



Kivisydän lämpöharkon asennusopas laadunvarmistuksena

Ammattikorkeakoulututkinon opinnäytetyö
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, rakennusmestari
syksy 2023
Antti Lönnqvist

Rakennusmestari

Tekijä Antti Lönnqvist

Työn nimi Kivisydän lämpöharkon asennusopas laadunvarmistuksena

Ohjaajat Mika Kärri (HAMK), Juha-Matti Pajulahti (Passiivikivitalot Nordic Oy)

Tiivistelmä

Vuosi 2023

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda Kivisydän lämpöharkoille asennusopas, jota voi hyödyntää rakentamisessa niin suunnittelijat, työnjohtajat, urakoitsijat kuin omatoimirakentajatkin. Asennusoppaan tarkoituksena on luoda laatua Kivisydän lämpöharkoilla rakennettaessa ja välttää yleisimmät epäselvyydet työvaiheissa. Työn tilaajana toimi Passiivikivitalot Nordic Oy.

Työssä perehdytään laadunvarmistukseen rakentamisessa ja sen toteuttamisen edellytyksiin. Lisäksi työssä käydään läpi Kivisydän lämpöharkon asentaminen ja toteutustavat perustuksista yläpohjaan asti.

Työ toteutettiin perehtymällä laajasti tuotteeseen haastatteleamalla valmistajan edustajaa ja rakentajia sekä tekemällä runsaasti työmaakäyntejä. Lisäksi perehdyttiin laajasti alan kirjallisuuteen koskien normeja, säädöksiä ja ohjeita sekä tutkittiin tuotteesta jo julkaistuja teoksia. Näiden avulla saatiin kasattua asennusopas, jonka avulla tuotteella saadaan rakennettua laadukkaita rakennuksia tehokkaasti.

Tämän työn tavoitteena ollut asennusopas on saatavilla sähköisenä pyydetessä Passiivikivitalot Nordic Oy:ltä ja sitä hyödynnetään heidän myyntityössä sekä rakentajakoulussa uusille tuotteen parissa työskenteleville.

Avainsanat Asennusopas, Kivisydän lämpöharkko, laadunvarmistus, passiivitalo

Sivut 41 sivua ja liitteitä 4 sivua

The goal of the thesis was to create an installation guide for Kivisydän lämpöharkko that can be used in construction by both planners, supervisors, contractors and self-builders. The purpose of the installation guide is to create quality when building with Kivisydän lämpöharkko and to avoid the most common uncertainties in the working phases. The thesis was commissioned by Passiivikivitalot Nordic Oy.

The thesis introduces quality assurance in construction and the conditions for its implementation. In addition, the thesis discusses the installation of Kivisydän lämpöharkko and the implementation methods from the foundations to the flat roof.

The thesis was carried out by getting to know the product extensively, interviewing the manufacturer's representative and builders, and by making many site visits. In addition, the industry's literature regarding standards, regulations and instructions was extensively studied, and already published literature on the product was explored. These were used to compile an installation guide, which allows us to build high-quality buildings efficiently with the product.

The installation guide, which was the goal of this work, is available electronically upon request from Passiivikivitalot Nordic Oy and it is used in their sales work and in their construction school for those who are new to working with the product.

Keywords Installation guide, Kivisydän lämpöharkko, passive structure, quality assurance
Pages 41 pages and appendices 4 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Laadunvarmistus rakentamisessa	2
2.1	Laadunvarmistuksen historia.....	2
2.2	Laadunvarmistus.....	3
2.3	Laadunvarmistus rakennustyömaalla	4
2.4	Rakentamisen laatukäsitteen elementtejä	5
3	Kivisydän lämpöharkot	6
4	Kivisydän lämpöharkkojen mittajärjestelmä	8
5	Työvaiheet	9
5.1	Pohjatyöt.....	9
5.2	Toimitus ja varastointi työmaalla	9
5.3	Perustukset.....	10
5.4	Raudoitus.....	11
5.4.1	Tartuntateräkset	11
5.4.2	Seinien perusraudoitus	12
5.4.3	Maanpaineseinän raudoitus.....	13
5.4.4	Palkkien ja pilarien raudoitus	14
5.5	Ladonnan valmistelu	15
5.6	Harkkojen ladonta	15
5.7	Harkkojen työstö	17
5.8	Ikkuna- ja oviaukot.....	18
5.9	Betonointi.....	19
5.9.1	Tuenta	19
5.9.2	Valumassa.....	19
5.9.3	Betonin laadunvarmistus ja notkeuden mittaus	20
5.9.4	Valaminen ja betonin tiivistäminen.....	21
5.9.5	Jälkihoito ja talvibetonointi	22
5.10	Välipohjat.....	24
5.11	Yläpohjat.....	26
5.12	Yläpohjien päädyt	27
5.13	Kivisydän lämpöharkon pinnoitus	29
5.13.1	Sisäpinnat.....	30

5.13.2 Julkisivut.....	32
6 Kiinnitykset.....	33
6.1 Kiinnitykset eristemateriaaliin	33
6.2 Kiinnitykset betoniin	36
7 Pohdinta.....	38
Lähteet.....	40

Kuvat ja taulukot

Kuva 1 Rajat Suomessa passiivitalon energiankulutuksille	7
Kuva 2 Kivisydän lämpöharkon kohdistusviivat sekä kannasten kohdat.....	8
Kuva 3 Kivisydän lämpöharkkojen vaatima tila työmaalla.....	10
Kuva 4 Tartuntateräkset kannasten jaolla	11
Kuva 5 Ensimmäiset harkkokerrokset asennettu ja tiivistetty perustuksiin.....	16
Kuva 6 Uritetut vesijohdot sisäpuolen eristeeseen	17
Kuva 7 Aukon tukeminen valun aikana	18
Kuva 8 Kartiokokeella testattu betonin notkeus.....	20
Kuva 9 Aukkojen alapinnassa oleva varmistusaukko	22
Kuva 10 Talvibetonoinnin suojaus.....	23
Kuva 11 Ontelolaatat asennettu runkobetonin päälle	24
Kuva 12 Ontelolaataston yläpuolinen harkkorivi asennettuna ja tiivistettynä	25
Kuva 13 Esimerkki puisten kattotuolien liittämisestä lämpöharkon runkobetoniin	26

Kuva 14 Esimerkki rapatun kohteen yläpohjan päädyn toteutuksesta	27
Kuva 15 Yläpohjan eristelevyn kiinnike upotettuna eristeeseen	28
Kuva 16 Hiottu eristepinta valmiina pinnoitettavaksi	29
Kuva 17 Seinien levytys aloitettu.....	30
Kuva 18 Sisäpuolen pinnoitus kipsirappauksella	31
Kuva 19 Ulkopuolinen pinnoitus rappaamalla.....	32
Kuva 20 Puujulkisivun koolauslaudat asennettuna.....	33
Kuva 21 Erilaisia EPS-materiaaliin soveltuvia kiinnikkeitä	34
Kuva 22 Erityisen tiheään EPS-lieriöön kiinnitetty talotikkaat	35
Kuva 23 Kierretangot terassin runkorakenteiden kiinnittämiseen	36
Kuva 24 Katoksen kannatuspuu kiinnitetty kierretankoihin	37
Taulukko 1 Kivisydän lämpöharkosta rakennetun seinän normaalikestävyys	12
Taulukko 2 Maanpaineseinän raudoitus.....	13
Taulukko 3 Palkkien kestävyudet ilman kannasten poistoa	14

Liitteet

Liite 1. Kivisydän lämpöharkko UO10 mittatiedot

Liite 2. Betonin oikeanlainen leviäminen muotissa

1 Johdanto

Kiinnostus rakennusten energiatehokkuuteen on kiihtynyt viime vuosina maailmassa nopeasti muuttuvien tilanteiden ja niiden vaikutusten takia. Kaikesta Suomessa kulutettavasta energiasta rakennuksissa käytetään lähes 40 prosenttia ja ne aiheuttavat yli 30 prosenttia päästöistä. Rakennusten koko elinkaaren päästöistä noin 20 prosenttia syntyy rakentamisen aikana ja rakennusmateriaaleista, joten rakennusten energiatehokkuudella on erittäin suuri merkitys rakennusten kokonaispäästöissä. (Rakennusteollisuus, 2023)

Passiivikivitalot Nordic Oy on valmistanut energiatehokkaita, ympäristöystävällisiä sekä kosteusturvallisia EPS-muottiharkkoja jo lähes 20 vuotta. Yritys valmistaa energiatehokkaita kivitaloja ICF-harkkomenetelmällä (ICF=Insulated Concrete Form), jolla päästään helposti passiivitalon vaatimukseen ja jopa plusenergiarakentamiseen. Nykyisin käytössä oleva Kivisydän lämpöharkko on mallisuojeuttu ja otettu käyttöön 2020.

Opinnäytetyön tavoitteena on luoda Passiivikivitalot Nordic Oy:n mallisuojeutulle innovaatiolle Kivisydän lämpöharkkoille asennusopas. Asennusopasta voivat hyödyntää työssään niin suunnittelijat, työnjohtajat, urakoitsijat kuin omatoimirakentajatkin. Asennusoppaan avulla tuotteella onnistuu rakentamaan kaikki kenelle rakennustyömaan tavanomaiset työkalut ja työmenetelmät ovat tutut. Luodun oppaan avulla lisätään rakentamisen laatua sekä rakennusten energiatehokkuutta välttämällä työmailla tähän mennessä olleet yleisimmät virheet rakentaessa Kivisydän lämpöharkosta.

Laatua on seurattu rakennustyömailla ja rakennusteollisuudessa jo useiden vuosikymmenien ajan. Rakentamisessa laatuajattelu on ollut merkittävässä roolissa vuosien ajan, jotta varmistetaan lopputuotteen oikeanlaisuus, niin rakenteellisesti kuin esteettisestikin. Kuitenkin työtapaturmat ja laatupoikkeamat rakennusalalla ovat saaneet merkittävää huomiota mediassa viimeisten vuosikymmenien aikana. Uutisissa esitetyt home- ja kosteusvaurioihin sekä tapaturmiin liittyvät ongelmat ovat herättäneet ihmisten mielenkiinnon ja valitettavasti jopa huolen rakennustuotannon laatuun.

Rakentamisen laatu on suunnitelmallisuutta, tarkkuutta ja ammattitilpeyttä alkusuunnitteluista alkaen. Käyttämällä tarkkoja työkaluja, koneita ja mittalaitteita sekä yksityiskohtaisia ja toteutettavia suunnitelmia päästään suunnitelmien mukaiseen haluttuun laatuun sovituissa aikataulussa ja kustannuksissa. Systemaattinen laadunvalvonta otettiin ensimmäisen kerran käyttöön teollisuudessa, kun tuotteita alettiin valmistaa sarjatuotantona ja

tuotantokapasiteettia tarvitsi nostaa, ilman että laatu kärsisi. Laadunvalvontaa koskeva ajatusmalli on sittemmin siirtynyt rakennustuotantoon ja sitä on jatkuvasti kehitetty vastaamaan rakennustuotannon tarpeita. Nykyään laadunvalvonta on päivittäistä toimintaa niin rakennusteollisuudessa, kuin -työmaillakin. Laadunvalvonnalla pyritään ennalta ehkäisemään virheiden syntyä.

2 Laadunvarmistus rakentamisessa

Jokainen organisaatio tarvitsee laadunhallintasuunnitelman, jossa määritellään laadunvalvonnan toteutus ja dokumentointi. Laadunhallintasuunnitelma sisältää sekä suorituskyvyn sekä prosessien jatkuvaa seurantaan varmistaakseen yrityksen laaduntarpeiden ja -odotusten täyttymisen. Relevanttien asiakirjojen dokumentointi on olennainen osa laadunhallintaa, jotta voidaan osoittaa laadunvalvonnan toteutus sekä sisäisiin että ulkoisiin sidosryhmiin nähden. Rakentamisessa laadulliset odotukset voidaan määritellä monin eri tavoin sekä useiden yksilöiden näkökulmasta. Esimerkiksi laadukas rakentaminen voi tarkoittaa työn huolellista toteutusta sovittujen asiakirjojen mukaisesti tai halua kehittää omaa prosessia tunnistettujen virheiden avulla, jolloin laadullisten virheiden syntyminen voidaan estää. (Finanssialan keskusliitto, 2008, s. 4)

2.1 Laadunvarmistuksen historia

Laadunvalvonta käynnistettiin teollisuudessa valmiiden tuotteiden seurannalla ja tarkastamisella. Valmiiden tuotteiden tarkastelu ei kuitenkaan ollut kustannustehokas ratkaisu tähän mennessä. W.E. Deming ja J. Juran huomasivat tämän kehittäessään laadunhallintaa 1950-luvulla. Laatuajattelu alkoi kehittyä nopeasti, kun huomattiin, että tuotettavan tuotteen laatua voitiin kontrolloida jo tuotannon varhaisissa vaiheissa tarkastusten ja työtiimien avulla ilman kustannusten kasvua. Painopiste siirtyi valmiiden tuotteiden tarkastelusta prosessien seurantaan. Tuotannossa alettiin keskittyä laatuun vaikuttaviin olennaisiin tekijöihin hidastamatta samalla tuottavaa tuotantoprosessia, sillä virheiden esiintymistä voitiin vähentää parantamalla valmistustekniikoita. (Kempainen ym., 2016, s. 8)

1980-luvulla ymmärrettiin, että laadun käsite sisälsi laadunvalvonnan, laadunkustannukset, luotettavuustekniikan ja nollavirheajattelun. Merkittävin käsite laadunhallinnassa oli Demingin kehittämä kokonaisvaltainen laatujohtaminen (TQM - Total Quality Management), joka sai

laajaa tunnustusta ja saavutti kansainvälisen standardisoidun aseman ISO 9000 -standardin kautta. (Kempainen ym., 2016, s. 8)

Laitteiden ja koneiden nopean kehittymisen myötä yhteiskunta muuttui informaatioyhteiskunnaksi, mahdollistaen nopeamman ja helpomman viestinnän yhteisöjen välillä. Samanaikaisesti tämä kehitys paransi yritysten välistä yhteistyötä ja johti vähitellen yhteistyöhön uusien eri toimittajien välillä. Rakennustuotannossa tämä havaittiin nopeasti, kun alirakoitsijat ja toimittajat tulivat osaksi tuotantoprosessia. Tämä osaltaan vaikeutti laadunvalvontaa ja valvontaa. Laadun saavuttamiseksi tarvittiin kaikkien osapuolien osallistumista laadunvalvontaan ja -ohjaukseen. Yhden osapuolen ei ollut enää mahdollista olla vastuussa laadunhallinnasta. Menestys vaati yhteisöltä yhtenäistä laadunvalvontajärjestelmää. (Kempainen ym., 2016, s. 8)

2.2 Laadunvarmistus

Vuonna 2023 vuoden työmaa -kilpailun teemana oli ladunhallinta ja suuri merkitys annettiin työmaan reagoitakykyyn sopeutua nopeisiin muutoksiin. Muutokset työmaalla eivät ole tavanomaisesta poikkeavia, mutta niihin nopeasti sopeutuminen vaatii työmaalta erityisen lujaa yhteishenkeä ja selkeitä yhteisiä tavoitteita. Työmaalta vaaditaan paljon sopeutuakseen nopeisiin työmaalla tapahtuviin yllättäviin tilanteisiin, ja selvitäkseen niistä laadukkaasti, sekä aikataulussa, että pysyäkseen kustannuksissa. Työmaan kyky aikatauluttaa tulevat työvaiheet muutosten aikana kertoo paljon laadusta, sillä laadukas työmaa ei ajaudu vaikeuksiin haasteellisissa tilanteissa, vaan se kykenee käsittelemään ongelmat ilman laadun heikkenemistä. (Jalli ym., 2023, ss. 4–7)

Henkilöstön moraalialia ei voi laadussa väheksyä, sillä ilman sitoutunutta henkilöstöä ei laatua voida rakentaa. Vaikka sopimustekniikka ja -tuntevuus on rakennusalalla kehittynyt, on silti vaarana väärinymmärrykset heikosti laadituissa sopimuksissa. Jokaisen urakoitsijan sitoutuneisuus ja heiltä vaadittujen laatutoimenpiteiden täyttäminen nousee avainasemaan työmaalla. Sopimusten tulee olla yksiselitteisiä, eikä niissä voi olla ristiriitaisuuksia, jotta työmaalla tehdyssä työssä voi olla ristiriitaisuuksia tai tulkinnanvaroja. (Jalli ym., 2023, ss. 4–7)

Rakentamisen laadun positiivinen kehitys on jäänyt valitettavasti negatiivisen jalkoihin julkisuudessa. Negatiiviset käsitykset laadun heikkoudesta ovat usein yksittäistapauksia, jotka väärin ymmärtävät alan laatukäsityksiä. Uutisissa ja keskustelupalstoilla huomiota selvästi enemmän saavat negatiiviset viittaukset ovat vallitsemassa lukijoiden mieltä rakennusalasta,

vaikka esimerkiksi alasta riippumattoman Epsi Rating:in teettämässä uudisasuntorakentamisen asiakastyytyväisyyskyselyssä asunnonostajat ovat olleet erittäin tyytyväisiä uusien asuntojensa laatuun. Rakennusalaa käsiteltäessä tulisi kuitenkin huomioida toimialan koko, sillä alalla työskentelee noin 250 000 henkilöä ja noin 40 000 yritystä. (Jalli ym., 2023, ss. 4–7)

Ei myöskään tule unohtaa alan käsityöläisyyttä. Rakennusalalla lähes kaikki työ tehdään käsityönä, jolloin eri paikoissa rakennetulla samoilla suunnitelmilla olevilla tuotteilla on kunkin verran erilaisia valmiita tuotteita. Valmiita rakennustuotteita tuleekin tarkkailla ennemminkin yksilöinä, tai jopa taideteoksina, silloin kun ne täyttävät laadullisesti tilaajalta niille asetetut vaatimukset.

2.3 Laadunvarmistus rakennustyömaalla

Laadun toteuttaminen työmaalla ja projektin onnistunut loppuunsaattaminen varmistetaan laatusuunnitelmien, projektisuunnitelmien, tarvittavien asiakirjojen, sekä motivoituneen henkilökunnan avulla. Projektiasiakirjojen perusteella laaditaan laatusuunnitelma, jossa esitellään laadunvarmistustoimet ja tarkastusmenetelmät. Rakentamisvaiheessa urakoitsija toteuttaa sovitut laadunvarmistustoimet sekä dokumentoi työmaalla saavutetut tulokset laatusuunnitelman mukaisesti. Tämä varmistaa, että asiakkaan vaatima laatu saavutetaan ja työ hyväksytään. Yleensä laatuvaatimukset koskevat lopputuotteen mittoja, toleransseja, ominaisuuksia tai ulkonäköä, parhaimmillaan kerralla useampaa eri kohtaa. Rakennustuotannossa kuitenkin halutaan valvoa työsuoritukseen tai toimintoihin liittyviä laatuvaatimuksia, kuten materiaalien varastointia, rakenteiden suojelua, jätehuoltoa tai työmaan siisteyttä sekä ennen valmista, silmin katseltavaa työtä, tapahtuvia työsuorituksia. (Kemppainen ym., 2016, s. 11)

Laatusuunnitelman sisältö vaihtelee projektin vaikuttavien tekijöiden perusteella. Laatusuunnitelmat ottavat huomioon projektin koon, rakennustyön sisällön ja monimuotoisuuden, työvaiheiden toistettavuuden sekä osapuolten määrän ja osaamisen. Esimerkiksi julkisivuremonttihankkeessa laatusuunnitelman tulee selittää hyvinkin tarkkoja työssä tehtäviä yksityiskohtaisia toimenpiteitä. Laajamittaisessa kunnostushankkeessa painopiste on usein osapuolten toimintojen koordinoinnissa ja yksityiskohtaisemmassa laadunvarmistuksen suunnittelussa työvaiheiden aikana sekä rakennuksen energiankulutuksen pienentämisessä. Laatusuunnitelmaa laadittaessa on otettava huomioon rakentamisaika tai -ajoitus, sillä tietyissä olosuhteissa jotkin työvaiheet eivät välttämättä ole toteutettavissa tai vaativat esimerkiksi hyvin pitkän kuivumisajan vaadituissa olosuhteissa

työn valmistumisen jälkeen. Rakennuksen koko sekä rakentamis-, sekä käyttöaika on otettava huomioon laatusuunnitelmassa sujuvan etenemisen ja työn koordinoinnin varmistamiseksi sekä rakennuksen hiilijalanjäljen vähentämiseksi. (Kemppainen ym., 2016, s. 11)

Urakoitsijoiden omaan laadunvarmistustoimenpiteisiin kuuluvat tehtäväsuunnitelmien laatiminen, oman- sekä aliurakoitsijoiden työn valvonta ja ohjaus, tarvittavien kokousten järjestäminen, vaadittavien mittauksien ja testien suorittaminen, mallien luominen ja rakennuttajalla hyväksyttäminen, työntekijöiden perehdyttäminen sopimusasiakirjoihin sekä työn suoritusten dokumentointi. Urakoitsijan on vaadittava vastaavaa laaduntarkastelua ja dokumentointia myös tavarantoimittajiltaan ja aliurakoitsijoiltaan varmistaakseen koko tuotantoketjun laatu. Rakennuttajat ja suunnittelijat huolehtivat omalla vastuullaan olevista valvontatoimenpiteistä sekä kirjaavat tehdyt toimenpiteet työmaalla käytössä olevaan kirjanpitoon. Kukin osapuoli vastaa itselleen kuuluvista tehtävistä ja on vastuussa tiedottamaan muita osapuolia havaitsemistaan poikkeamista tai muutoksista. (Mäki, 2009, ss. 2–3)

2.4 Rakentamisen laadukäsitteen elementtejä

Rakennuslaadun määrittäminen voidaan saavuttaa jakamalla prosessi laadullisiin tekijöihin, jossa laadun arviointi sisältää neljä eri osa-aluetta: suunnittelu, tuotanto, ympäristö ja lopullinen tekninen tulos. Jakamalla rakentamisen laatu osatekijöihin on helpompaa tuotantoketjun virheiden tunnistaminen sekä niiden syiden ymmärtäminen. (Kemppainen ym., 2016, s. 11)

Suunnittelunlaatu viittaa tilaajan tarpeiden ja toiveiden täyttämiseen suunnitelmilla sekä säännösten ja hyvien rakennuskäytäntöjen noudattamiseen. Laadukkaat suunnitelmat ovat toteutettavissa, johdonmukaisia ja riittävän yksityiskohtaisia valmista lopputuotosta varten. Korjaus- ja muutostöissä on tärkeää perustaa suunnitelmat rakennuksen kuntoarvioihin tai rakennusselvityksiin, jotta ne kuvaavat tarkasti rakennuksen todellista kuntoa ja ottavat huomioon mahdollisten korjausten jälkeisen käytön ja elinkaaren. Tämä auttaa välttämään olemassa olevien rakenteiden ylikuormitusta sekä lisä- tai muutostöitä. (Kemppainen ym., 2016, s. 11)

Tuotantolaatu pyrkii varmistamaan, että rakennustyöt suoritetaan suunnitellussa aikataulussa, budjetissa ja turvallisesti, täyttäen suunnitellut laatuvaatimukset. Haluttu laatu voidaan saavuttaa käyttämällä sopivia työmenetelmiä, varmistamalla, että olosuhteet

täyttävät työn ja materiaalien vaatimukset, sekä toteuttamalla työ ilman häiriöitä. Asiakaskeskeinen rakentaminen sisältää asiakasvaatimusten täyttämisen ja onnistuneen yhteistyön kaikkien osapuolten kesken. Etenkin lisä- tai muutostöiden tehokas hallinta ja asiakkaan tietoisuus hankkeen kustannuksista ovat tärkeitä tekijöitä asiakkaan kokeman laadun kannalta. (Kemppainen ym., 2016, s. 11)

Ympäristölaatu pyrkii edistämään yhteiskunnan ja toimintaympäristön henkistä ja fyysistä hyvinvointia toteuttamalla rakennustuotantoa häiritsemättä ympäristöä. Laadullisessa tuotannossa on tärkeää ottaa huomioon ympäristöön vaikuttavien muiden käyttäjien vaikutukset ja näin olla häiritsemättä jo olemassa olevaa ympäristöä. (Kemppainen ym., 2016, s. 11)

Lopullinen tekninen laatu kuvaa tuotteen lopputulosta. Lopputulosta verrataan suunnitelma-asiakirjoihin, laatuvaatimuksiin ja hyväksytyihin malleihin. Vain hyväksytyt laatuvaatimuksen täyttävä lopputuote hyväksytään ja otetaan käyttöön. Suunnitelmien tulee olla niin yksiselitteisiä, että oikeiden työmenetelmien avulla voidaan saavuttaa asetetut laatuvaatimukset.

3 Kivisydän lämpöharkot

Kivisydän lämpöharkko valmistetaan harmaasta EPS (expanded polystyrene) eli paisuvasta polystyreenigranulaatista ja joukkoon sulautetuista grafiittipartikkeleista. Harkko muodostuu joko 200 mm tai 100 mm leveästä ulkokerroksesta, 150 mm leveästä valutilasta ja 70 mm leveästä sisäkerroksesta. Ulko- ja sisäkerroksia pitävät yhdessä samasta materiaalista olevat 120 mm:n jaolla olevat pyöreät, halkaisijaltaan 60 mm:n kannakset. Uudistettu sekä entisestään kehitetty harkko mahdollistaa kosteusturvallisen ja energiatehokkaan rakentamisen. Kivisydän lämpöharkolla voidaan rakentaa jopa plusenergiarakennus käyttämällä pientä lisäenergianlähdettä, esimerkiksi aurinkopaneeleita. (Pajulahti, henkilökohtainen tiedonanto, haastattelu, 7.7.2023) Liitteessä 1 on esitetty Kivisydän lämpöharkko UO10:n mittatiedot ja periaatekuvat. UO16 harkko poikkeaa näistä vain ulkoeristeen paksuudella.

Kivisydän lämpöharkoilla rakentaminen on helppoa ja ergonomista niiden keveyden ja mittatarkkuuden ansiosta. Yksi harkko painaa vain noin 3–4 kg. Tämän lisäksi Kivisydän lämpöharkolla toteutetaan kosteusteknisesti turvallinen sekä terve rakennus, sillä se on hygroskooppinen materiaali, samoin kuin harkon sisällä oleva betoni, eli ne voivat

vastaanottaa ja luovuttaa kosteutta itseensä ympärillä vallitsevan ilman mukaan.
(Passiivikivitalot, 2023)

Passiivikivitalojen mallisuoajatut Kivisydän lämpöharkot UO10 ja UO16 täyttävät Euroopan standardin EN 13163 vaatimukset lämmöneristetuotteista rakentamiseen (SFS-EN 13163:2016). Molemmat tuotteet täyttävät Ympäristöministeriön asettamat vaatimukset rakennuksen seinien lämmönläpäisykertoimesta ($U < 0,17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017 § 24). UO10 lämpöharkon U-arvo on $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ja UO16 lämpöharkon vastaavasti $0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Kivisydän lämpöharkoilla rakennettaessa päästään vaivattomasti passiivitalon vaatimuksiin. VTT:n määritelmän mukaan passiivitalo tarvitsee lämmitysenergiaa Etelä-Suomessa noin $20 \text{ kWh}/\text{brm}^2$ vuodessa, keskeisessä Suomessa noin $25 \text{ kWh}/\text{brm}^2$ ja Pohjois-Suomessa noin $30 \text{ kWh}/\text{brm}^2$ vuodessa. Ilmanvuotoluku $qE50$ tulee passiivitalossa olla alle 0,6 ja primäärienergiankulutus tulee olla $130\text{--}140 \text{ kWh}/\text{m}^2/\text{vuosi}$, sijainnin mukaan. (Nieminen, 2009, s. 20) Kuvassa 1 esitellään Suomessa olevat maantieteelliset rajat passiivitalon energiatarpeiden sijainneista.

Kuva 1 Rajat Suomessa passiivitalon energiakulutuksille (Nieminen, 2009, s. 20)



4 Kivisydän lämpöharkkojen mittajärjestelmä

Kivisydän lämpöharkkoilla rakennettaessa ei rakennusta tai aukotuksia tarvitse suunnitella moduulimittoihin, sillä harkot voidaan katkaista mistä kohdasta tahansa. EPS-harkon molemmilla sivuilla on 10 cm välein apu-ura auttamaan harkon katkaisua suoraan ja lisäksi pyöreät kannasten kohdat on merkitty harkkoon helpottamaan läpivientien tekemistä.

(Pajulahti, henkilökohtainen tiedonanto, haastattelu, 7.7.2023) Kuvassa 2 kaksi Kivisydän lämpöharkkoa päällekkäin kuvastamassa harkkojen katkaisuviivoja sekä pyöreitä kannaksien kohtia, kuvassa kaksi lämpöharkkoa päällekkäin.

Kuva 2 Kivisydän lämpöharkon kohdistusviivat sekä kannasten kohdat.



5 Työvaiheet

Kivisydän lämpöharkoista rakennuksia rakentaessa työvaiheet ovat helposti toteutettavissa sekä tavanomaisia jokaiselle rakennustyömaalle. Tässä kerrotaan tarkemmin Kivisydän lämpöharkon asennuksen eri vaiheista ja menetelmistä, jotta Kivisydän lämpöharkoilla rakentaminen onnistuu vaivatta ja suunnitelmien mukaisesti saavuttaen laadukkaan rakennuksen.

Kivisydän lämpöharkoilla rakentaessa työvaiheet ja työmenetelmät on rakennusalalla yleisesti käytettyjä. Tuotteella rakentaminen ei vaadi erikoisosaamista ja sillä on yksinkertaista rakentaa näiden ohjeiden avulla energiatehokas ja kosteusturvallinen rakennus.

5.1 Pohjatyöt

Laadukkaan rakennuksen perustuksilla on kestävä ja teknisesti toimivat pohjat. Pohjatyöt rakennuspaikalla tulee rakentaa suunnitellulla tavalla vastaamaan tulevan rakennuksen ja sen perustusten vaatimuksia. Pohjatyöt tulee tehdä huolellisesti, jotta helpotetaan seuraavia työvaiheita. Lisäksi näin vältetään seuraavissa rakennekerroksissa valtavasti aikaa vieviltä korjaustoimenpiteiltä tai jopa mahdolliselta purkamiselta.

Pohjatyötä tehdessä tulee huomioida toimitettavien Kivisydän lämpöharkkojen vaatima alue toimituksen saapuessa tontille. Yksi kuormalava vaatii tilaa noin 1 m x 1,2 m ja tämän lisäksi tulee huomioida purkamisen vaatima tila, mikäli sitä ei voida tehdä esimerkiksi kadulta. Yhdelle lavalle mahtuu UO10 harkkoja 15 kpl ja UO16 harkkoja 18 kpl. Sisä- ja ulkonurkkaharkot toimitetaan omissa lavoissaan, joista ne on kätevä jakaa valmiiksi lähelle asennuspaikkoja.

5.2 Toimitus ja varastointi työmaalla

Kivisydän lämpöharkot toimitetaan työmaalle kätevissä, helposti avattavissa ja pakkausmateriaalin kierrätettävissä paaleissa kuormalavojen päällä. Harkkojen keveyden ansiosta ei työmaalle tarvitse tilata kalliita laitteita harkkojen siirtämiseen toimituksen jälkeen tai sen yhteydessä. Kivisydän lämpöharkkoja ei tarvitse erikseen työmaalla suojata sääolosuhteilta, sillä ne kestävätkin ilman ulkopuolista suojaamista yli 12 kuukautta. Tilauksen yhteydessä asiakkaalle ilmoitetaan kuormalavojen määrä, jotta maanrakennus- ja

runkourakoitsijoiden on helpompi varautua tarvittavaan tilaan jo pohjatöitä suunniteltaessa. Suuremmat määrät voidaan toimittaa työmaalle useammassa erässä, mikä helpottaa työmaan logistiikkaa etenkin ahtailla tonteilla työskennellessä. Laadukkaalla aluesuunnittelulla saadaan työmaa toimivaksi, eikä täyteen varastoitu työmaa hidasta työmaan etenemistä suunnitellussa aikataulussa. Kuvassa 3 esitetään Kivisydän lämpöharkkojen vaatimaa tila työmaalla.

Kuva 3 Kivisydän lämpöharkkojen vaatima tila työmaalla.



5.3 Perustukset

Kivisydän lämpöharkot voidaan asentaa mille tahansa rakennesuunnittelijan määrittämälle perustukselle. Perustukset voivat olla yhdessä tasossa, porrastetut tai vastaavan suunnittelijan määrittämällä kaltevuudella rinteessä. Perustusten leveyttä ja mahdollisia tartuntateräksiä suunniteltaessa tulee huomioida teräksen ja harkon väliin minimissään 20 mm:n suoja- ja eristyskerros teräksen tarttuvuuden takaamiseksi (Lempa, 2022, s.11). Tavanomaisesti Kivisydän lämpöharkot asennetaan maanvaraisen tai paaluperustuksen päälle. Perustukset tulee olla tehtynä ennen harkkojen asennusta perustussuunnittelijan suunnitelmien mukaisesti ja perustusten suuret, yli 20 mm:n epätasaisuudet tulee olla tasoitettuna ennen harkkojen asentamista. Näin harkot saadaan asennettua ja tiivistettyä huolellisesti perustuksiin ja valussa onnistutaan. Ennen valamista tulee varmistaa perustusten sijainti, raudoitukset ja niiden suojaetäisyydet sekä perustusten pituus-, korkeus-, ja ristimitat, että ne vastaavat suunnitelmia ja mahdollistavat näin työn suunnitellun etenemisen vaivattomasti.

5.4 Raudoitus

Kivisydän lämpöharkon perusraudoitus on hyvin yksinkertainen verrattaessa kivipintaisiin harkkoihin. Kivisydän lämpöharkkojen eristysmateriaali toimii laakerikerroksena betonin ja ulko- sekä sisäpintojen välissä, joten betonin lujuuden kannalta merkityksettömät hiushalkeamat ei tule pintamateriaaleihin näkyviin. Rakennus voidaanankin pinnoittaa heti runko- ja yläpohjatöiden valmistuttua sään niin salliessa, ilman välissä olevaa lämmityskautta. (Pajulahti, henkilökohtainen tiedonanto, haastattelu, 7.7.2023) Jokaisessa kohteessa vastuullinen rakennesuunnittelija määrittää erikseen terästen jatkospituudet ja vaaditut betonin suojaetäisyydet.

5.4.1 Tartuntateräkset

Mahdolliset tartuntateräkset perustuksista harkkojen valutilaan tulee olla vastuullisen suunnittelijan mukaiset, jotta rakenteille saavutetaan tarvittavat kuormitusten kestävyys. EPS-kannasten jako on k120, joten tartunnat tulee asentaa tämän kerrannaisilla mitoilla. Kuvassa 4 on esitetty tartuntaterästen jako kannasten jaolla.

Tartuntaterästen jako kannattaa aloittaa nurkasta nurkkaharkon avulla, jolloin tartuntateräkset ei osu kannasten kohdalle, kuin enintään seinän keskivaiheilla mahdollisesti katkaistun harkon kohdalla. Tässä tapauksessa tulee tartuntateräksellä kannas ohittaa jommaltakummalta puolelta. (Pajulahti, henkilökohtainen tiedonanto, haastattelu, 7.7.2023) Kannasten läpi ei raudoitusta saa tuoda, sillä silloin teräs ei ole kauttaaltaan sitoutunut betoniin.

Kuva 4 Tartuntateräkset kannasten jaolla.



5.4.2 Seinien perusraudoitus

Seinien raudoitusten tulee olla rakennesuunnitelmien mukaiset, jotta seinille saavutetaan tarvittavat rakennelujuudet. Kivisydän lämpöharkon seinärakenne voidaan tietyissä tapauksissa suunnitella myös niin sanotusti raudoittamattomana, mikäli seinän kuormitus ei ole suurta (Nykyri, 2015, s.173). Tällöin Kivisydän lämpöharkkoseinän ala- ja yläpintaan asennetaan vaakaan kehäraudoitus 2T10. Nurkkiin ja aukkojen pieliin asennetaan pystyraudoitus, yleensä 2T10, reunalohkeamien estämiseksi (Pajulahti, henkilökohtainen tiedonanto, haastattelu, 7.7.2023).

Kivisydän lämpöharkossa on vaakaraudoituksille asennusta ja raudoitusten paikalla pysymistä helpottamaan asennuskolot, joissa ne lepäävät. Pystyraudoituksissa tulee huolehtia harkon seinämään minimissään 20 mm:n suojaetäisyydestä, jotta raudoitusta ympäröi riittävä betonipeite kauttaaltaan. Aukkojen pielessä olevan betonin suojapeitteen raudoituksille määrää vastuullinen rakennesuunnittelija jokaiseen kohteeseen rasitusluokan ja rakennuksen suunnitellun käyttöiän mukaan erikseen. Riittävällä betonipeitteellä estetään betonin mahdollisen karbonatisoitumisen aiheuttama teräksen korrosio. Lisäksi riittävällä betonipeitteellä taataan terästen tartuntavoimien siirtyminen suunnitellusti ja rakenteen riittävä palonkestävyys (Betonitieto, (n.d.-d). Taulukossa 1 on esitetty Kivisydän lämpöharkon normaalivoimakestävyydet niin sanotulla perusraudoituksella. Taulukossa 1 e (mm) on epäkeskisyyks, e_d on epäkeskisyyks, johon on lisätty lisäepäkeskisyyks ja L_c (m) on seinän korkeus.

Taulukko 1 Kivisydän lämpöharkosta rakennetun seinän normaalikestävyys (Lempa, 2022c).

Normaalivoimakestävyys				
e (mm)	20	30	40	50
e_d (mm)	22,5	32,5	42,5	52,5
L_c (m)	N kN/m			
1,5	589	490	398	241
1,8	581	482	391	234
2,1	578	473	382	223
2,4	572	465	374	218
2,7	565	460	367	210
3	554	457	358	204
3,3	550	449	345	197
3,6	541	438	339	193

5.4.3 Maanpaineseinän raudoitus

Maanpaineseinän raudoitus toteutetaan joko oheisen taulukon tai vastuullisen rakennesuunnittelijan suunnitelmien mukaisesti, jotta seinä kestää sille suunnitellut kuormitukset. Taulukossa 2 on esitetty kivisydän lämpöharkoilla tehdyn tutkimuksen mukaiset maanpaineseinän raudoitukset.

Maanpaineseinän raudoituksessa tulee erityisesti huomioida seinään kohdistuvat vaakavoimat. Maanpaineesta aiheutuvat voimat pyrkivät työntämään seinää sisäänpäin sen heikoimmasta kohdasta, näin ollen pystyraudoituksella on erittäin tärkeä merkitys maanpaineseinissä ja sen paikallaan pysymisessä.

Taulukko 2 Maanpaineseinän raudoitus (Lempa, 2022b).

Pystyraudoitus	T8 k240	T8 k120	T10 k240	T10 K120
Nurjahduspituus L (m)	Suurin sallittu täyttökorkuus H (m)			
2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
2,4	1,95	2,4	2,4	2,4
2,7	1,85	2,55	2,3	2,7
3	1,75	2,4	2,1	2,9
3,3	1,65	2,3	2	2,8
3,6	1,6	2,2	1,95	2,7
3,9	1,5	2,1	1,9	2,6

5.4.4 Palkkien ja pilarien raudoitus

Palkkien raudoituksen määrittää rakennesuunnittelija jokaiseen kohteeseen erikseen. Apuna voi käyttää taulukkoa 3, joka on toteutettu Kivisydän lämpöharkoille ilman EPS-kannakkeiden poistamista. Raudoitus tulee suunnitella ja toteuttaa teräsbetonipalkin mukaisesti. Mikäli rakenteet ovat suuren kuormituksen alaisena, voidaan kannaksista poistaa osa tai kaikki ja käyttää tällöin harkon kuoria muottina palkille tukemalla ne ulkopuolisilla kiinnikkeillä lujasti toisiinsa. (Pajulahti, henkilökohtainen tiedonanto, haastattelu, 7.7.2022) Käyttämällä harkon kuoria muottina päästään Kivisydän lämpöharkkojen asennusta jatkamaan vaivatta heti valun jälkeen ja seinäpinnat pysyvät yhtenäisinä. Tällöin myös rakennuksen energiatehokkuus säilyy. Taulukossa 3 on esitetty Kivisydän lämpöharkoilla toteutetut palkit ilman kannasten poistoa.

Taulukko 3 Palkkien kestävydet ilman kannasten poistoa (Lempa, 2022a).

qd kN/m						
H	300		600		600	
Betoni	C25/30					
Pääter.	2 T10	2 T10	2 T10	2 T10	3 T10	3 T10
Haat	T6k120	T8k120	T6k120	T8k120	T6k120	T8k120
L(m)						
0,6	130,00	130,00	289,00	289,00	289,00	289,00
0,7	111,00	111,00	247,00	247,00	247,00	247,00
0,8	97,00	97,00	216,00	216,00	216,00	216,00
0,9	86,00	86,00	192,00	192,00	192,00	192,00
1	78,00	78,00	172,00	172,00	172,00	172,00
1,1	70,00	70,00	156,00	156,00	156,00	156,00
1,2	64,00	64,00	143,00	143,00	143,00	143,00
1,3	59,00	59,00	132,00	132,00	132,00	132,00
1,4	55,00	55,00	122,00	122,00	122,00	122,00
1,5	50,00	51,00	114,00	114,00	114,00	114,00
1,6	45,00	48,00	107,00	107,00	107,00	107,00
1,7	41,00	45,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1,8	38,00	40,00	89,00	89,00	95,00	95,00
1,9	35,00	36,00	79,00	79,00	89,00	89,00
2	32,00	32,00	71,00	71,00	85,00	85,00
2,1	29,00	29,00	65,00	65,00	81,00	81,00
2,2	26,00	26,00	59,00	59,00	74,00	74,00
2,3	24,00	24,00	53,00	53,00	67,00	67,00
2,4	22,00	22,00	49,00	49,00	62,00	62,00
2,5	20,00	20,00	45,00	45,00	57,00	57,00
2,6	18,00	18,00	41,00	41,00	52,00	52,00
2,7	17,00	17,00	38,00	38,00	48,00	48,00
2,8	16,00	16,00	35,00	35,00	45,00	45,00
2,9	15,00	15,00	33,00	33,00	41,00	41,00
3	14,00	14,00	30,00	30,00	39,00	39,00

Kivisydän lämpöharkolla voidaan rakentaa minimissään betoniosuudelta 300 mm hoikkia pilareita tavanomaisten teräspilareiden raudoituksia käyttäen. Pilarien raudoitus tulee olla rakennesuunnitelmien mukainen, jotta se kestää rakenteelle suunnitellut kuormat. 300 mm:ä kapeammat pilarit voidaan toteuttaa esimerkiksi teräspilareilla, jotka sovitetaan ympäröiviin rakennelmiin rakennesuunnittelijan mukaan. Teräspilarien sisä- ja ulkokuoressa on hyvä käyttää harkosta tehtyjä paloja, jolloin pinnoituksen alla oleva materiaali säilyy yhtenäisenä ja välttää mahdollisilta eri materiaalien välisiltä elämisvaurioilta pinnoitteessa. (Pajulahti, henkilökohtainen tiedonanto, haastattelu, 24.7.2023)

5.5 Ladonnan valmistelu

Ennen Kivisydän lämpöharkkojen ladonnan aloittamista, tulee perustusten tasaisuus ja mittatarkkuudet tarkastaa. Mikäli antura on valmistettu erittäin tarkasti, voidaan harkkojen asentaminen aloittaa suoraan anturan päältä. (Ratu 0480, 2019, s.16) mikäli perustuksissa on epätasaisuutta yli 20 mm, tulee perustukset tasata perustussuunnittelijan ohjeiden mukaan niin, että yli 20 mm korkeuseroa ei ole. Harkot kannattaa jakaa työmaalle mahdollisuuksien mukaan niin, että siirtomatkat ladonnan aikana pysyvät mahdollisimman lyhyinä työn sujuvan etenemisen kannalta. Harkkojen keveyden ansiosta harkot siirtyvät vaivattomasti asennuspaikalle, jolloin kuorman purkamisen jälkeen ei ole tarvetta kalliille nostolaitteille.

5.6 Harkkojen ladonta

Kivisydän lämpöharkot ovat erittäin mittatarkkoja ja näin ollen helppo sekä nopea asentaa. Harkkojen mittatarkkuutta varmistetaan niitä valmistavalla tehtaalla jatkuvasti satunnaiskokein. Harkoissa on 30 mm:n korkuinen tarkasti mitoitettu sekä valmistettu ympäröpontattu ponttirakenne, joka pitää harkot tiukasti paikoillaan valun ajan, myös ilman liimaamista toisiin harkkoihin kiinni. Lämpöharkkoja asentaessa voi käyttää esimerkiksi kuminuijaa helpottaakseen asentamista ja varmistaakseen harkkojen painumisen pontin pohjaan asti. Ennen harkkoa asentamista tulee varmistua ponttien eheydestä ja ettei ponteissa ei ole mitään ylimääräistä. Tarvittaessa pontit tulee puhdistaa kaikesta ylimääräisestä ennen asennusta.

Harkkoja kannattaa latio perustusten päälle ensin 2–3 kerrosta, minkä jälkeen korkeus tasataan esimerkiksi asentamalla pieniä muovikiiloja perustusten ja alimpien harkkojen väliin. Perustusten ja alimpien harkkojen väliin jäävä rako tulee tiivistää esimerkiksi

uretaanivaahdolla. Raon tiivistyksellä estetään valuvaiheessa betonin karkaaminen valutilasta. On kuitenkin huomioitava, että liian suurta rakoa (noin 20 mm) ei voi enää tiivistää vaahdolla, sillä valupaine voi työntää kuivuneenkin vaahdon pois ja tällöin valu epäonnistuu.

Kuva 5 Ensimmäiset harkkokerrokset asennettu ja tiivistetty perustuksiin.



Harkkojen ladonta aloitetaan nurkasta nurkkaharkolla. Nurkkaharkot, nurkkaharkkojen vieressä olevat harkot sekä aukkojen reunoilla olevat harkot kiinnitetään toisiinsa esimerkiksi kiviliimalla tai paisumattomalla uretaaniliimalla. Näissä kohdin harkot liimataan toisiinsa, jotta suuren valupaineen vaikutuksessa olevat harkot ei siirry valun aikana ja työssä onnistutaan ongelmitta. Katkaistut harkot tulee asentaa seinän keskilinjalle noin 200–300 mm pystysauman limityksellä, jolloin harkkojen kannasten jako kulkee yhtenäisenä ja tällöin myös rauditus sekä valu helpottuu. Katkaistujen harkkojen katkaistut pystysaumot tulee liimata kiinni viereiseen harkkoon tiivistääkseen raon ja kestämään valupaineen. Liimausten on annettava kuivua ennen valua käytetyn liiman valmistajan ohjeen mukaisesti. Pitkällä, yli 15 metrin seinämatkalla voi harkot tukea vaakatuilla, jotta vältetään seinän elämiseltä ja säilytetään seinän suoruus pituussuunnassa valun aikana. (Pajulahti, henkilökohtainen tiedonanto, haastattelu, 7.7.2022)

5.7 Harkkojen työstö

Kivisydän lämpöharkkojen työstäminen on kevyttä ja yksinkertaista. Katkaisussa yleisimmät käytettävät työkalut on esimerkiksi sähkö- ja polttomoottorikäyttöiset ketjusahat, käsisahat ja puukkosaha. Harkkojen kyljissä on molemmin puolin merkattu katkaisua helpottamaan urat 100 mm välein. Reikien työstöön eristeeseen voidaan käyttää esimerkiksi pitkiä poranteriä ja rasiaporanteriä. (Touru, 2021, ss. 28–30) Ennen harkon asentamista ja ennen valuja tulee poistaa työstöistä aiheutuneet roskat ja palaset, jotta ne eivät heikennä materiaalien tarttuvuuksia toisiinsa tai rakennelujuuksia.

Harkkojen kannakset on merkattu urin molemmin puolin helpottamaan läpivientejä esimerkiksi sähköjohdoille seinän läpi. Kannaksen kapein kohta on 60 mm halkaisijaltaan, joten kannasten kohdalta saadaan helposti tarpeelliset läpiviennit tehtyä. (Touru, 2021, ss. 27–28) Tarvittavat uritukset kuten vesi- ja sähköjohdoille voidaan tehdä harkon eristekerrokseen helposti esimerkiksi kuumalankakoneella urittamalla. Kivisydän lämpöharkkoon uritettu tekniikka on iso etu verrattuna muihin harkkorakeinteisiin taloihin, sillä tekniikan asentaminen ei viivästytä työmaata. (Touru, 2021, s. 31) Kuvassa 6 on esitetty Kivisydän lämpöharkkoon uritetut vesiputket ja hanakulmarasiat. Harkkoihin tehtävät uritukset tulee tehdä vasta betonin kovettumisen jälkeen, jotta uritukset ei heikennä eristeen kestävyyttä valutilanteessa. Uritettujen hanakulmien ja sähkörasioiden ympärystä tulee täyttää uretaanivaahdolla ennen seinien pinnoitusta. (Pajulahti, henkilökohtainen tiedonanto, haastattelu, 24.7.2023)

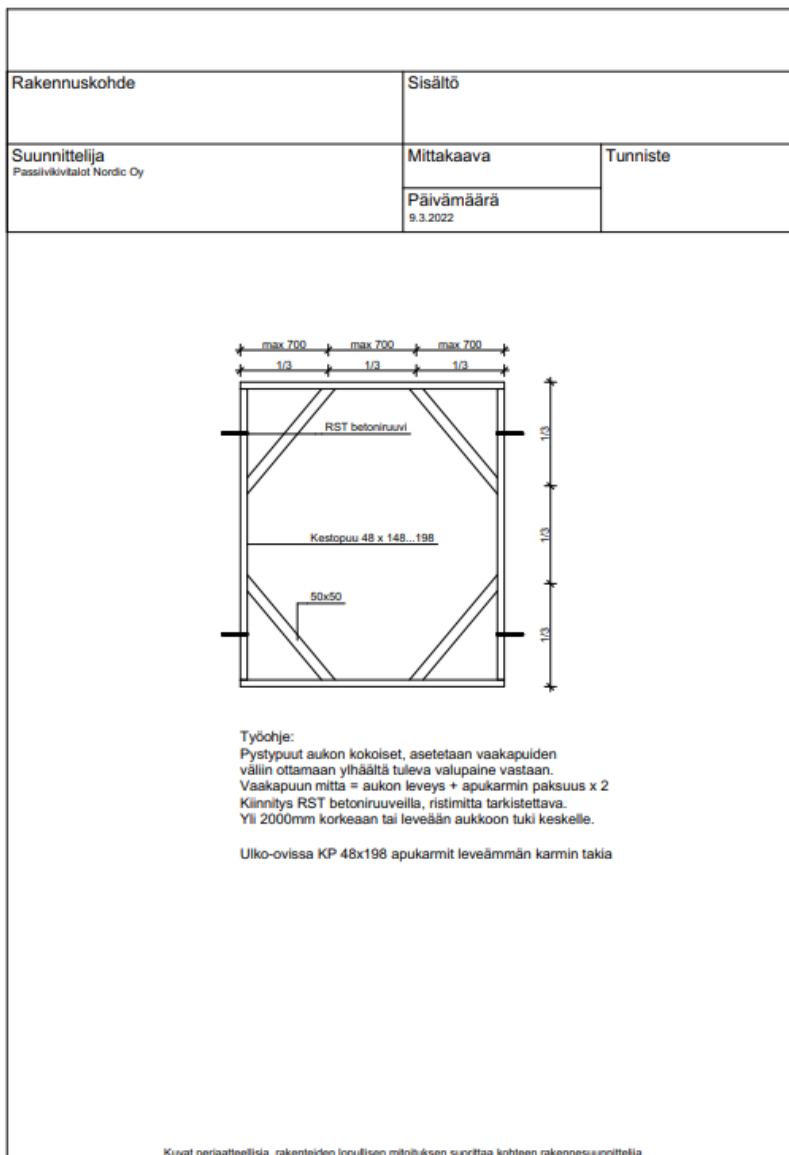
Kuva 6 Uritetut vesijohdot sisäpuolen eristeeseen.



5.8 Ikkuna- ja oviaukot

Ikkuna- ja oviaukkoihin asennetaan valutilaan kyllästetystä puusta tai erillisestä kovasta PIR-materiaalista, esimerkiksi FF-FRAME, olevat apukarmit, joihin myöhemmässä vaiheessa ovet ja ikkunat kiinnitetään karmiruuveilla. Apukarmit toimivat myös valutukkeena valujen aikana estäen betonin valumisen pois valutilasta. Kuvassa 7 on esitetty esimerkki valun ajaksi toteutettavasta aukon tuennasta. Ennen valua tulee kiinnittää eristeen läpi apukarmiin sisä- ja ulkopuolelle esimerkiksi laudat tai sitä vahvemmat tuet, jotka estävät eristeen murtumisen aukon reunoilta valun aikana.

Kuva 7 Aukon tukeminen valun aikana (Pajulahti, henkilökohtainen tiedonanto, sähköposti, 5.9.2023).



5.9 Betonointi

Kivisydän lämpöharkko mahdollistaa jopa 3 metrin kertavalukorkeuden. Näin korkeat valut toteutetaan kuitenkin useammalla kierroksella valaen. Suuren valupaineen takia suositellaan kuitenkin kerralla valettavaksi noin 1,5 metrin korkuisia kertavaluja. (Pajulahti, henkilökohtainen tiedonanto, haastattelu, 7.7.2023) Liian suuri valupaine voi irrottaa eristepinnat toisistaan, jolloin valumassa pääsee pois muotistaan ja valu epäonnistuu.

Ennen valamista tulee varmistaa harkkojen paikallaan pysyminen sekä varmistaa seinien suoruus. Ennen valua tulee myös huolehtia mahdollisista kannaksia suuremmista läpivienneistä, jotta vältetään jälkeempään tehtäviltä kalliilta timanttiporauksilta.

5.9.1 Tuenta

Kivisydän lämpöharkko pysyy hyvin tiiviisti asennetussa pontissaan 1–1,5 metrin kertavalukorkeuksia käytettäessä. Tätä korkeammilla kertavaluilla on hyvä tukea harkot vaakaan esimerkiksi vinotuilla. Tuet kiinnitetään harkkoihin ruuveilla eristeen läpi valutilassa oleviin esimerkiksi muovisiin vastakappaleisiin. Orgaanisia vastakappaleita ei saa käyttää valutilassa, sillä ne aiheuttavat mikrobikasvua betonissa ja näin ollen pilaavat muuten terveeseen rakenteeseen (Betonitieto, n.d.-c).

Aukonylityspalkit tulee tukea jokaiselta sivulta erityisen hyvin, jotta vältetään muotin pettämiseltä valun aikana. Aukkojen reunat kierretään sisä- ja ulkopuolella esimerkiksi laudoilla, jotka kiinnitetään ruuveilla eristeen läpi apukarmeihin. Tarvittaessa rakennetaan erillinen tukikehikko muotin ympärille varmistukseksi muotin kestävyys esimerkiksi suuren valupaineen alla oleviin palkkirakenteisiin.

5.9.2 Valumassa

Valumassan tulee täyttää rakennesuunnitelmien vaatimukset. Harkon materiaalin ja ominaisuuksien, kuten leveän valutilan, vuoksi valuissa voidaan käyttää normaalia rakennebetonia juotosbetonin sijaan ja säästää näin rahaa. Tavanomaisia rakenteita Kivisydän lämpöharkosta rakentaessa käytetään betonin notkeusluokkana S3, lujuusluokkana C25/30 ja kiviaineksen maksimi raekokona 8 mm. (Pajulahti, henkilökohtainen tiedonanto, haastattelu, 7.7.2023) Rakennesuunnittelija määrittää kussakin kohteessa käytettävän betonin laadun.

5.9.3 Betonin laadunvarmistus ja notkeuden mittaus

Betonin laatu ja betonimassan notkeus tulee tarkastaa työmaalla ennen valutöiden aloittamista. Betonimassan takastuksella varmistetaan rakenteille niille suunnitellut kuormitusten kestävyudet. Betonimassan laadulla on suuri merkitys rakennuksen kokonaiskestävyyteen, mutta betonimassan laatu vaikuttaa myös suuresti rakennuksen jättämään hiilijalanjälkeen.

Työmaalle tilatun betonin laadun voi tarkastaa esimerkiksi betonin toimittavalta kuljetusyritykseltä saatavasta lähetysluettelosta. Betonin notkeus voidaan työmaalla varmistaa vastaavan tilattua esimerkiksi kartiokokeella (Betonitieto, n.d.-a). Tarvittaessa betonia notkistetaan työmaalla betonin toimittajan ohjeiden mukaisesti, jotta varmistetaan rakenteiden onnistunut betonointi. Kuvassa 8 on testattu betonin notkeutta kartiokokeella laboratorio-olosuhteissa.

Kuva 8 Kartiokokeella testattu betonin notkeus.



5.9.4 Valaminen ja betonin tiivistäminen

Ennen betonivalua on huolehdittava, että valutilasta on poistettu kaikki sinne kuulumaton materiaali, kuten harkkoja työstettäessä syntyvät palat ja murut sekä mahdollinen lumi ja loska. Kaikki valutilaan kuulumaton heikentää betonin tarttuvuutta rakenteisiin ja pahimmillaan aiheuttaa kantamattomia kohtia kriittisiin rakenteisiin jättämällä aukkoja betoniin.

Valettaessa tulee huomioida, että betonointia ei tehdä liian suurina kierroskorkeuksina. Suositeltu kierroskorkeus on maksimissaan 0,5 metriä, jotta valettaessa syntyvä suuri valupaine ei riko harkkoja. (Pajulahti, henkilökohtainen tiedonanto, haastattelu, 7.7.2022)

Valumassan pudotuskorkeus tulee pitää mahdollisimman pienenä ja kohtisuorassa valutilaan nähden, jotta betonimassa valuputkesta ulos tullessaan ei aiheuta liian suurta valupainetta muottirakenteille. Valumassan pudotuskorkeuden maltillisuudella estetään myös suuresta pudotuskorkeudesta johtuva aineiden erottuminen toisistaan eri fysikaalisten ominaisuuksien takia.

Betonin pudotuskorkeus tulee olla betonityöohjeen mukainen tai maksimissaan 1,5 metriä. (Betonitieto, n.d.-b) Tämän vuoksi yleinen noin 3 metrin kerroskorkeus valetaan vähintään kahdella eri valukerralla. Kahdella valukerralla valettaessa normaaleilla seinäpituuksilla vältetään lisäksi ylimääräisten vaakatuukien käyttämiseltä ja näin nopeutetaan työmaan edistymistä. Liitteessä 2 on kuvainnollistettu betonin oikeaoppinen leviäminen muotissa.

Suurien aukkojen alapinnassa olevan apukarmin alle jää helposti betonista täyttymättömiä kohtia. Valutilan täydellinen täytyminen tulee varmentaa esimerkiksi poraamalla tai sahaamalla apukarmiin tarkasteluaukkoja, joista voidaan varmentaa betonin leviäminen koko valualueelle. Aukosta tulee myös mahdollisesti voida lisätä sekä tiivistää betonia. Kuvassa 9 on esitetty alapuoliseen apukarmiin tehty aukko, josta varmistetaan betonin täydellinen täytyminen. Yli 1,5 metriä leveämissä aukoissa tarkasteluaukkoja tulee olla vähintään kaksi maksimissaan metrin välein.

Kuva 9 Aukkojen alapinnassa oleva varmistusaukko (Pajulahti, henkilökohtainen tiedonanto, sähköposti, 4.8.2023).



5.9.5 Jälkihoito ja talvibetonointi

Kivisydän lämpöharkon betonoinnin jälkihoito on varsin helppoa, sillä suojattavana on ainoastaan valutila ylhäältä päin. Kuumina kesäpäivinä voidaan betonityöohjeen mukaisesti valetun betonin yläpinta kastella ja asentaa päälle esimerkiksi muovikaista, joka estää betonin liian nopean kuivumisen.

Kivisydän lämpöharkon talvibetonointi ei vaadi juurikaan erityistoimia, sillä harkossa olevat eristeet estävät kylmän kulkeutumisen betoniin. Harkossa olevat eristeet pitävät betonin tarpeeksi lämpimänä sen rakennelujuuksien saavuttamiseen saakka kylmissäkin olosuhteissa.

Hoikat, alle 400 mm korkeat tai leveät palkki- ja pilarirakenteet tulee kuitenkin suojata eristellä, myös apukarmin puolelta, sillä betonin itsensä tuottama lämpö ei riitä pitämään näitä rakenteita tarpeeksi lämpiminä riittävän lujuuden saavuttamiseen saakka. (Pajulahti, henkilökohtainen tiedonanto, 24.7.2023) Käytettävä betoni tulee olla talvibetonointiin soveltuvaa laatua, eikä valutilassa saa olla lunta, räntää tai vettä. (Betonitieto, n.d.-e)

Talvella valettaessa tulee heti valamisen jälkeen harkon päälle asentaa esimerkiksi solumuovi- tai eristekaista, joka samalla eristää kylmän kulkeutumista betoniin, sekä estää lumen pääsyn betonin pinnalle. Kuvassa 10 on esitetty suojausta tavibetonointiin suojapeitteillä, joiden alla on lisäksi lämmöneristeenä solumuovikaista.

Kuva 10 Talvibetonoinnin suojaus (Pajulahti, henkilökohtainen tiedonanto, sähköposti, 4.8.2023).



5.10 Välipohjat

Välipohjat voidaan rakentaa mistä tahansa rakennesuunnittelijan suunnittelemasta materiaalista ja ne liitetään kokonaisjäykkyyden saavuttamiseksi Kivisydän lämpöharkon runkobetoniin rakennesuunnittelijan määrittämällä tavalla. Yleisin välipohjarakenne Kivisydän lämpöharkoista rakennetussa talossa on ontelolaatoista toteutettu.

Ontelolaattarakenteessa ontelolaatat liitetään seinän runkobetoniin harkon valutilassa rakennesuunnittelijan suunnitelmien mukaisesti. Kuvassa 11 on ontelolaatat asennettu runkobetonin päälle, josta voidaan jatkaa harkkojen asentamista ja tämän jälkeen tehdä välipohjan liitosvalu.

Kuva 11 Ontelolaatat asennettu runkobetonin päälle.



Välipohjan päältä voidaan jatkaa Kivisydän lämpöharkkojen asentaminen poistamalla sisäpuolisesta eristeestä välipohjan vaatima asennustila ja tiivistämällä raot esimerkiksi uretaanivaahdolla ennen liitosvalua. Kuvassa 12 on esitetty ontelolaataston yli nousevan harkon liittäminen ontelolaattoihin ennen liitosvalua.

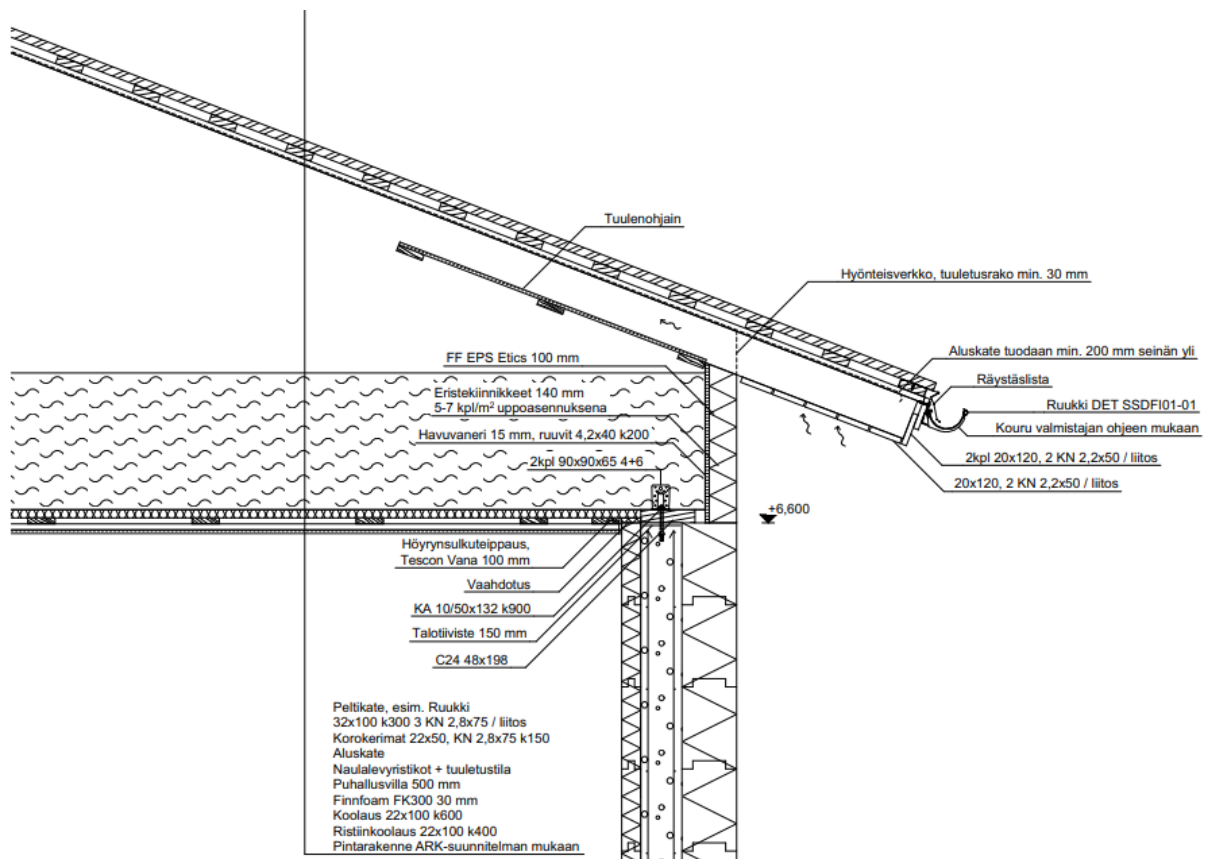
Kuva 12 Ontelolaataston yläpuolinen harkkorivi asennettuna ja tiivistettynä.



5.11 Yläpohjat

Yläpohjat voidaan toteuttaa mistä tahansa rakennesuunnittelijan määrittämästä materiaalista. Yleisin yläpohjarakenne on toteutettu puisista kattotuoleista, jotka liitetään seinän runkobetoniin rakennesuunnittelijan määrittämällä tavalla. Materiaalien liittämässä toisiinsa käytetyin tapa on asentaa kiila-ankkureilla runkobetonin yläpintaan puinen alajuoksu, johon kiinnitetään rakennesuunnittelijan määrittämät kiinnikkeet kattotuoleille. Yleisimmin kattotuolit kiinnitetään vahvistetuilla kulmarauodoilla seinärakenteisiin. Kuvassa 13 on esitetty esimerkki puisten kattotuolien liittämisestä lämpöharkon runkobetoniin.

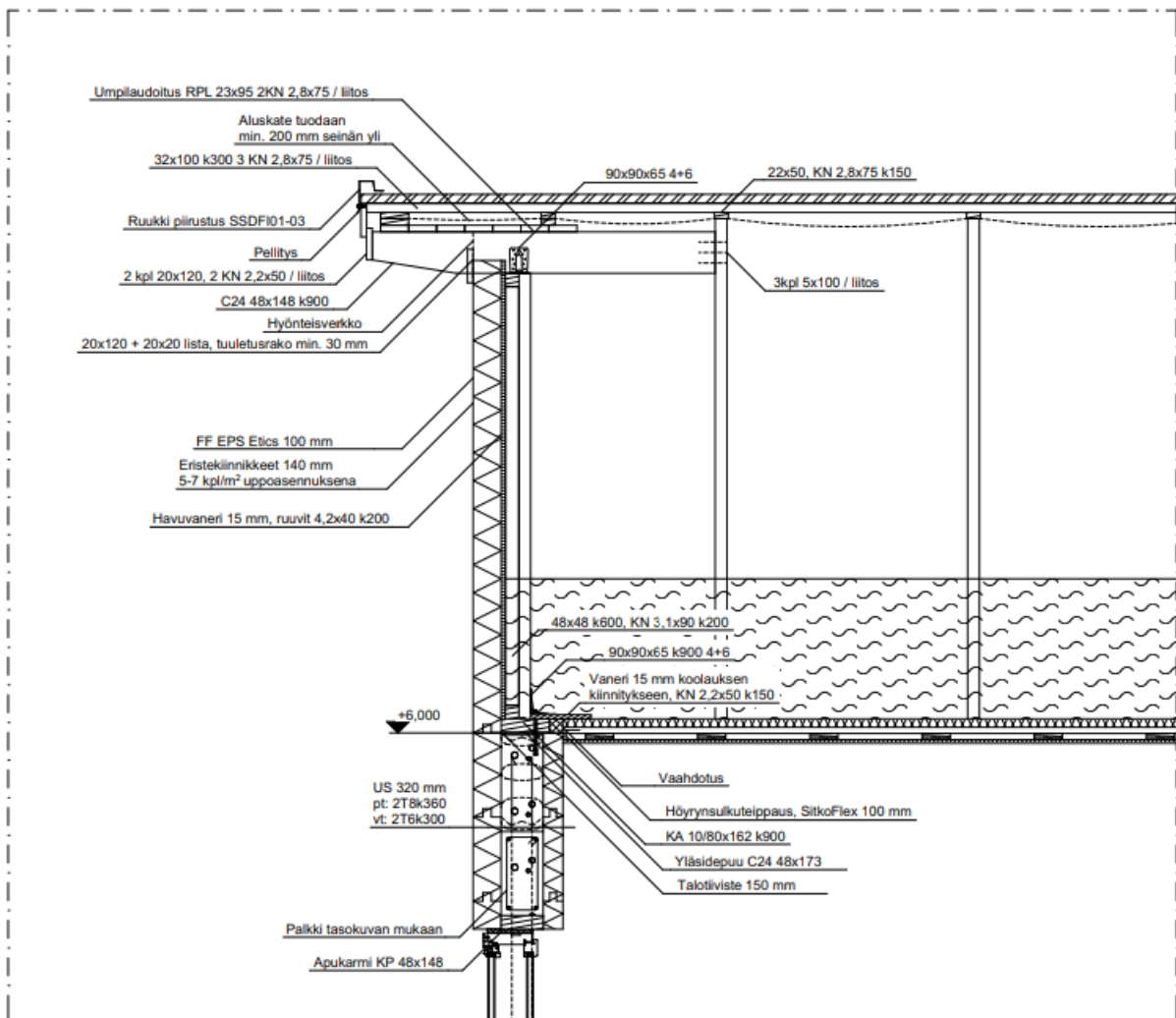
Kuva 13 Esimerkki puisten kattotuolien liittämisestä lämpöharkon runkobetoniin (Pajulahti, henkilökohtainen tiedonanto, 5.9.2023).



5.12 Yläpohjien päädyt

Rapatuissa kohteissa yläpohjien päädyt voidaan päällystää esimerkiksi 100 mm paksuista EPS-levyistä, jotka kiinnitetään kattotuolin päälle asennettuun vaneriin omilla kiinnikkeillään tai suoraan kattotuoliin, valmistajan asennusohjeen mukaisesti. Ennen rappausta tulee päädynkin eristepinta hioa ja puhdistaa, jotta pinnoite tarttuu harkkoon lujasti kiinni. Kuvassa 14 on esitetty esimerkki leikkauskuvasta yläpohjan päädyn toteutukseen.

Kuva 14 Esimerkki rapatun kohteen yläpohjan päädyn toteutuksesta (Pajulahti, henkilökohtainen tiedonanto, sähköposti, 5.9.2023).



Kun kylmäsilta halutaan katkaista täydellisesti ja rappausalustasta halutaan mahdollisimman tasainen, Käytetään yläpohjassa EPS-levyjen kiinnittämiseen eristeeseen upotettavia kiinnikkeitä. Kiinnike uppoutuu ruuvatessa noin 25–30 mm eristeeseen, minkä jälkeen asennetaan kiinnikkeessä olevan ruuvin päälle EPS-materiaalista oleva tulppa. Tulpan asentamisen jälkeen kiinnitetään koko kiinnikkeen alalle EPS-materiaalista oleva tulppa esimerkiksi kiviliimalla. Tällä menetelmällä rappauksen alle ei kiinnikkeistä jää kohoumia ja rappauksella tehty pinnoitus helpottuu. Lisäksi uppokiinnityksellä estetään ruuvien ruostuminen ja mahdollisten ruosteläikkien muodostuminen myöhemmin rappauksen ulkopintaan. (Roos, henkilökohtainen tiedonanto, haastattelu, 10.8.2023) Kuvassa 15 on esitetty upotettu kiinnike, jonka päälle asennetaan tulppa ja peitelevyt.

Kuva 15 Yläpohjan eristelevyn kiinnike upotettuna eristeeseen (Roos, henkilökohtainen tiedonanto, sähköposti, 10.8.2023).



5.13 Kivisydän lämpöharkon pinnoitus

Ennen Kivisydän lämpöharkon pinnoitusta rappaamalla tai liimattavilla levyillä tulee se karhenta ja puhdistaa. Karhennus on helppo toteuttaa esimerkiksi käsikäyttöisellä hiomalevyllä tai hiomakoneella karhealla, minimissään P120 hiomapaperilla. Hionnan jälkeen pinta tulee puhdistaa kaikesta irtoliasta, jotta pinnoite tarttuu lujasti kiinni. Kuvassa 16 on harkon pinta hiottuna ja puhdistettuna valmiina pinnoitettavaksi.

Kuva 16 Hiottu eristepinta valmiina pinnoitettavaksi.



5.13.1 Sisäpinnat

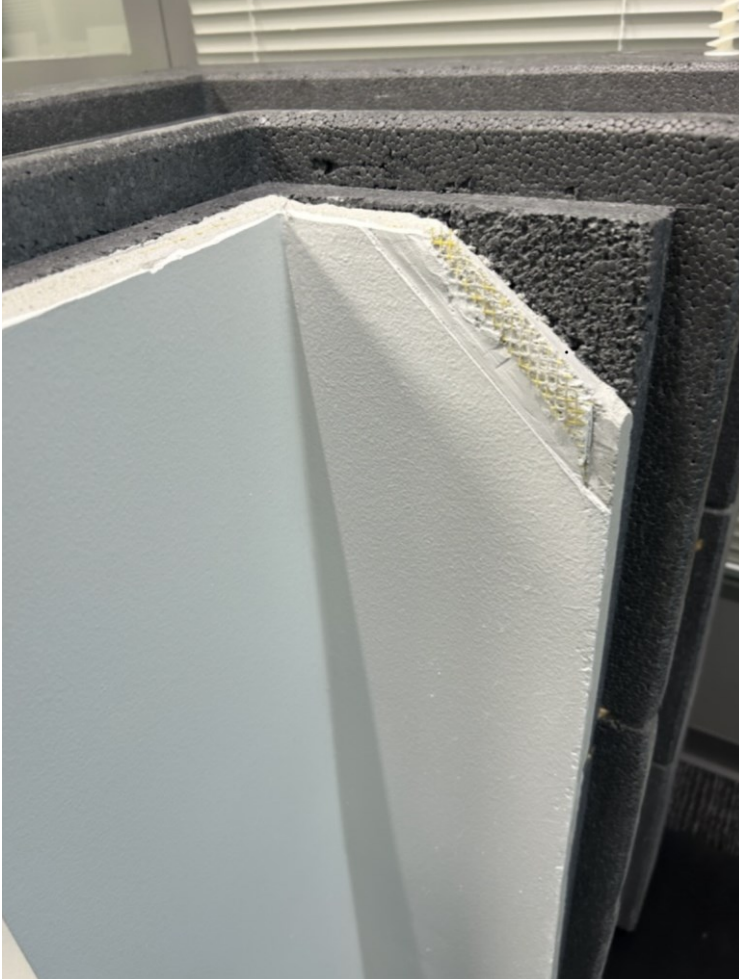
Sisäpintojen pinnoitustapoina on yleisimmin kipsikartonkilevy tai rappaus. Kipsikartonkilevy kiinnitetään liimaamalla saneerauslaastilla tai tarkoitukseen soveltuvalla liimavaahdolla karhennettuun ja puhdistettuun harkkoon. Rapattaessa käytetyin tapa on kipsirappaus ja tällöin käytetty kerrosvahvuus on yli 10 mm. Kuvassa 17 on aloitettu seinien levytys saneerauslaastilla kiinnittämällä. Kuvassa 18 on esitetty kipsirappauksella aloitettu sisäpuolen pinnoitus.

Kuva 17 Seinien levytys aloitettu.



Sisäpuolisissa pinnoituksissa tulee erityisesti tarkastella käytettävää huonetilaa ja sinne tulevaa kalustusta. Mikäli huonetilaan on suunnitteilla pystysuuntaisesti raskasta kuormitusta, tulee se huomioida ennen pinnoitusmateriaalien valitsemista ja asennusta tulevien kuormitusten vaatimalla tavalla.

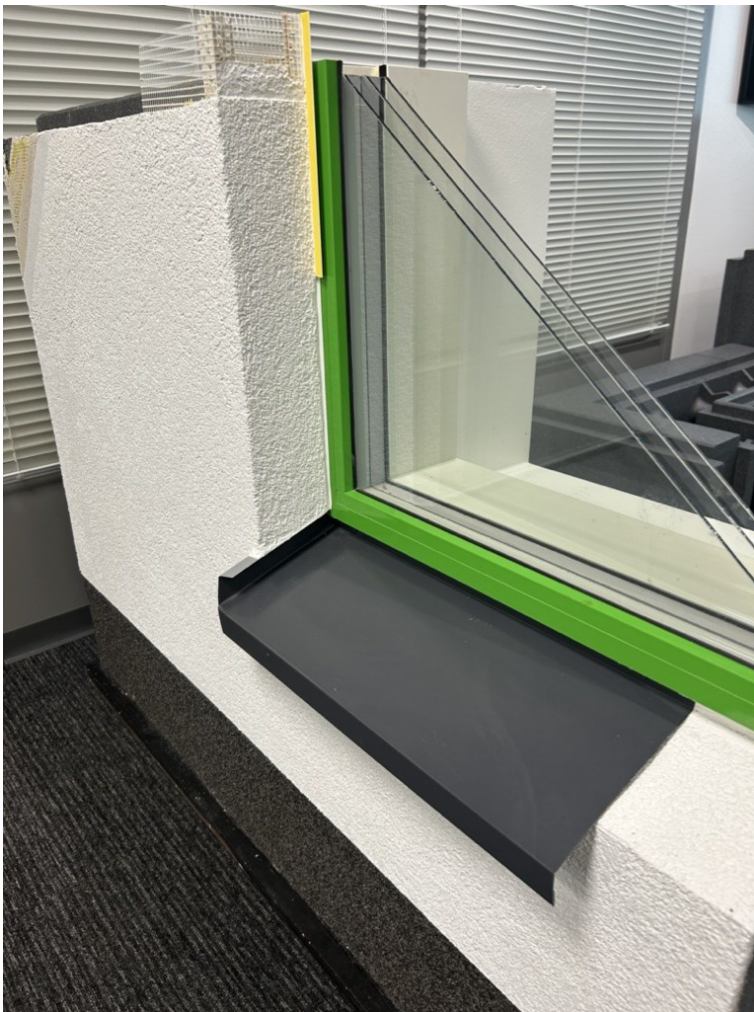
Kuva 18 Sisäpuolen pinnoitus kipsirappauksella (Pajulahti, henkilökohtainen tiedonanto, sähköposti, 4.8.2023).



5.13.2 Julkisivut

Kivisydän lämpöharkon julkisivu voidaan pinnoittaa millä tahansa julkisivumateriaalilla, erikoismateriaaleillakin vastuullisen suunnittelijan ohjeiden mukaisesti. Yleisin julkisivumateriaali harkkojen pinnoitteissa on rappaus. Rappaus voidaan toteuttaa heti, kun runko on valmiina ja olosuhteet sen sallivat ilman yli lämmityskauden odotteluja. Suuren rasituksen kohteena olevat rakenteet kuten puuverhouksen koolaukset tulee kiinnittää eristeen läpi runkobetoniin, esimerkiksi betoniruuveilla rakennesuunnittelijan suunnitelman mukaisesti. (Pajulahti, henkilökohtainen tiedonanto, haastattelu, 24.7.2023) Kuvassa 19 on esitetty ulkopuolinen pinnoitus rappaamalla ja rappauksen liittäminen ikkunaan. Kuvassa 20 on asennettuna puuverhouksen alle tulevat koolauslaudat, joihin itse julkisivulaudoitus kiinnitetään.

Kuva 19 Ulkopuolinen pinnoitus rappaamalla (Pajulahti, henkilökohtainen tiedonanto, sähköposti, 4.8.2023).



Kuva 20 Puujulkisivun koolauslaudat asennettuna.



6 Kiinnitykset

Kivisydän lämpöharkkoon tehtävät kiinnitykset vaativat erityishuomiota vain ollessaan raskaita tai tavanomaisesta poikkeavia. Raskaissa ja tavanomaisista poikkeavissa kiinnityksissä vastuullinen rakennesuunnittelija määrittää kiinnitystavan kohteeseen.

Tavanomaiset kiinnitykset tehdään pinnoitemateriaalivalmistajan ohjeiden mukaisesti. Tavanomaisissa kiinnityksissä voidaan käyttää mitä tahansa muussakin rakentamisessa tarkoitettuja kiinnikkeitä.

6.1 Kiinnitykset eristemateriaaliin

Eristemateriaaliin voidaan kiinnittää kevyitä <20 kg kuormia EPS-ruuveja käyttäen, esimerkiksi Sormat IPL60 ja IPL95. Kevyet taulut voidaan kiinnittää seinään myös esimerkiksi taulukoukuilla tai pienillä nautoilla. Eristemateriaalin ominaisuuksien ansiosta esimerkiksi patolevyjen ja niiden peitelistöjen kiinnitys onnistuu suoraan eristeeseen harvakierteisillä ruuveilla ilman porausta betoniin.

Mikäli kiinnitykseltä vaaditaan suurta ripustuslujuutta, kuten keittiön kaapistojen takana, tulee tällöin käyttää taustamateriaalina vaadittavan kuorman kestävästä materiaalista ja työmenetelmästä. Tähän tarkoitukseen markkinoilla on raskaaseen kiinnitykseen soveltuvia erikoiskipsilevyä. Vaihtoehtoisesti raskaat kiinnitykset voidaan kiinnittää eristeeseen kolottuihin ja liimattuihin puurunkoihin. Kuvassa 21 on esitetty yleisimpiä EPS-materiaalille soveltuvia kiinnikkeitä.

Kuva 21 Erilaisia EPS-materiaaliin soveltuvia kiinnikkeitä (Pajulahti, henkilökohtainen tiedonanto, sähköposti, 4.8.2023).



Eristeeseen voidaan myös asentaa kiinnittämiseen erikseen valmistettu erityisen tiheä EPS-lieriö, joihin esimerkiksi talotikkaiden asennukset voidaan kiinnittää tavallisilla puuruuveilla. Lieriö asennetaan harkon eristeeseen poistamalla ensin lieriön vaatima asennustila tähän tarkoitettu omalla työkalulla, jonka jälkeen lieriö liimataan esimerkiksi kiviliimalla napakkaan asennusreikään. (Pajulahti, henkilökohtainen tiedonanto, haastattelu, 24.7.2023) Kuvassa 22 on esitetty talotikkaiden kiinnitys tiheään EPS-lieriöön asennettuna.

Kuva 22 Erityisen tiheään EPS-lieriöön kiinnitetty talotikkaat (Pajulahti, henkilökohtainen tiedonanto, sähköposti, 4.8.2023).



6.2 Kiinnitykset betoniin

Kivisydän lämpöharkon runkobetoniin kiinnitetään pystysuuntaisen kuormituksen alaisena olevat rakenteet, kuten terassit ja katokset, vastuullisen rakennesuunnittelijan suunnitelmien mukaan. Tavanomaisesti betonista tuodaan kiinnitysmateriaalin vaatimuksia vastaavaa materiaalia oleva kierretanko eristeen läpi, joihin kiinnitetään kannatusmateriaalit muille rakenteille. Kuvassa 23 on esitetty runkobetonista eristeen läpi tulevat kierretangot, joihin myöhemmin asennetaan terassin kantavat rakenteet. Kuvassa 24 on esitetty katoksen kannatuspuu kiinnitettynä runkobetonista eristeen läpi tuotuihin kierretankoihin.

Kuva 23 Kierretangot terassin runkorakenteiden kiinnittämiseen.



Kuva 24 Katoksen kannatuspuu kiinnitetty kierretankoihin (Pajulahti, henkilökohtainen tiedonanto, sähköposti, 4.8.2023).



7 Pohdinta

Energiatehokas rakentaminen tulee lisääntymään Suomessa seuraavan vuosikymmenen aikana merkittävästi Suomen hallituksen asettamien hiilineutraaliustavoitteiden ja maailmaa nopeasti vaikuttavien tilanteiden takia. Rakennuksille asetetut vaatimukset ympäristöystävällisyydessä, niin materiaaleihin, rakentamiseen kuin rakennuksen elinkaareenkin tulee kiristymään. Vaatimuksia tullaan jatkossa tarkkailemaan, jotta asetettuihin tavoitteisiin päästään.

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda jaettavissa oleva asennusopas Kivisydän lämpöharkoilille, jolla varmistetaan työn laatua suunnittelusta asennukseen. Tämän opinnäytetyön tuloksena syntynyt Kivisydän lämpöharkkojen asennusopas Passiivikivitalot Nordic Oy:lle antaa mahdollisuuden rakentaa energiatehokkaita ja vähäpäästöisiä rakennuksia laadukkaasti, kestävästi ja tehokkaasti. Asennusoppaassa on sekä yleisimpiä menetelmiä työmaille, että tavanomaisimpia laskelmia auttamaan tietoa tarvitsevia löytämään vastauksen nopeastikin omaa työtänsä edistääkseen.

Opinnäytetyössä kirjoittaja käytti avoimissa haastatteluissa saatua tietoa yhtenä tiedon lähteenä. Haastateltavista Juha-Matti Pajulahti on työskennellyt Passiivikivitalot Nordic Oy:ssä vuodesta 2007 ja toimii tällä hetkellä yrityksen tuotanto- ja teknisenä johtajana. Pajulahti on ollut myös mukana kehittämässä uutta mallisuojuuttua Kivisydän lämpöharkkoa. Toisena haastateltavana opinnäytetyötä varten oli Roope Roos, joka on urakoinut rakennuksia Passiivikivitalot Nordic Oy:lle jo vuosikymmenen. Roos on myös rakentanut itselleen talon Kivisydän Lämpöharkosta vuonna 2023.

Haastattelut käytiin keskustelemalla työmaille, samalla konkreettisesti tuotteeseen ja työmenetelmiin tutustuen. Haastatteluiden tavoite oli luoda tuotteesta kokonaisvaltainen käsitys ja ymmärtää tuotteen oikeat asennustavat sekä yleisimmät työmaille tähän mennessä virheisiin johtaneet syyt. Haastatteluiden lisäksi opinnäytetyötä varten tuotteeseen tutustuttiin 7 eri työvaiheessa olevalla työmaalla.

Asennusoppaan avulla saadaan tuotteen asennuksesta hyvä ymmärrys ja sitä noudattamalla opitaan välttämään tavanomaiset asennusvirheet. Oppaan avulla myös aikaisemmin tuotetta asentaneet voivat vaivatta tarkastaa työmaalla epäselvyyksiä, ottamatta yhteyttä valmistajaan, ja ratkaisemalla näin ongelmat nopeasti työmaalla. Lisäksi oppaasta on suunnittelijoiden nopea tarkistaa tuotteella teetettyjen kuormituskokeiden kautta saadut tulokset. Työnjohtajien on myös helppo käyttää opasta omassa työssään tehdessään

kohteessa rakenteellisia ja laadullisia tarkastuksia. Opas näin ollen nopeuttaa ongelmien ratkaisuja samalla vähentäen joutoaikoja ja vähentäen virheitä lisäämällä ymmärrystä tuotteesta.

Työn tilaajan osalta opinnäytetyö täytti sille asetetut vaatimukset ja valmista tuotetta voidaan hyödyntää rakennushankkeen koko elinkaaren aikana. Asennusoppaan ja Passiivikivitalot Nordic Oy:n aikaisemmin teettämän suunnitteluoppaan avulla on helppo lähteä kehittämään kiinnikkeille omaa erityistä opasta. Asennusopasta tulee päivittää heti, jos päivittämiselle tulee tarpeita. Mikäli tulevaisuudessa kehitetään uusi harkkorakenne, tulee sille laatia oma asennusopas mukaillen kyseistä tuotetta.

Tässä opinnäytetyössä on itse asennusopas muokattuna ja muokkaamaton asennusopas on saatavissa sähköisenä pyydettyä Passiivikivitalot Nordic Oy:ltä. Itse asennusoppaan laatiminen oli mielenkiintoinen ja opettavainen työ, sillä siinä tuli perehtyä tuotteeseen erittäin laajalla näkökulmalla. Asennusoppaan teknisissä kysymyksissä auttoi suuresti edellä mainitut haastateltavat ja haastatteluiden avulla tuote tuli todella tutuksi.

Rakentamisen laadulla on julkisuudessa ollut viime vuosikymmeninä paljon negatiivista julkisuutta, osittain tämän kaltaisten uutisten eetoskin takia. Tämä on valitettavaa ja huolestuttavaa, sillä rakennusala työllistää huomattavan määrän ihmisiä Suomessa, eikä yksittäiset tapaukset saisi vaikuttaa näin laajasti. Rakentamisen laatu on kuitenkin mitattunakin mennyt huomattavasti eteenpäin, ja nykyään rakennetaankin paljon terveempiä, energiatehokkaampia, pitkäikäisempiä ja ennen kaikkea turvallisemmin kuin vuosituhannen alussa.

Lähteet

Betonitieto. (n.d.-a). *Betonin notkeus*.

<https://www.betonitieto.fi/oppiminen/opetuksen-tukimateriaali/betonin-ominaisuudet-ja-valinta/tuoreen-betonimassan-ominaisuudet/notkeus.html#painumalevi%C3%A4m%C3%A4>

Betonitieto. (n.d.-b). *Betonin sijoittaminen muottiin*.

https://www.betonitieto.fi/media/sarjakuvat_tyontekijat/cache/by_sarjakuvat_betonin_paikallavalu_a4_0820_v4_page_10-1440x9999,q=85.jpg

Betonitieto. (n.d.-c). *Kosteuden vaikutukset betonirakenteissa*.

<https://www.betonitieto.fi/tyomaat/betonitoiden-johtaminen-talonrakentaminen/olosuhde-ja-kosteudenhallinta/betonin-kosteus/kosteuden-vaikutukset-betonirakenteissa.html>

Betonitieto. (n.d.-d). *Raudoitustankojen betonipeitevaatimukset*.

<https://www.betonitieto.fi/tyomaat/betonitoiden-johtaminen-talonrakentaminen/betonityot/raudoitustyot/betonipeite.html>

Betonitieto. (n.d.-e). *Talvibetonointi työmaalla*.

<https://www.betonitieto.fi/tyomaat/betonitoiden-johtaminen-talonrakentaminen/betonityot/talvibetonointi.html>

Finanssialan Keskusliitto. (2008). *Laatukäsikirjan laatimismalli*.

https://www.finanssiala.fi/wp-content/uploads/2009/09/ISO_9001_2008_Laatukasikirjan_laatimismalli_FK2009.pdf

Hartikainen, N; Kemppainen, J; Kokkonen, T; Lamberg, K; Lahtinen, R; Leinikka, N;

Marjasalo, A; Paukku, S; Soila, J-P; Talo, A & Utriainen, M. (2016). *Rakennustöiden laatu 2017*

<https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/resource/juha/content/22013#page=1>

Heinonen, P. (2019). *Ratu 0480 Harkkomuuraus*.

<https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/resource/juha/content/25203#page=1>

Jalli, J; Junnonen, J-M; Kruus, M & Tompuri, V. (20.10.2023). *NCC saa tuulettaa työmaakisan voittoa & Vuoden työmaa -kilpailu laatua etsimässä*.

Rakennuslehti.

Lempa, E (2022). *Kivisydän lämpöharkon suunnitteluohje* [opinnäytetyö, Tampereen ammattikorkeakoulu].

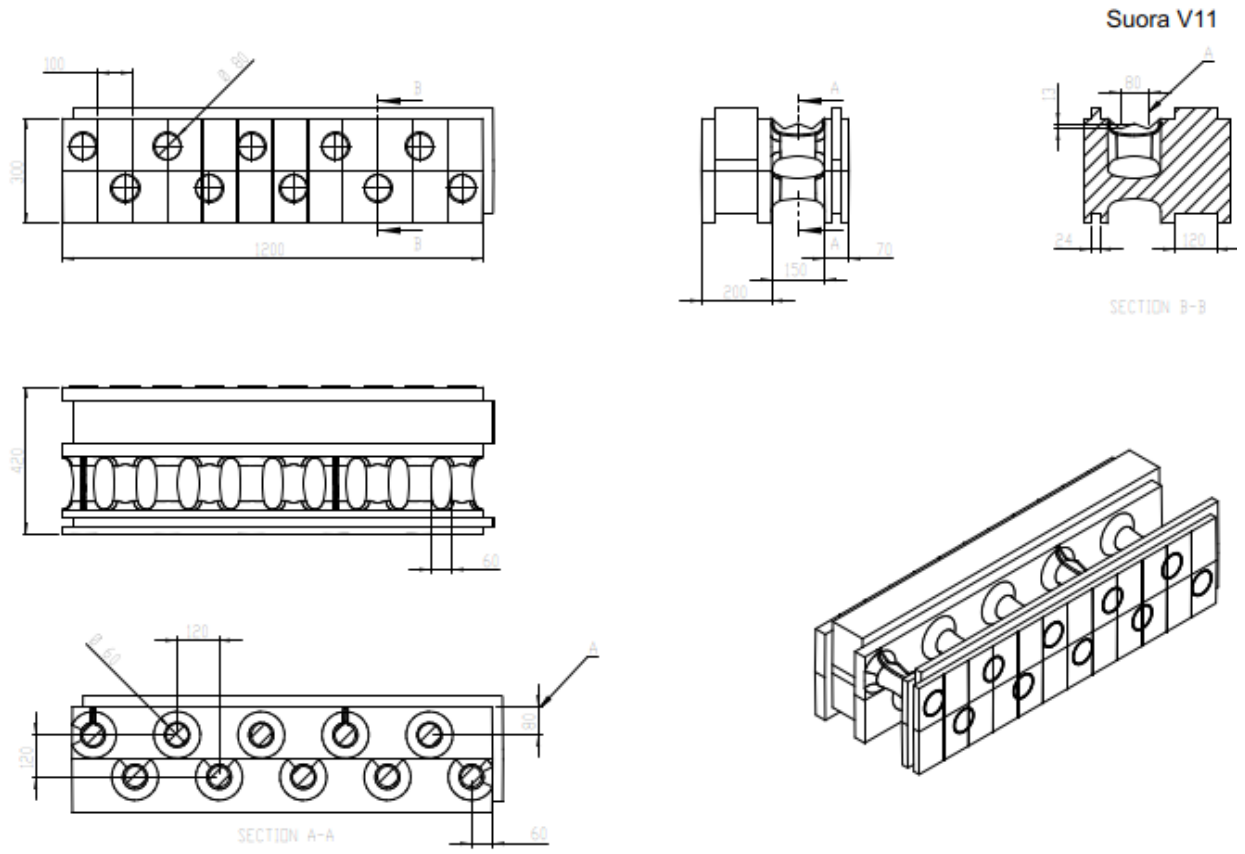
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/754809/Lempa_Emilija.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Lempa, E. (2022a). *Aukkopalkin kuormitustaulukko* [taulukko]

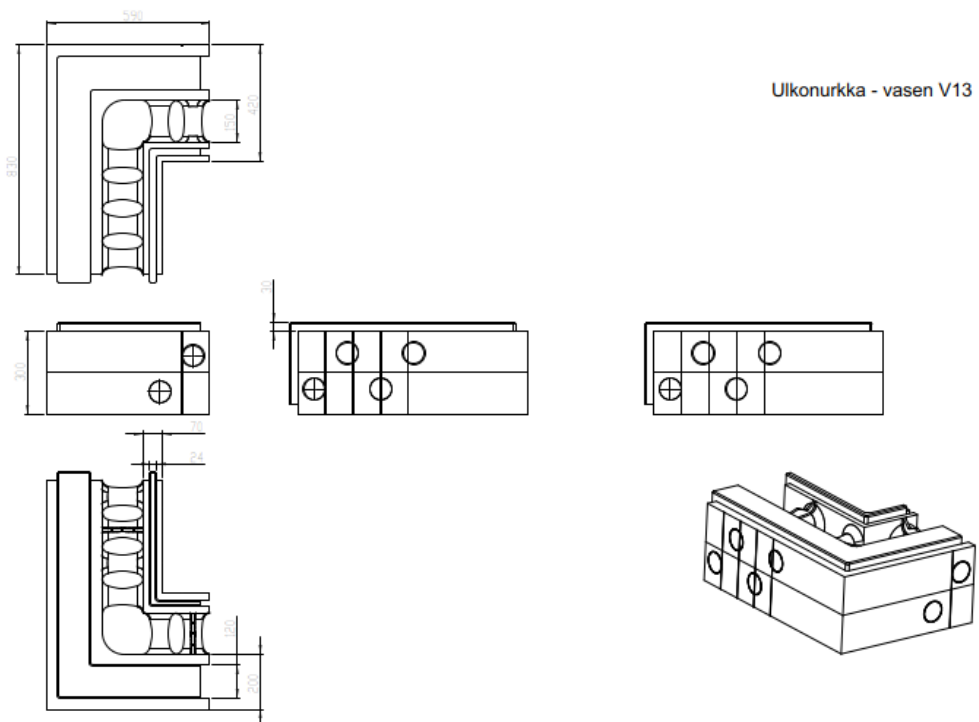
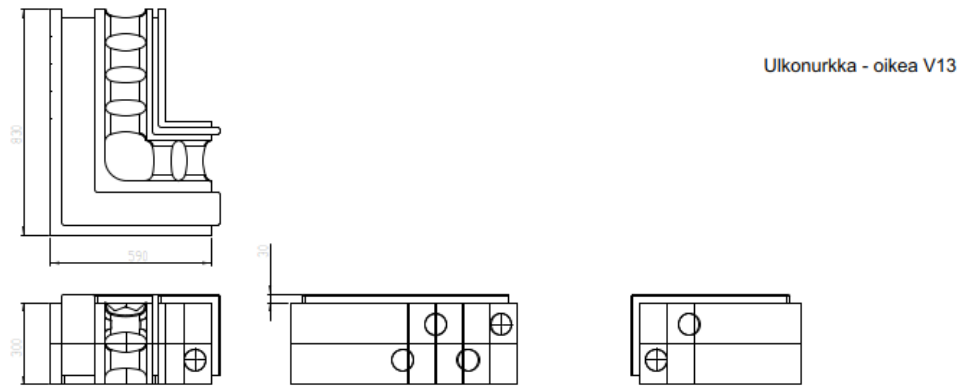
Lempa, E. (2022b). *Maanpaineisiin raudoitus* [taulukko]

- Lempa, E. (2022c). *Raudoittamattoman seinän normaaliksetävyys* [taulukko]
- Mäki, T. (2009). *Ratu 1224-S Rakennushankkeen laadunvarmistustoimet*.
<https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/resource/juha/content/18016#page=1>
- Nykyri, P. (2015). *Betonirakenteiden suunnittelun oppikirja 2014. Osa 2*.
Suomen betoniyhdistys ry.
- Nieminen, J. (2009). *Betonirakenteinen passiivitalo*.
<https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/11/BET0902-s20-23.pdf>
VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
- Nieminen, J. (2009). *Passiivitalojen lämmitysenergiantarve* [kuva]
- Passiivikivitalot. (2023). *Edistyksellinen KIVISYDÄN LÄMPÖHARKKO UO10 ja UO16*.
Miksi valita KIVISYDÄN LÄMPÖHARKKO?
<https://www.passiivikivitalot.fi/yksilöllinen-kivitalo/lampoharkko>
- SFS-EN 13163. (2016). *Thermal insulation products for buildings. Factory made expanded polystyrene (EPS) products. Specification*.
SFS Online.
- Touru, P. (2021). *Runkotyömenetelmien kehittäminen Passiivikivitalojen Kivisydän UO10 ja UO16 lämpöharkoille* [opinnäytetyö, Hämeen ammattikorkeakoulu].
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/496740/Opinn%c3%a4ytety%c3%b6%20Pasi%20Touru.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017.
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171010#Pidm46434449939360>

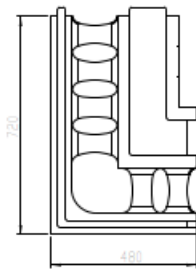
Liite 1. Kivisydän lämpöharkko UO10 suora



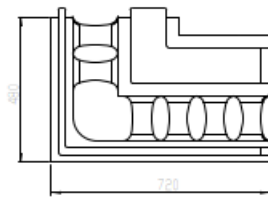
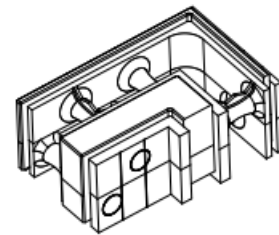
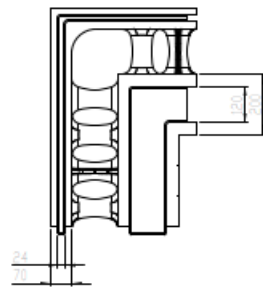
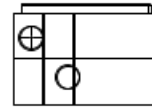
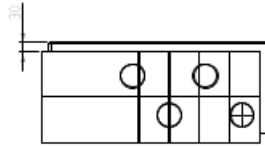
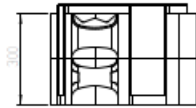
Liite 1. Kivisydän lämpöharkko UO10 ulkonurkat



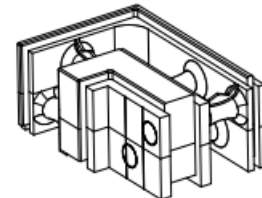
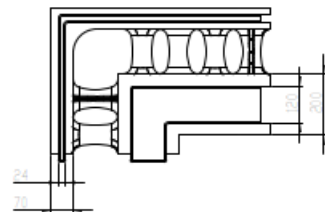
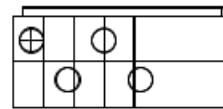
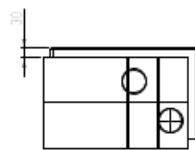
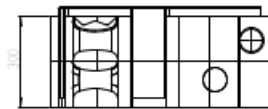
Liite 1. Kivisydän lämpöharkko UO10 sisänurkat



Sisänurkka - oikea V13



Sisänurkka - vasen V13



Liite2. Betonin oikeanlainen leviäminen muotissa

