan asennukseen (Passiivikivitalot.fi, 2021).



3.11 Talvityö

Asennustyön kehityskyselyssä haluttiin keskittyä talvityön osalta sen asennuksen ongelmakohtiin. Yleisesti on tiedossa, että talon rakennuksen runkotyö on Suomen talviolosuhteissa haastavampaa kuin kesällä ja suoritemääräkerroin hidastaa töiden etenemistä lämpötilan laskiessa (taulukko 4). Ylimääräinen puhtaanapito ja suojaus aiheuttaa omat viiveensä.

Taulukko 4. Talvityön suoritemääräkerroin (Ratu 0403, s.5).

Lämpötila °C	0...-2,5	-2,5...-7,5	-7,5...-12,5	yli -12,5
Suoritemääräkerroin	1,10	1,25	1,35	1,45

Runkotyössä ongelmakohdat painottuvat selkeästi työn hidastuvuuden lisäksi antura- ja harkkorakenteen muottiosan puhtaanapitoon. Pelkkä kosteus ei itsessään estä lämpöharkon valutyötä, mutta lunta ja jäätä ei saa päästä kertymään valutilaan, jolloin sen ennaltaehkäisy korostuu. Harkkoseinän valutilan hyvä suojauskeino on leikata noin 60 cm leveää kestävää muovikaistaletta tai aluskatetta, joka rullataan heti harkkoasennuksien jälkeen ylimmäisen varvin päälle, ja joka kiristetään paikoilleen muutamalla harkkopalalla painamalla se

ponttiinsa. Huomioitavaa tässä suojausmenetelmässä on pystyraudoitusten pituus, jos se ylittää ylimmän harkkovarvin koron, ja näin ollen estää kapean muovikaistan asennuksen. Tässä tapauksessa voidaan pystyraudoitusten päihin asettaa eristepalat ja asettaa riittävän leveä suojamuovi harkkorakenteen päälle.

Talvivalutöiden osalta pitää aina varmistua siitä, että valu ei saa päästä jäätymään. Talvivaluissa seinärakenne lämpenee hyvin (50 C°) koska valu päästää tekemään eristettyyn valutilaan ja tämän ansiosta valuja voidaan toteuttaa kylmissäkin olosuhteissa. Ohuet palkkirakenteet täytyy kuitenkin suojata hyvin pakkasta vastaan. Mikäli valutilassa havaitaan lunta ennen valua, betonimassan omaa lämpöä ei saa käyttää sulatukseen (Ratu 0403, s.12).

4 Betonointi

Tutkimuksissa tehtyjen havaintojen perusteella betonointi työhön liittyvät ongelmat aiheuttavat eniten aikatauluviivästyksiä ja haasteita lisäten kustannuksia. Mahdollisen muotin pettäminen valupaineen ansiosta on suurin ongelma, joskin erittäin harvinaista. Itse lämpöharkko kestää valupaineen erinomaisesti, mutta esimerkiksi aukkoilytysten huono tuenta voi aiheuttaa ongelmia, joiden jälkihoito on varsin suuritöistä. Mahdollisten lisämuottien ja tukien tulee aina olla riittävän kestäviä, jotta valu saadaan kerralla tehtyä. Betonointivalutyöt on aina suunniteltava huolellisesti etukäteen ja valettavan massan tulee olla rakennesuunnitelmien mukaista.

Yleisin valukorkeus työmailla on noin puolen asuinkerroksen verran eli keskimäärin noin 1,5 m. Valutyöt toteutetaan kuitenkin aina tapauskohtaisesti ja hyvin tuettuna valuja voidaan tehdä myös useampi metri kerrallaan, mutta tällöin valutyöstä tulee olla riittävä kokemus ja valu tehdään useammalla ”kierrolla” liian suuren valupaineen välttämiseksi.

4.1 Töiden aloitus

Valutyöt voidaan käytännössä aloittaa, kun harkkomuotti- ja raudoitustyöt on tehty ja läpiviennit ja niiden varaukset on asennettu. Muotit ja muottien pohjat ovat puhtaat ja valutyöhön tarvittavat telineet ovat valmiit ja turvalliset. Valutöiden suunnittelussa tulee tarkistaa muottikaluston soveltuvuus, valutyökierron tahdistaminen, työsaumojen sijainti

sekä tilatun betonin määrä ja laatu. Kaikkien valutyöhön osallistuvat työntekijät tulee olla perehdytetty valutyön kulkuun. Myös henkilökohtaiset suojaruusteet tarkistetaan, joihin valutyössä kuuluu kypärä, työolosuhteiden edellyttämät silmäsuojaimet ja huomiovaatteet. Koneellinen työstö vaatii lisäksi kuulosuojaimet (Ratu 0403, s.1–6).

4.2 Valutyö

Betonimassa valetaan lämpöharkkoon suoraan lopulliseen paikkaansa valumassan notkeus huomioiden maksimissaan 50 cm kerroksina, jotka tiivistetään sauvatäryttimellä. Ratu-ohjeistuksen mukainen (Ratu 0403, 2012, s.8) yleinen valuharkkojen betonin pudotuskorkeus on enimmillään 1,0–1,5 m ja valettaessa tulee välttää massan iskeytymistä lämpöharkon valutilan seiniin ja raudoituksiin (kuva 34). Täryttimen käyttöä suositellaan erityisesti palkkirakenteissa ja muissa runsaasti raudoitetuissa rakenteissa, jotta raudoitteen ja betonin yhteistoiminnan edellytykset täyttyvät. Tärytin upotetaan pystysuorassa omalla painollaan tiivistettävän massan läpi edelliseen kerrokseen noin 20 cm matkalta, jotta tiivistettävien kerrosten väliin ei jää saumoja. Tärytintä ei saa käyttää massan siirtelyyn. Tiivistettäessä tulee varoa raudoitteita, muotteja ja läpivientejä.

Kuva 34. Betonimassan suositeltu pudotuskorkeus on enimmillään 1,0–1,5 m (Passiivikivitalot, 2020).



Valussa olevien varausten, kuten ikkuna-aukkojen alle jää helposti tiivistämättömiä kohtia ja onkaloita. Tästä syystä on hyvä jättää valettava massakerros varausta edeltävällä valukierroksella noin 20 cm varauksen alapuolelle. Seuraavalla valukierroksella varauksen viereen otetaan tavallista paksumpi kerros, jolloin se massakerroksen painevaikutuksen ja voimakkaan tärytyksen avulla leviää varauksen alle (Ratu 0403, 2012, s.9). Massan kulkeutuminen esim. ikkuna-aukon alle varmistetaan tekemällä valutukena toimivan ikkunan apukarmin alle reikä, josta voidaan todeta valutilan täyttyminen (kuva 35). Mikäli ikkunakehyksen alle ei ole kulkeutunut betonia, kehys voidaan aukottaa ja betonoida uudelleen.

Kuva 35. Ikkunan apukarmiin tehty reikä josta voidaan varmistaa betonin kulkeutuminen koko matkalle (Passiivikivitalot, 2020).



Huomattavan korkeita valuja (yli 2 m) ei suositella betonimassan painumisen ja massassa olevan vedenerottumisen vuoksi. Painumista tapahtuu yleensä hyvinkin tiivistetyissä valuissa vielä tuntienkin jälkeen.

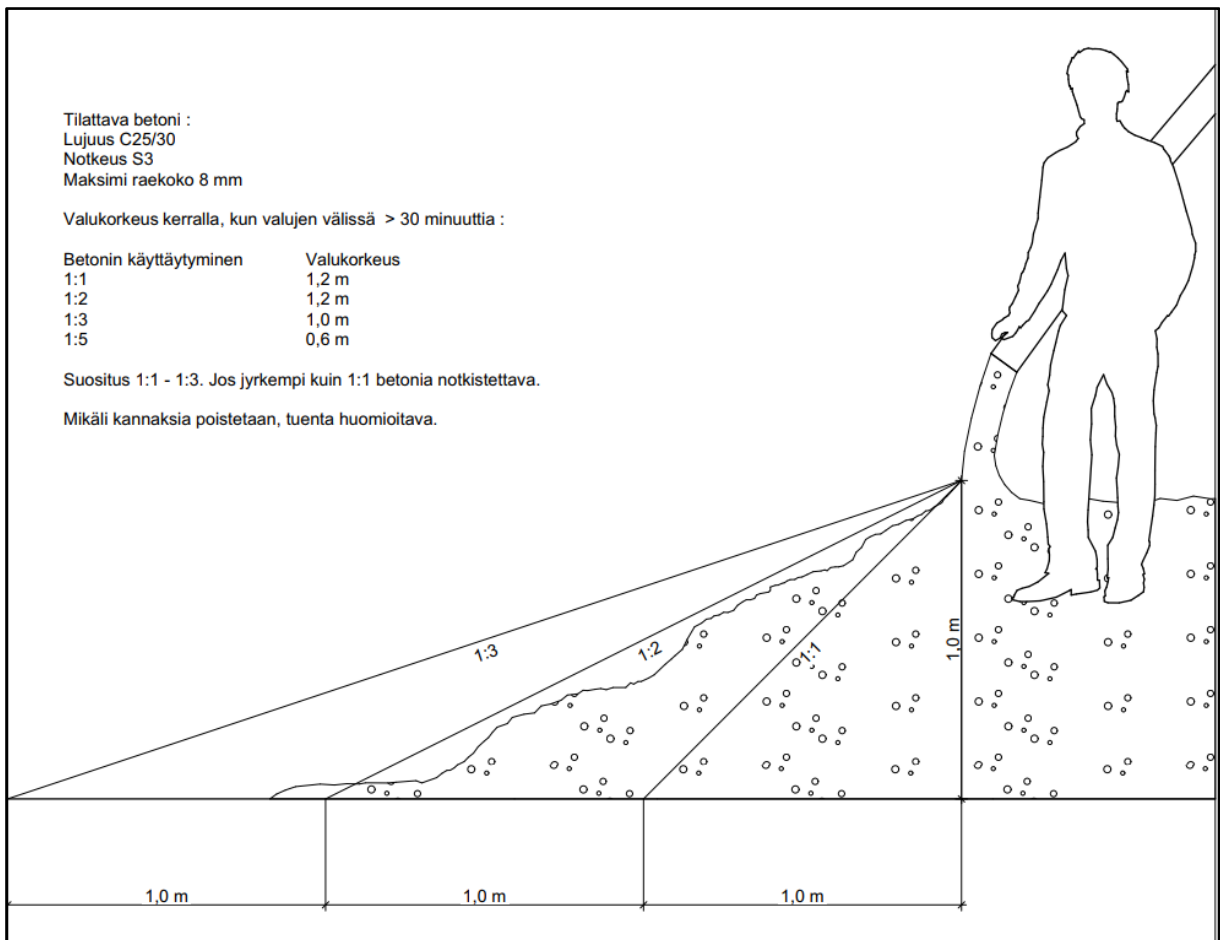
Mikäli valupaine pääsee aiheuttamaan vahinkoja, on syytä tarkistaa betonimassan notkeus ja korjata valutuenta ja vahvistaa esimerkiksi muottilukoin. Valunopeutta tulee myös hidastaa tai tarvittaessa perua kuorma.

Mikäli valu ei tule kerralla valmiiksi, valutyö päätetään suunniteltuun työsaumaan. Betonoinnin päätyttyä valmiiseen korkoon, valun pinta hierretään tasaiseksi oikeaan tasoon. Valun päättyessä tulee aina tarkastaa muottien paikat ja suoruudet.

4.3 Betonin notkeus

Kivisydän U010 lämpöharkon valutyössä käytetään yleisesti rakennesuunnitelmien mukaisesti notkeutena S3-betonia. Suurimmaksi osaksi työmailla valubetonin notkeus varmistetaan silmämääräisesti. Oikein notkistettuna tilattu betoni leviää lämpöharkon valutilaan taulukon 5 mukaisesti. Jos massa on notkeampaa niin suosituksena on tehdä matalampia valuja kerta kierroksella. Jos massa on valettaessa liian jäykkää, tulee laittaa sekaan notkistinta tai viime kädessä, jos massa ei sovellu valutyöhön, pyytää kuorma pois työmaalta. Vaikka jäykällä massalla valettaessa näyttäisi, että valu on oikein toteutunut, on suuri riski, että massa ei kulkeudu valutilassa kaikkialle ja raudoitteet saattavat jäädä oleellisesti ilman tartuntaa (Anttila, n.d., s.414). Betonille ja raudoitteille tulee luoda aina yhteistoiminnan edellytykset, eli betonin ja teräksen välille tulee syntyä tartunta, joka estää teräksen liikkumisen betonissa. Riittävä betonikerros myös suojaa raudoitteita estäen sen korroosion ja lujuuden menetyksen esim. palotilanteissa. Valutyössä on kuitenkin syytä ymmärtää, että rakenteen lopullisen laadun kannalta painuma-arvoa tärkeämpää on saada betoni tiivistettyä oikein. Jäykkä betoni vaatii enemmän tiivistystä ja notkea massa vähemmän. Mikäli valuuun jää rotankoloja on massa liian jäykkää tai syynä voi olla liian ahtaaksi tehdyt raudoitukset tai muu este. Liian ahtaita valukohtia tulee aina välttää.

Taulukko 5. Kuvaaja S3 notkeuden betonille (Passiivikivitalot, 2021).



4.4 Valun aikainen tuenta

Mikäli valettava harkkokorkeus on huomattava tai harkkojen kannaksia on jouduttu työstämään esim. raudoituksien vuoksi, on harkkoja tuettava valutukien tai ylimääräisten muottien avulla (kuva36). Valutuennat tehdään yleisimmin puurakenteisina ja tuetaan vinositeillä sekä tarvittaessa muottilukoilla. Aukkoylitysten ja palkkirakenteiden kohdalla lämpöharkon kannaksia saatetaan joutua katkomaan ja tästä syystä se tarvitsee ylimääräisen tuennan valutyön ajaksi. Tavanomaisessa palkkirakenteessa ei harkkoa eikä sen kannaksia tarvitse rikkoa.

Kuva 36. Järeä aukon palkkiraudoitus, jossa kannaksia jouduttu työstämään ja valutuennat asennettu ennen valua (Passiivikivitalot.fi, 2021).



4.5 Valujen oikaisu

Mikäli valun jälkeisessä tarkastuksessa havaitaan epäsuoruuksia, voidaan valua tarvittaessa vielä oikoa. Oikaistaessa seinälinjaa, voidaan seinää vasten asettaa tuki, kuten lauta tai vastaava, ja pöngätä seinä suoraksi (kuva 37). Joissakin tapauksissa missä edellä mainittua menetelmää ei voida soveltaa, niin seinävalua voidaan oikaista esim. vetoliinalla tai puristimella.

Kuva 37. Valun oikaisu pitkällä seinälinjalla.



5 Työturvallisuus

Rakentamisen eri vaiheissa on aina syytä varmistua siitä, että työturvallisuusseikat ovat kunnossa. Työturvallisuuden halusin opinnäytetyöni yhdeksi teemaksi, koska turvallisuus tulisi olla aina kaiken rakentamisen tavoite ja lähtökohta, kuitenkin ymmärtäen sen, että turvallisuus ei ole välttämätön riesa tai työtä hidastava tekijä. Hyvin aikataulutettu ja tavoitteissa pysyvä työmaa on siisti ja turvallinen työpaikka. Lisäksi jokaisen rakennustyömaalla työskentelevän tulee omata työturvallisuutta kohtaan oikea asenne ja toimintamalli. Turvallista rakennustyömaata ei luo pelkästään nurkassa pölyttyvä ensisammutin ja ensiapulaukku, vaan suuri tekijä on rakennustyömaalla työskentelevien asenne työturvallisuutta kohtaan.

Työturvallisuuteen liittyvä lakeja, asetuksia ja päätöksiä voi tarkastella mm.

Työturvallisuuslaista 738/2002 sekä eri Valtioneuvoston asetuksista.

Yhtenä asennustyön kehitystyön teemana oli työturvallisuus runkotyön osalta, jossa kysyttiin, mikä on työturvallisuus tilanne työmailla tällä hetkellä ja miten sitä tulisi kehittää.

Tämän perusteella kehitettäviä osa-alueita ovat erityisesti telinetyö, kiireen tuomat haasteet ja henkilösuojaimien käyttö, joita seuraavissa luvuissa avataan ja annetaan kehitysehdotuksia.

5.1 Työtapaturmat rakentamisessa yleisesti

Työterveyslaitoksen vuonna 2019 tekemän selvityksen mukaan viime vuosikymmeninä työtapaturmat kaikilla rakennustyömailla ovat vähentyneet ja moni työturvallisuuteen liittyvä asia on mennyt eteenpäin. Tapaturmataajuuksilla mitattuna esimerkiksi vuonna 2005 tapaturmataajuusluku oli rakennusalalla yli 80 kun vastaava luku oli vuonna 2016 alle 60. Tapaturmataajuusluku kertoo tapaturmien määrän miljoonaa työtuntia kohden. Koko rakennusalan työtapaturmissa 2000-luvulla on kuollut keskimäärin puolet siitä mitä 1990-luvulla, jolloin työtapaturmissa kuoli keskimäärin 10 henkilöä vuodessa. Myönteiselle kehitykselle on monia tekijöitä esimerkiksi suojarusteet ovat kehittyneet ja niiden käyttöön kiinnitetään huomiota. Myös ilmapiirissä ja asenteissa työturvallisuutta kohtaan on ollut kehitystä. Työnjohto ja työntekijät ovat nykyisin enemmän sitoutunut työturvallisuutta kohtaan ja antavat sille arvoa (Työterveyslaitos, 2019). Myös tiedonpuutteista johtuvat vaaratilanteet ovat yleisiä. Turvallisella työmaalla kommunikointi on kunnossa ja kaikki työntekijät tulee aina perehdyttää työmaan turvallisuusmääräyksiin ja työntekijöiden täytyy tietää työmaan toimintatavat.

Tapaturmia sattuu kuitenkin edelleen. Yleisimpiä näistä ovat käsien alueelle, ja erityisesti sormien alueelle aiheutuneet työtapaturmat. Myös pään alue on usein alttiina. Suuri osa tapaturma kohdistuu silmiin, vaikka suojalasien käyttö on Työterveyslaitoksen selvityksen mukaan lisääntynytkin (Työterveyslaitos, 2019). Vakavampia vammoja sattuu kuitenkin putoamissuojauksien takia. Monesti syynä puutteellisille telineille on kiire ja/tai puutteelliset telineratkaisut. Varsinkin pientalotyömaiden kohdalla, jossa ei välttämättä ole päivittäin työnjohtoa telinetyötä valvomassa, telineturvallisuus alkaa huolestuttaa siinä vaiheessa, kun telineillä olo alkaa pelottaa tai tapaturma on jo sattunut. Tässä kohtaa tulisi suosia ”kerralla kunnan telineet” ajatusta, sillä vältettäisiin monta turhaa työtapaturmaa.

5.2 Osapuolten vastuut työturvallisuuden varmistamiseksi

Rakennustyömaan turvallisuudesta vastaavat kaikki hankkeeseen osallistuvat tahot.

Pientalohankkeissa eri osapuolien turvallisuusvelvoitteet määräytyvät työturvallisuussäännösten mukaan (Valtioneuvoston päätös rakennustyön turvallisuudesta, 629/1994). Lisäksi maankäyttö- ja rakennuslaki määrää hankkeeseen ryhtyvän huolehtimaan siitä, että rakennus suunnitellaan ja toteutetaan rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä myönnetyn rakennusluvan mukaisesti. Päävastuu työturvallisuudesta on aina hankkeen päätoteuttajalla, eli kohteen rakennuttajalla. Varsin yleinen käytäntö on, että rakennuttaja siirtää päätoteuttajan tehtävät palkatulle vastaavalle työnjohtajalla eli vastaavalle rakennusmestarille, jolloin hänestä tulee vastuhenkilö. Mikäli työmaalla toimii useampia urakoitsijoita, tulee jokaisen urakoitsijan nimetä oma turvallisuudesta vastaava esimiesasemassa oleva henkilö (Nissinen, n.d., s.582).

Rakennushankkeen käynnistyessä rakennuttajan tulee palkata myös pääsuunnittelija. Pääsuunnittelijan vastuuseen kuuluu suunnittelun ja siihen liittyvien työturvallisuusasioiden koordinointi, sekä rakennushankkeen turvallisuusasiakirjan laatiminen (Nissinen, n.d., s.584).

Hyvän työturvallisuusasenteen omaavalla vastaavalla työnjohtajalla on oleellinen merkitys koko pientalotyömaan turvallisuuteen, jossa hyvä työhön perehdytys korostuu. Yleensä rakennushankkeeseen ryhtyvä ei ole itse rakennusalan ammattilainen, jolloin vastaavan työnjohtajan tulee kiinnittää huomiota työmaan turvallisuudesta huolehtimiseen ja työturvallisuusasioiden organisointiin. Turvallisella työmaalla vastaavan työnjohtajan tulee pitää hankkeen alusta saakka jäykkä linja työturvallisuusasioissa, jolloin turvallista toimintaa, henkilökohtaisten suojavarusteiden käyttöä ja työmaan siisteyttä tulee vaatia. Koska pientalotyömailla vastaava työnjohtaja ei välttämättä ole työmaalla päivittäin, vastaa viimekädessä urakoitsijat ja rakennushankkeeseen ryhtyvä itse turvallisesta toiminnasta. Tässä on kuitenkin hyvin suuri merkitys sillä, että vastaava työnjohtaja on jättänyt oman leimansa työmaan työturvallisuus asenteeseen (Nissinen, n.d. s.585).

Runkopystytysurakoitsijoiden työnjohtajat vastaavat osaltaan siitä, että he ovat sitoutuneet turvallisuuden kehittämiseen ja osoittavat esimerkillään oikeaa työturvallisuusasennetta (Lappalainen, 2003, s.7).

5.3 Telineurvallisuus ja putoamissuojat

Asianmukaiset työtelineet ovat oleellinen osa turvallista rakentamista. Rakennustyömaalla tulee aina ennen käyttöönottoa tarkistaa työtelineiden ja niille johtavien kulkusiltojen sekä suojarakenteiden rakenne. Erityistä huomiota on aina kiinnitettävä putoamisen estäviin suojarakenteisiin. (Työtelineet ja putoamisen estävät suojarakenteet. 2000)

Putoamissuojaus tulee aina suunnitella asianmukaisilla työtasoilla, suojakaiteilla ja aukkojen suojakansilla, ja ne tulee asentaa välittömästi rakennusvaiheen jälkeen. Suojakaiteen tulee olla 1,0 m korkeat ja niissä käytetään kahta 100 kg pistekuorman kestäväää käsijohdetta ja jalkalistan tulee olla vähintään 100 mm korkea, mikäli työskentelyalueelta on mahdollista tippua materiaalia. Käsijohteet sijoitetaan niin, ettei johteen alla ole vapaata tilaa yli 0,5 m. (Nissinen, n.d., s.587)

Jos telineetyössä kaiteita tai putoamissuojia joudutaan tilapäisesti poistamaan työn ajaksi, tulee kyseinen alue eristää esimerkiksi kaiteella tai lippusiimalla. Yli kahden metrin työskentelykorkeudella tulee käyttää myös turvavaljaita, mikäli putoamisvaara työkohteessa on ilmeinen. Mikäli telineissä tai suojarakenteissa havaitaan puutteita, on niistä välittömästi ilmoitettava työnjohdolle ja mielellään myös muille kohteen työntekijöille. (Nissinen, n.d. s.587)

5.4 Henkilösuojaimet

Jotta työskentely olisi rakennustyömaalla riittävän turvallista edellyttää se aina henkilökohtaisten suojaruusteiden käyttöä. Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009 ohjeistaa henkilökohtaisten suojavälineiden vähimmäisvaatimuksia. Suosituksena on käyttää turvajalkineita, kypärää, suojalaseja ja huomio vaateista sekä kulosuojaimia, mikäli melutaso ylittää 85 dB. Pölyävissä työvaiheissa on aina käytettävä tehtäväkohtaisia hengityssuojaimia.

Heti rakennushankkeen alussa kannattaakin hankkia kerralla ergonomiset ja toimivat suojavälineet, joita on mukava käyttää (kuva 38).

Kuva 38. Perus suojavälinevarustus.



5.5 Tikkaat ja työpukit

Kivisydän lämpöharkon keveyden ansiosta runkopystytystyössä käytännölliseksi ovat osoittautuneet kevyet ja siirreltävät työpukit ja A-tikkaat. Nojatikkaiden käyttöä ei suositella työalustana vaan pelkästään tilapäisinä kulkuteinä ja nostoapuvälineiden kiinnittämiseen/irrottamiseen. Työpukkien turvallinen maksimikorkeus on 2,0 m ja A-tikkaiden osalta työskentely tason maksimikorkeus on 1,0 m ja levennyspalkilla varustettuna 2,0 m (kuva 39). Näiden tulee aina olla tukevalla alustalla. (Työterveyslaitos, 2021)

Kuva 39. Kevyt ja käytännöllinen työpukki ja A-tikas (Wibeladders, 2021).



5.6 Työmaan siisteys

Rakennustyömaan siisteysellä on suora yhteys sen turvallisuuteen. Siksi työpaikalla on huolehdittava turvallisuuden ja terveellisyysedellyttämästä siisteystestä. Hyvin usein työtapaturman syynä on liukastuminen tai kompastuminen, jonka aiheuttajana on epäjärjestys tai -siisteys. Erityisesti runkorakentamisen yhteydessä syntyvä rakennusjäte tulee viedä heti työvaiheen päättymisen jälkeen sille varattuun paikkaan (Työturvallisuuskeskus, 2021)

5.7 Kehitysehdotukset työturvallisuuden lisäämiseksi

Työturvallisuuteen liittyvänä kehitysehdotuksena on, tämän yleisen työturvallisuustiivistelmän lisäksi, Passiivikivitalojen runkotyömaille näkyville sijoitettava Työturvallisuuden tarkistuslista (liite 4). Kyseisen tarkistuslistan teemoja on myös asennuskoulutuksessa syytä käydä läpi ja tätä kautta tuoda myös asiakkaille ja asennustyöryhmille tietoon, että Passiivikivitalot suhtautuu työturvallisuuteen liittyviin seikkoihin vakavasti. Asennuskoulutuksen yhteyteen tulisi lisätä oma työturvallisuusosionsa eri teemoineen.

6 Yhteenveto

Rakentaminen suomessa valumuottiharkkomenetelmillä on kasvamassa kovaa vauhtia johtavaksi kivitalomenetelmäksi, ja kiinnostus energiatehokasta ja nykyaikaista rakennusmenetelmää kohtaan lisääntyy.

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää ja standardisoida toimeksiantaja Passiivikivitalojen Kivisydän U010 ja U016 -lämpöharkon runkotyömenetelmiä asennus- ja valutyövaiheessa, sekä kehittää pientalotyömaiden työturvallisuutta tuomalla siihen konkreettisia työkaluja. Työn tuloksena syntyi kirjallinen opinnäytetyö materiaali, jota voidaan hyödyntää Passiivikivitalojen myyntityössä, tulevissa hankkeissa sekä asennuskoulutuksissa ja asennusoppaan luomisessa. Kyselyiden tulokset käytiin yksityiskohtaisesti läpi, ja joiltakin osin kysymyksiä tarkennettiin mm. työmaavierailuiden ja haastatteluiden avulla. Tarkentavilla työmaavierailuilla saatiin selville enemmän käytäntöön liittyviä havaintoja, kuten esimerkiksi lämpöharkon käsittelyyn liittyviä kokemuksia. Kokemusten perusteella voitiin päätellä, että lämpöharkko on monessa suhteessa erittäin miellyttävä ja helppoa työstää, mutta sitä kuuluu kuitenkin käsitellä asianmukaisesti jotta sen rakenne ei kärsi. Lämpöharkko kestää havaittujen kokemusten perusteella hyvin käsittelyä, mutta sitä ei tule käyttää esimerkiksi työtasona.

Työn tilaajan osalta opinnäytetyö täytti ne odotukset, joita sille asetettiin ja siitä saadaan konkreettista hyötyä Passiivikivitalojen myyntityöhön, tuleviin hankkeisiin sekä asennuskoulutuksiin ja asennusoppaan luomiseen.

Työ oli mielenkiintoinen ja monivaiheinen työstää ja vaati paljon eri työmenetelmien vertailua. Erityisesti työmaavierailuiden ja asennustyön kehityskeskustelujen avulla saatiin erinomaisia tuloksia ja havaintoja, joista saatiin vahvistusta jo hyväksi havaituista menetelmistä ja uusia näkökulmia runkotyöhön. Lisäksi oma kokemusperäinen tieto auttoi pitämään oleelliset asiat opinnäytetyössä pinnalla.

Tapoja rakentaa on monia, usein tilanteet muuttuvat ja rakennusvaiheista muodostuu varsin tapauskohtaisia. Siksi opinnäytetyön kehitysehdotukset perustuvatkin enimmäkseen suosituksiin ja hyväksi havaittuihin toimintatapoihin. Merkittävimmät kehitysehdotukset ja

työvaiheita koskevat suositukset tehtyjen tutkimuksien perusteella kohdistuvat erityisesti harkkotyön ladontavaiheen käytännön työmenetelmiin ja betonointityön huolellisuuteen muottityön osalta. Telineityöhön liittyvät seikat opinnäytetyössä painottuivat siihen kohdistuviin yleisiin suosituksiin ja määräyksiin, jotka koskevat erityisesti telineityön työturvallisuutta. Omaan aihealueenaan ollut työturvallisuus, tulee mielestäni aina olla kaiken rakentamisen tavoite ja lähtökohta. Siihen liittyvään perehdytykseen rakennustyömailla tulee kiinnittää huomiota, sen ollessa erityisesti esimerkiksi johtamista ja käytännön läheistä asennekasvatusta.

Lähteet

Anttila, V. (n.d.). Betonin valinta. Rudus Oy

BASF. (2021). Neopor next Generation of insulation. Haettu 14.3.2021 osoitteesta
https://neopor.de/portal/basf/en/dt.jsp?setCursor=1_1222859&page=the-raw-material

Formex. (2021). Formex-perustusjärjestelmä. Haettu 1.4.2021 osoitteesta
<https://www.formex.fi/valmiit-anturamuotit>

Gyproc. (2021). Sisäseinälevyt. Haettu 3.4.2021 osoitteesta
<https://www.gyproc.fi/tuotteet/kipsilevyt-ja-muut-levyt/sis%C3%A4sein%C3%A4levyt/erityisen-luja-kartonkipintainen-rakennuslevy/gyproc-gh-13-tpl-habito>

J.Lappalainen, S.Sauni, P.Piispanen. (2003). Rakennustyön turvallisuusjohtamisen hyviä käytäntöjä. Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy.

Keränen, H. Teikari, M. (n.d.) Ulkoseinän lämpöhäviöiden määrittäminen. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Haettu 9.2.2021 osoitteesta
<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK010704.pdf>

Nissinen, S. (n.d.). Pientalotyömaan turvallisuus. Mittaviiva Oy

Passiivikivitalot. (2021). Yksilöllinen kivitalo. Haettu 16.3.2021 osoitteesta
<https://www.passiivikivitalot.fi/yksilollinen-kivitalo-materiaalien-lisatietosivu-0>

Ratu 0415. (2013). Telinetyö. Menekit ja menetelmät. Rakennustieto Oy.

Ratu TT 7.15. (2012). Telineturvallisuus. Telinetorstai 2012. Rakennustieto Oy.

Ratu 0480. (2019). Harkkomuuraus. Menekit ja menetelmät. Rakennustieto Oy.

Ratu 0403. (2012). Betonointi. Menetelmät ja menekit. Rakennustieto Oy.

RIL 225-2004. (2005). Rakennusosien lämmönläpäisykertoimien laskenta. Ohje standardien SFS-EN ISO 10456 ja SFS-EN ISO 6946 soveltamiseen. Helsinki. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL R.Y.

RT 81-10486. (1992). Pientalon perustamistavan valinta. Rakennustietosäätiö.

Työtelineet ja putoamisen estävät suojarakenteet. (2000). STUL Rakennusinfo. RTK-Fakta Oy

Työtelineet. (2000). Turva- ja käyttöohjeet. STUL Rakennusinfo. RTK-Fakta Oy

Työterveyslaitos. (2019). Työturvallisuus. Haettu 9.4.2021 osoitteesta

<https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Tyoturvallisuus/Tyoturvallisuus-rakennusalalla-perustietoa/>

Työturvallisuuskeskus. (2021). Turvallisesti raksalla. Haettu 15.4.2021 osoitteesta

<https://ttk.fi/haku?searchterms=turvallisesti+raksalla#1e11c4dd>

Liite 1: Asennustyön kehityskysely

Kohteen tiedot:

- Kiinteistön nimi:
- Rakennushankkeeseen ryhtyvä:
- Millä työryhmällä runkotyöt tehdään (työnjohtaja, RAM, RM)?
- Mikä on työryhmän aikaisempi kokemus talonrakennuksen runkotöistä ja erityisesti Passiivikivitalojen pystytyksessä?

Perustukset:

1. Millä menetelmillä toteutatte anturamuottityön?
 - a. valmismuotti
 - b. puumuotti
 - c. harkkomuotti
 - d. muu, mikä?
2. Onko anturan raudoitustyössä mitään erityistä huomioitavaa tai ongelmakohtia?
3. Miten anturatyötä voisi mielestänne kehittää?
4. Millä menetelmällä työstätte harkkoja?
 - a. käsisaha
 - b. moottorisaha
 - c. kuumalanka
 - d. muu, mikä?
5. Mitä kehitysehdotuksia harkkojen työstöön ehdottaisitte?
6. Talviolosuhteissa huomioitavat seikat anturamuotti- ja valutyössä?
7. Mitkä ovat mielestänne perustus- ja anturamuottityön kannalta kriittisimmät työvaiheet niin aikataulullisesti kuin laadullisesti?

Runkotyö:

8. Kuinka monta "varvia" nostatte seinää anturan päälle yleensä ennen koron tarkistusta?
 - a. ei yhtään, antura oiotaan korkoonsa ennen harkkojen ladontaa
 - b. 1
 - c. 2
 - d. 3
9. Millä menetelmillä säädätte seinän koron oikeaksi?
10. Minkälaisia ohjureita käytätte harkkojen ladonnan aikana?
11. Millä kiinnitätte patolevyn listoineen harkkoon?
12. Kuinka suoritate harkkoladonnan liimaukset?
13. Mitä liimoja käytätte harkkotyössä?

14. Miten toteutate läpiviennit?

- a. Tarkistamme rakennekuvista hyvissä ajoin etukäteen läpiviennit ja huomioimme ne harkkojen ladonta vaiheessa
- b. Ennen valua tarkistetaan läpiviennit rakennekuvista ja ne tehdään ennen valutyötä
- c. Useimmiten kiireen takia tai puutteellisten kuvien takia läpiviennit tehdään valun jälkeen
- d. muu, mikä?

15. Minkälaisia nurkkaohjureita käytätte?

- a. puulauta ohjurit
- b. metalliset ohjurit
- c. oma viritelmä
- d. muu, mikä?

16. Miten kiinnitätte nurkkaohjurit paikoilleen?

17. Millä korkeudella valut yleensä toteutetaan?

18. Miten toteutate seinän tuennat ennen valua?

19. Millä varmistatte valubetonin notkeuden?

- a. silmämääräisesti
- b. tarkistetaan, miten betoni kulkeutuu valutilassa
- c. kysymällä betonin toimittajalta
- d. muu, mikä?

20. Mitkä ovat mielestänne valutyön tärkeimmät seikat ja miten ne työmaallanne huomioidaan?

21. Miten toteutate valutuennat tai mahdolliset valun oikaisut valun jälkeen?

22. Miten tuette väliseinärakenteet ulkoseinän valuun?

23. Miten tuette ikkuna-aukot valun aikana?

24. Onko uusi KIVISYDÄN LÄMPÖHARKKO U010 sisänurkkaharkko toimiva ja tuetteko sitä valunaikaisesti jollakin menetelmällä?

25. Mikä olisi mielestänne paras tapa hyödyntää harkot niin että hukkaa jäisi mahdollisimman vähän?

26. Mitä huomioita olette tehneet seinärakenteen raudoituksien osalta, ja mitä kehitettävää niissä olisi mielestänne?

27. Miten toteutate rakennekuvien palkkiraudoitukset?

- a. valmisraudoitteet
- b. teemme raudoitteet työmaalla itse ja nostamme yhtenäisenä paikoilleen
- c. teemme raudoitteet työmaalla itse ja nostamme osina paikoilleen
- d. muu, mikä?

28. Millä ja miten toteutate yläpohjan läpivientien tiiveyden?

29. Mitkä ovat mielestänne kriittisimmät kohdat yläpohjan tiiveyden laadunvarmistamiseksi?

30. Talvityössä huomioitavia seikkoja seinätyön osalta?

31. Mitkä ovat mielestänne runkotyön kriittisimpiä ja haastavampia työvaiheita niin aikataulullisesti kuin laadullisesti, ja kuinka näitä voisi mielestänne kehittää?

Telinetyö:

32. Minkälaisia telineitä käytätte työmaalla, ja miten telinetyötä voisi mielestänne kehittää?
33. Miten huomioitte telinetyössä niitä koskevat määräykset ja työturvallisuuden?
34. Onko teillä kehitys ehdotuksia telinetyöhön liittyen? Kalusto, työtavat ym.

Kiinnitykset:

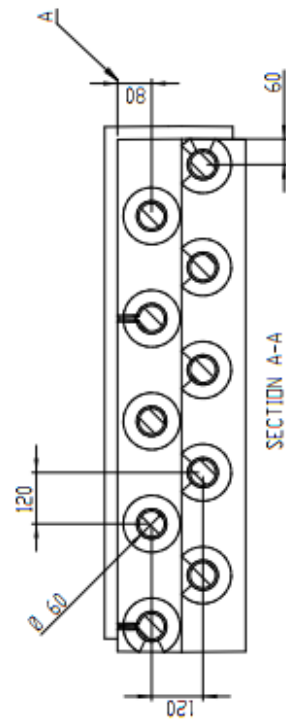
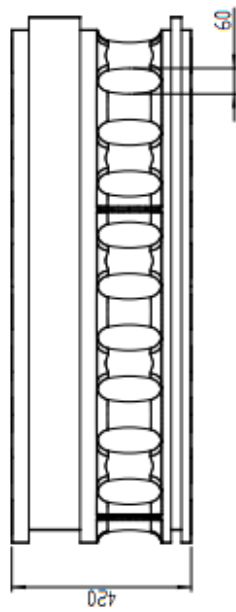
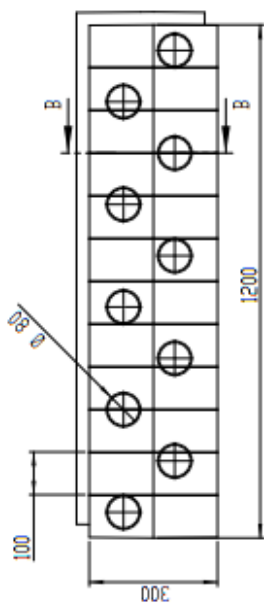
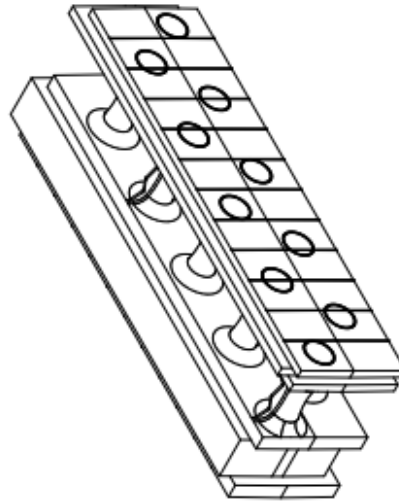
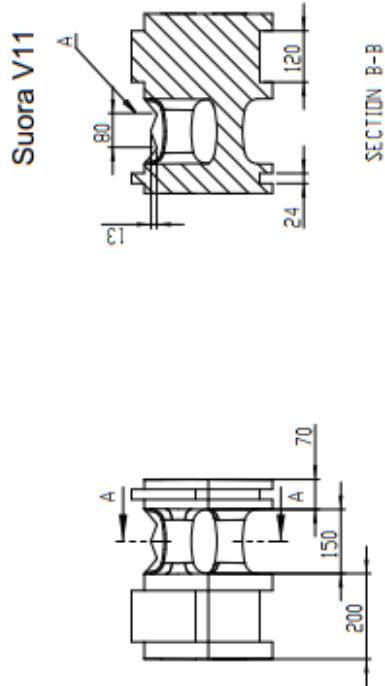
35. Mitä väliaikaisia harkkoon kohdistuvia kiinnitysmekanismeja käytätte, kuten valutuennat, telineet ym.?
 - a. Sormat ja Okaria
 - b. puuruuvit
 - c. betoniruuvit
 - d. muu, mikä?
36. Mitä pysyviä harkkoon kohdistuvia kiinnitysmekanismeja käytätte, kuten rakenteet, talotikkaat ym.?
 - a. sto
 - b. harvakierteiset eristeruuvit
 - c. pyrimme kiinnittämään raskaat rakenteet betonirunkoon
 - d. muu, mikä?
37. Mitä mekanismeja käytätte sisäseinissä esim. keittiökaapistojen tai raskaimpien kiinnitysten osalta?
 - a. vanerilevy
 - b. EK-kipsilevy ja peltikaista
 - c. Gyproc Habito
 - d. muu, mikä?
38. Mitkä kiinnitykset harkkoon olette kokeneet ongelmalliseksi?
39. Mitä kehitettävää ja mitä vaihtoehtoja harkkokiinnityksissä voisi olla?

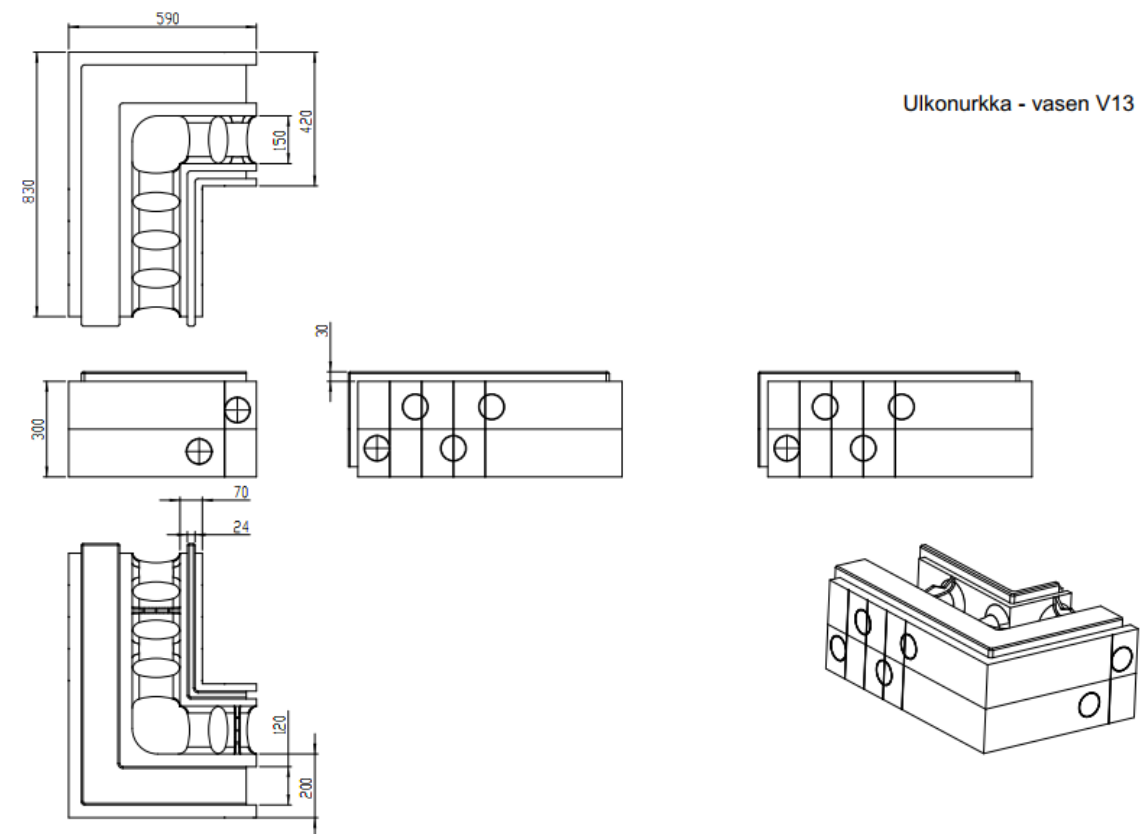
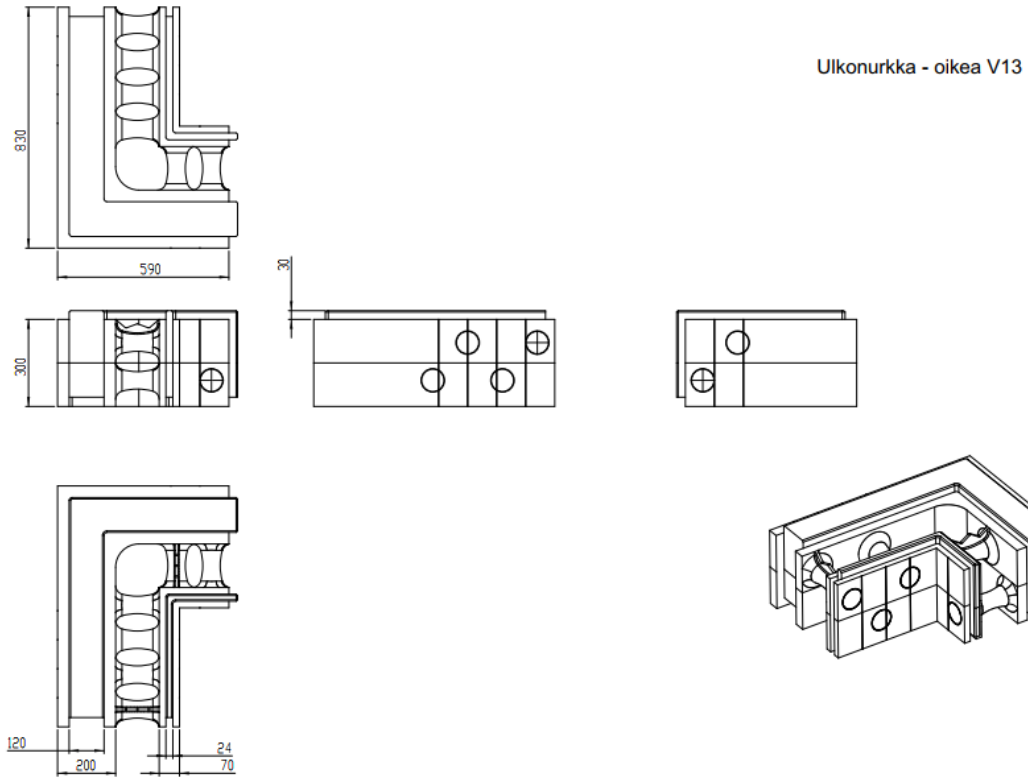
Työturvallisuus:

40. Kuka on työmaallanne työturvallisuuden vastuuhenkilö?
 - a. työnjohtaja
 - b. vastaava mestari
 - c. työntekijät itse
 - d. rakennusvalvonta
41. Miten työmaallanne huolehditaan työturvallisuudesta? Käytetäänkö säännöllisesti esim. henkilösuojaimia ja asianmukaisia telineitä?
42. Tunnistetaanko mielestänne työturvallisuus riskit hyvin ja ehkäistäänkö ne ennakolta?
 - a. kyllä
 - b. ei
43. Suoritetaanko työmaallanne TR-mittauksia?
 - a. viikoittain
 - b. kerran kuukaudessa
 - c. harvemmin
 - d. mikä on TR-mittaus?

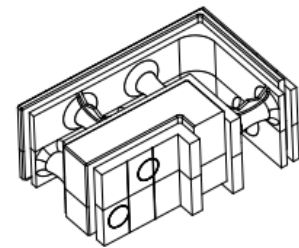
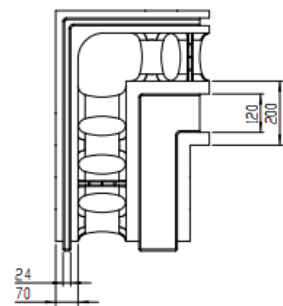
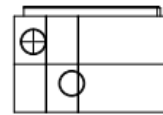
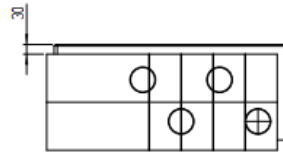
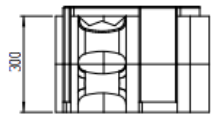
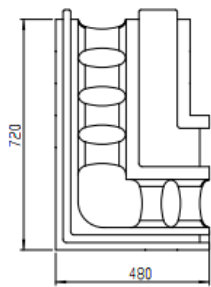
44. Mikä voisi mielestänne luoda suurimman riskin työturvallisuudelle?
- a. työturvallisuuden laiminlyönti
 - b. aikataulupaine ja kiire
 - c. puutteellinen perehdytys työtehtäviin
 - d. muu, mikä?
45. Onko työmaallanne ensiapuvälineet?
- a. kyllä
 - b. kyllä, mutta puutteelliset
 - c. ei
46. Onko ensiapuvälineisiin perehdytetty?
- a. kyllä
 - b. ei
47. Onko työmaallanne yleensä vähintään yksi ensiaputaitoinen?
- a. kyllä
 - b. ei
 - c. en tiedä
48. Millä käytännön keinoilla kehittäisitte työmaanne turvallisuutta?
- a. ensiapukoulutus ja hyvä työhön perehdytys
 - b. kunnolliset ja ergonomiset työturvallisuusvälineet
 - c. asenne muutokset työturvallisuutta kohtaan
 - d. muu, mikä?
49. Mikä voisi parantaa työturvallisuusasennetta yleisesti?
50. Talvityössä huomioitavia seikkoja turvallisuuden kannalta?

Liite 2: Kivisydän U010 -lämpöharkko mitat

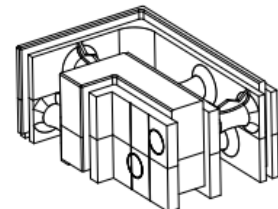
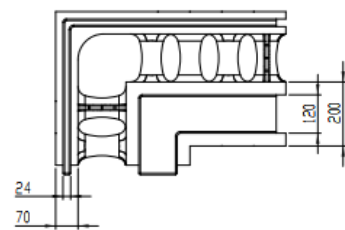
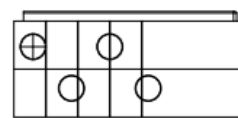
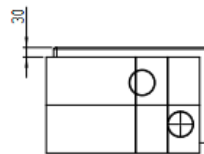
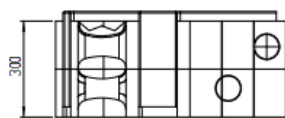
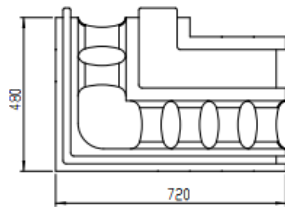




Sisänurkka - oikea V13









Sisänurkka - vasen V13



Liite 3: Työmaaturvallisuuden tarkistuslista

Työturvallisuus - CHECKLIST

- ASENNE RATKAISEE – Työturvallisuus alkaa itsestä.  CHECKED
- MIETI JA ENNAKOI- Ennen työvaiheen aloittamista mieti työturvallisuus riskit ja ennaltaehkäise vahingot.  CHECKED
- VARMISTA – Tarkista telineet, työtasot , työvälineet että ne ovat turvallisia käyttää.  CHECKED
- TARKISTA KAITEET – Telineetyössä tarkista aina kaiteet ja putoamissuojat .  CHECKED
- SUOJAA – Suojaa itsesi ja työympäristö. Varmista että henkilökohtaiset suojarusteesi ovat asian mukaiset.  CHECKED
- SIISTEYS - Pidä työmaa siistinä ja kulkutiet vapaana. Siirrä rakennusjätteet heti työn päätyttyä niille varattuun paikkaan.  CHECKED



YHDESSÄ TURVALLINEN KOTI - TURVALLISESTI !