

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan insinööri (AMK)

2024

Juho Remes

Valusokkeli vai eKivi

– Kahden eri perustusratkaisun vertailua
omakotitalokohteissa



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan insinööri (AMK)

4 / 2024 | 41 sivua

Juho Remes

Valusokkeli vai eKivi

Kahden eri perustusratkaisun vertailua omakotitalokohteissa

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on vertailla toimeksiantajayrityksen kehittämää innovatiivista eKivi-elementtisokkeliä ja perinteistä vanerimuoteilla tehtävää paikallavalettua perustusta. Työn tavoite on selvittää ratkaisujen keskeiset erot ja millä tavoin eKivi ratkaisee suunnittelun ja toteutuksen haasteita valusokkeliin verrattuna. Tutkimuksen kohteena oleva eKivi on siis tehdasvalmisteisista elementeistä koottava perustus, jotka pystytään asentamaan suoraan sorapedin päälle, ja jotka kiinnitetään toisiinsa mekaanisella liitoksella ilman erillisiä saumavaluja.

Menetelmänä tässä opinnäytetyössä käytettiin vertailevaa tapaustutkimusta. Omakohtaisen kokemuseräisen tutkimuksen tueksi käytettiin myös lyhyitä haastatteluja.

Opinnäytetyön lopputuloksena todettiin, että tutkittavien kohteiden kaltaisissa hyvin tavanomaisissa kohteissa eKivi on monella osa-alueella kätevämpi tapa toteuttaa pientalon perustukset kuin perinteinen valusokkeli. Eristehalkaistu rakenne tekee sokkelista rakennusteknisesti toimivamman, työmaat ovat siistimpiä ja vaativat vähemmän logistiikkaa eikä asentajien fyysinen kuormitus nouse yhtä kovalle tasolle kun vanerimuotteja kantaessa. Kehitettävääkin eKivi-työmaalta kuitenkin löytyy esimerkiksi työvälaineistä. Tuloksista voidaan päätellä, että eKivi on ehdottomasti tulevaisuuden tuote pientalojen perustamisessa, mutta laajempaa tutkimusta aiheesta vielä tarvitaan.

Asiasanat:

perustukset, eKivi, paikallavalu, betonielementti

Bachelor's / Master's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Degree programme

Completion year of the thesis | Total number of pages

Author(s)

Title of Thesis

- subtitle of the report (if used)

The purpose of this thesis is to compare the innovative eKivi element foundation developed by the client company with traditional locally cast foundation made with plywood molds. The objective is to identify the key differences between the solutions and to determine how eKivi addresses design and implementation challenges compared to cast foundations. The eKivi under investigation is a factory-made foundation assembled from prefabricated elements, which can be installed directly on a gravel bed and mechanically connected without separate casting of joints.

The method used in this thesis is a comparative case study. Short interviews were also conducted to support the research with personal experiential insights.

The conclusion of the thesis is that in cases such as the one studied, eKivi is in many aspects a better way to build the foundation of a small house compared to traditional cast foundations. The insulated split structure makes the foundation technically more functional, construction sites cleaner with less logistics, and the physical strain on installers is not as high as when carrying plywood molds. However, there are still areas for improvement in eKivi construction sites, such as tools. The results suggest that eKivi is definitely a future product for small house foundations, but further research on the topic is still needed.

Keywords:

foundation, eKivi, casting, concrete element

Sisältö

1 Johdanto	8
2 Teoriaa ja taustaa	10
2.1 Perustukset ja niille asetetut vaatimukset	10
3 Paikallavaletun sokkelin toteutus	20
3.1 Kohteen vastaanotto	20
3.2 Aloittavat työt	20
3.3 Muotitustyö	20
3.4 Valu	22
3.5 Muottien purku ja lopettavat työt	23
4 Toteutus eKivi	25
5 Päätelmät	29
5.1 Toteutettavuus ja työmaatekniset asiat	29
5.2 Suunnittelu ja rakennustekniset ominaisuudet	32
5.3 Hiilijalanjälki ja ekologisuus	33
5.4 Lopuksi	35
Lähteet	36

Liitteet

Liite 1. Haastattelu: Jaakko-Pekka Kumpula

Liite 2. Haastattelu: Antti Niinikoski

Liite 3. Haastattelu: Antti Keinänen

Liite 4. Haastattelu: Sami Kauppinen

Kuvat

Kuva 1. Valusokkelin perustusleikkaus	15
Kuva 2. eKiven liitos	16
Kuva 2. eKiven perustusleikkaus	17
Kuva 3. Ulkokierron muotit pystyssä	19
Kuva 4. Muotit purettu. Perustus on valmis	21
Kuva 5. Asennuskivien korontarkistus	23
Kuva 6. eKivi nostetaan paikalleen.	24
Kuva 7. eKiven asennusta.	25
Kuva 8. eKiven asennusta.	27
Kuva 9. Valmista tuli. eKivi on paikallaan.	31

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan kahta erilaista pientalon maanvaraista matalaperustusratkaisua. Opinnäytetyön tarkoitus on vastata kysymykseen, onko omakotitalon perustusten toteuttaminen eKivi-sokkelielementeillä tehokkaampi tapa kuin perinteisemmällä paikallavalumenetelmällä. Vastausta kysymykseen haetaan eri osa-alueilla, joista pääpaino on toteutettavuuden ja työmaan käytännön asioiden alueella, kuten aikatauluissa, fyysisessä kuormittavuudessa ja työn vaativuudessa. Lisäksi opinnäytetyössä tarkastellaan ratkaisujen rakennusteknisiä ominaisuuksia sekä ekologisuutta ja hiilijalanjälkeä. Tutkimusmenetelmänä käytetään vertailevaa tapaustutkimusta, jonka kohteina ovat kahden eri omakotitalon perustustyömaat. Tutkimus perustuu pääasiassa omakohtaisiin havaintoihin ja kokemuksiin työmaalla. Työmaalla tehtyjen havaintojen tueksi toisena menetelmänä käytetään henkilöstön haastatteluja.

Opinnäytetyön aihe on tärkeä ja ajankohtainen, koska siinä etsitään vastauksia rakennusalan ajankohtaisiin kysymyksiin. Vuonna 2025 voimaan tuleva uusi rakentamislaki tuo omat lisävaateensa alalle. Uusimmat rakennusten veden- ja kosteudeneritysohjeiden (RIL-107-2022) suositukset vaikuttavat osaltaan nimenomaan perustustusten suunnitteluun tulevaisuudessa. Lisäksi oman haasteensa tuo tulevaisuudessa yhä selkeämmin työvoiman saaminen rakennusalalle. Vanhojen tekijöiden siirtyessä sivuun on seuraavasta sukupolvesta yhä vaikeampi löytää halukkaita tekijöitä fyysisiin ulkotöihin.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimiva Perustava Oy on kehittämässä tuotetta, jonka pitäisi vastata edellä mainittuihin haasteisiin. Perustava Oy kuuluu Perustava-konserniin, joka tarjoaa maanrakennus- ja perustusratkaisuja niin pientalokohteisiin kuin isompiinkin toimitilakokonaisuuksiin tai kerrostaloihin. Perustava Group Oy käsittää Perustava Oy:n lisäksi myös Perustava Elementti Oy:n, Perustava Paalutus Oy:n ja Perustava Infra Oy:n. Perustava Elementti Oy valmistaa Lammilla sijaitsevassa tehtaassaan betonielementtejä Perustava Oy:n työmaille mutta myös suoraan ulos myytäväksi. Perustava Infra ja

Perustava Paalutus toimivat Perustava Oy:n tukena toteuttamalla Perustava Oy:n työmaiden maanrakennus- ja paalutustyöt.

Pientalorakentamisessa Perustava Oy:llä on iso rooli. Perustava toimii muun muassa kaikkien muuttovalmiita taloja myyvien talotehtaiden kumppanina tarjoten perustukset näiden kohteisiin. Lisäksi perustuksia tarjotaan myös suoraan yksityisille rakentajille sekä rakennusliikkeille. Tutkimuksen vertailukohteeksi valikoitui kaksi hyvin samantyyppistä kohdetta, jossa perustusolosuhteet olivat hyvin tavanomaisia. Kummankin perustukset toteutettiin matalaperustaisena ja maanvaraisella sokkelilla ja maanvaraisella alapohjalla. Opinnäytetyön tavoite on siis selvittää, kuinka uusi eKivi-tuote toimii edellämämainitun kaltaisissa peruskohteissa, joita toteutetaan satoja joka vuosi. Hypoteesi on, että eKivi osoittaa tutkimuksessa paremmuutensa jokaisella osa-alueella.

Kun eKiveä lähdettiin ideoimaan, oli tavoitteena kehittää tuote, joka mahdollistaisi perustuskohteiden toteuttamisen pienemmällä väkimäärällä volyyymiin nähden. Haluttiin, että tuote olisi tasalaatuisempi ja vähemmän riippuvainen työmaan sääolosuhteista sekä valupinta olisi kerralla valmis ja visuaalisesti hyvän näköinen. Oli myös tarve kehittää toimiva ja kustannustehokas eristehalkaistu rakenne pientalokohteisiin.

Lähdeaineistona tässä opinnäytetyössä käytetään pohjarakentamiseen liittyviä lakeja ja asetuksia, aiheeseen liittyviä kirjallisia lähteitä, perustuksiin liittyviä RT- ja Ratu-kortteja sekä Perustavan omia materiaaleja lähinnä eKiveen liittyen. Teksti koostuu teoriaosuudesta, tutkimusosuudesta, loppupäätelmistä ja pohdinnoista. Teoriaosuudessa tarkastellaan perustuksille asetettuja vaatimuksia ja erilaisia perustamisstapoja sekä esitellään tarkemmin tutkimuskohteissa käytettävät perustusratkaisut. Tutkimusosuudessa seurataan tutkimuksen kohteina olevien työmaiden asennusprosessia ja tehdään havaintoja. Lopuksi tehdyt havainnot ja päätelmät nivotaan yhteen.

2 Teoriaa ja taustaa

2.1 Perustukset ja niille asetetut vaatimukset

Joka rakennuksen alle tarvitaan perustukset. Rakennuksen omasta painosta ja sen käytöstä syntyy kuormia ja perustusten tehtävä on välittää nämä kuormat maaperälle (Rakentajan tietokirjat 2010, 6). Perustusten tarkoitus on toimia samalla myös lämmöneristävänä rakenteena. Pientalojen kohdalla suositaan rungon materiaalista riippumatta pääasiassa kivirakenteisia perustuksia, koska betoni- tai harkkoperustukset kestävät hyvin olosuhdevaihteluiden aiheuttamaa jäätymis- ja sulamisrasitusta sekä kosteutta ja mahdollisia mikro-organismeja. (Betoni 2023)

Rakentamishankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan käyttötarkoituksen mukaan. Käyttötarkoituksessa otetaan huomioon, että sen rakenteet ovat lujia ja vakaita, soveltuvat rakennuspaikan olosuhteisiin ja kestävät rakennuksen suunnitellun käyttöiän. Kantavien rakenteiden suunnittelun ja mitoituksen on perustuttava rakenteiden mekaniikan sääntöihin ja yleisesti hyväksytyihin suunnitteluperusteisiin taikka luotettavaan koetuloksiin tai muihin käytettävissä oleviin tietoihin. Rakennuksen rakentamisesä on käytettävä rakenteiden lujuuden ja vakauden kannalta soveltuvia rakennustuotteita. (Rakentamislaki 751/2023, 4:42).

Pohja- ja maarakenteet on suunniteltava ja toteutettava siten, että rakenteiden painumat, siirtymät, kiertymät ja muodonmuutokset pysyvät niin pieninä, etteivät ne haittaa rakennuksen tai rakenteen käyttöä ja etteivät rakenteet haitallisesti halkeile tai saa haitallisia pysyviä muodonmuutoksia. Maapohjan ja rakenteiden varmuuksien murtumista vastaan on oltava riittävän suuria sekä rakennusaikana että rakennuksen käyttöaikana. (Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista 17.6.2014/465, 2)

Perustuksille, samoin kuin muillekin betonirakenteille, on asetettu tietyt toleranssit sekä mittatarkkuuden että betonipintojen osalta. Betoniyhdistyksen

julkaisussa, johon myös RYL2010 viittaa, on määritetty toleranssi sokkelin yläpinnan korolle ± 20 mm sekä sijainti vaakatasossa mittalinjoihin nähden ± 25 mm. (Suomen betoniyhdistys 2019, 59) Tutkimuskohteena olevassa omakotitalohankkeessa toleranssit olivat kuitenkin vielä tuota tiukemmat. Sokkelin yläpinnan suurin sallittu korkopoikkeama on tutkimuskohteena käytetyn perustuksen tilaajan Jetta-Talo Oy:n mittaohjeen mukaan ± 5 mm ja tasaisuusvaatimus ± 3 mm 2 m:n matkalla. Päämittojen suurin sallittu poikkeama on ± 10 mm. Betonipintojen eli käytännössä ulkonäön puolesta osittain näkyviin jäävät perustukset kuuluvat yleensä Suomen Betoniyhdistys ry:n määrittelemään laatuluokkaan B. Laatuluokassa B betonipinnoille sallitaan esimerkiksi muottilevyjen tasoerosta johtuva 5mm hammastus ja 200 kpl halkaisijaltaan 12mm tai alle olevia valuhuokosia. (Suomen betoniyhdistys 2021, 102) Sokkeli voi siis olla hyvinkin rujan näköinen täyttäen silti betonipinnoille asetetut toleranssit.

Tänä päivänä rakentamisen ympäristöystävällisyyteen kiinnitetään yhä enemmän huomiota. Rakentamisen ohjauksen lähtökohdista sanotaan uudessa rakentamislaisissa näin: *Rakentamisen on hillittävä ilmastonmuutosta perustumalla elinkaariominaisuuksiiltaan kestäviin ja taloudellisiin, energiatehokkaisiin, sosiaalisesti ja ekologisesti toimiviin sekä kiertotaloutta edistäviin ratkaisuihin* (Rakentamislaki 751/2023 2:5). Perustusten energiatehokkuuteen liittyen on julkaistu uusia suosituksia. Perinteisessä valusokkelissa pystyeriste sijoitetaan sokkelin sisäpintaan, mutta uusimman Rakennusinsinööriunionin julkaisemassa rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeen (RIL 107-2022, 64) mukaan suositellaan käyttämään eristehalkaistua rakennetta. Tällöin rakennus on energiatehokkaampi. Toki tällainen halkaistu sokkelipalkki voidaan toteuttaa myös paikallavalettuna, mutta se on työläs ja sen vuoksi kustannuksia nostava tapa.

2.2 Perustamistavat

Perustamistavat voidaan jakaa karkeasti matalaperustuksiin ja syväperustuksiin. Syväperustuksista puhutaan, kun perustamistaso ulottuu syvälle routimattoman maan syvyyteen (Rakentajan tietokirjat 2010, 8). Yleisiä

syväperustamisen tapoja ovat peruspilarit, peruspilarit ja sokkelipalkki sekä perusmuuri. Peruspilareita voidaan käyttää perustusratkaisuna rakennuksissa, jossa ei ole kellaria, mutta jossa on avoin ryömintätila ja perustuksina osittain maanpinnan yläpuolelle jäävät, yleisesti teräsbetoni- tai kevytsorapilariharkoista valmistetut pilarit. Mikäli pilareita ei saada tukeutumaan suoraan kallioon, tehdään niiden alle teräsbetoniset pilarianturat. Peruspilarit ja sokkelipalkki on taas ratkaisu, jota voidaan käyttää sekä maanvaraisen että ryömintätilallisen alapohjan kanssa. Sokkelipalkki tukeutuu pilareihin ja siirtää yläpuolisista rakenteista tulevaa kuormitusta peruspilareille. Perusmuuri taas siirtää rakennuksen kuormat anturoiden välityksellä routarajan alapuolelle. Tätä ratkaisua käytetään pientalokohteessa yleensä vain silloin, kun perusmuuri toimii samanaikaisesti myös kellarin seinänä. (Siikanen 2016, 220.)

Lämpimät rakennukset taas perustetaan useimmiten matalaperustaisina, jolloin perustamistaso jää routasyvyyden yläpuolelle. Tällöin käytetään routaeristystä. (Rakentajan tietokirjat 2010, 8.) Matalaperustuksissa perustamissyvyys on yleensä 0,5–0,6 m. Perustusten alapinnan tulisi vähintään 0,3m maanpinnan alapuolella (Siikanen 2016,225). Matalaperustustavat voidaan jakaa kahteen pääryhmään, jotka ovat ryömintätilallinen alapohja ja maanvarainen alapohja. Ryömintätilallisia ratkaisuja ovat pilariperustus tai pilari-palkki-perustus, perusmuuriperustus sekä lähinnä keveisiin tilapäisrakenteisiin soveltuva jalasperustus. Maanvaraisen alapohjan ratkaisuja taas ovat perusmuuri + maanvarainen laatta, reunapalkilla vahvistettu maanvarainen laatta sekä harvinaisemmat lokerolaattapalkisto ja arinapalkisto. (Siikanen 2016, 225.) Tässä opinnäytetyössä tutkittavana ovat matalaperustukset jossa ratkaisuna on maanvarainen laatta sekä perusmuuri. Muita ratkaisuja tässä työssä ei käsitellä.

Perustusratkaisut on suunniteltava rakennuspaikan maapohjan mukaan. Mikäli omakotitalokohteessa rakennettavan paikan maapohja on kantavaa maaperää, määrittelee maaperätutkija perustamistavaksi maanvaraisen laatan ja anturaperustuksen. Tällöin anturan vähimmäisleveys saa olla 300 mm, perustamissyvyyden täytyy olla vähintään 0,5 m sekä maanvastaisen lattian koron taas on oltava vähintään 300 mm ympäröivän maanpinnan tasoa

ylempänä (RT 81-10584). Mikäli tällöin perustusten rakennesuunnittelija laskee, että 300mm leveä antura on maapohjan kantokykyyn nähden riittävä, voidaan tällainen perustus toteuttaa 900 mm korkealla yhtenäisellä saapaspalkilla ilman erillistä valettua anturaa. Tällöin 0,5 m:n perustamissyvyys tulee täytettyä ja näkyvää sokkeliä jää vielä hyvän rakennustavan mukaisesti 40 cm, jolloin talon ulkoverhous ei tule liian lähelle maanpintaa (Perustava n.d.a). Tällaisissa kohteissa hyviä tapoja toteuttaa perustukset voisivat olla erillisen teräsbetonianturan päälle tehty harkkosokkeli, paikallavalettu sokkelipalkki tai vaihtoehtoisesti samankokoisella eKivi-sokkelielementillä. Tässä opinnäytetyössä keskitytään vertailemaan kahta jälkimmäistä ratkaisua.

2.3 Valuperustus

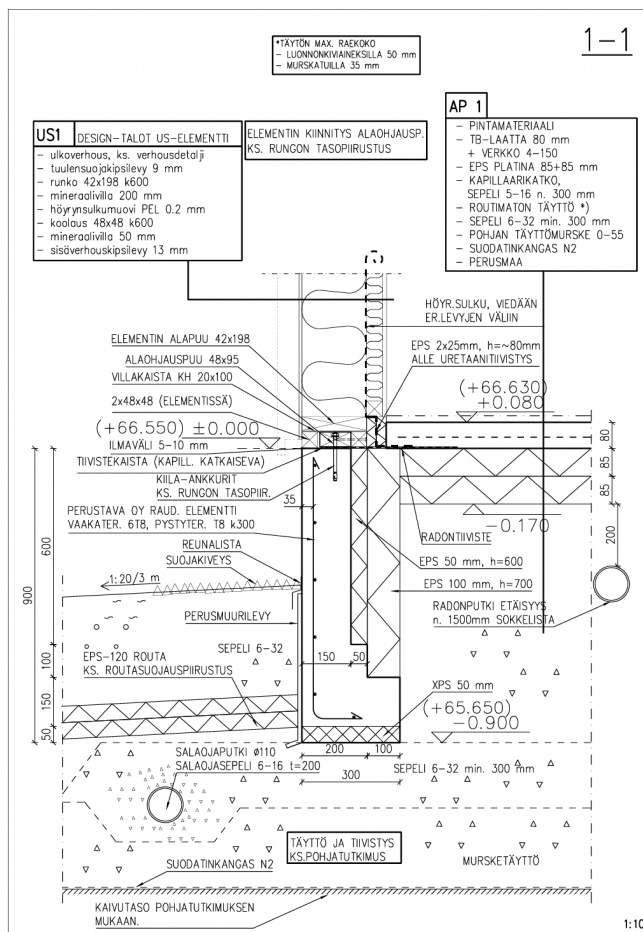
Paikallavaletun perustuksen toteutuksen voi tiivistää siten, että sopivalla muottikalustolla kootaan betonille perustussuunnitelman mukainen mittatarkka muotti, jonka sisään asennetaan raudoitteet ja joka lopuksi valetaan täyteen betonia. Kun muotitus on tehty oikein, lopputuloksena on mittatarkka, yhtenäinen perusmuurirakenne. (Ratu 1198-S)

Valuperustuksen teko koostuu aloittavista töistä, itse valutyöstä sekä lopettavista töistä. Aloittavia töitä ovat työmaan vastaanotto, materiaalien ja mahdollisten koneiden vastaanotto, välivarastointi ja siirrot. Perustusten paikallavaluun kuuluvia töitä ovat mittaustyöt, muottityö ja raudoitus, betonointi ja betonoinnin jälkihoito sekä muottien purku ja puhdistus. Lopettavia töitä taas ovat kaluston ja työvälineiden siirrot ja varastointi sekä jätteiden lajittelu ja siivous.

Valuperustuksen tekemiseen tarvitaan monenlaista materiaalia ja kalustoa. Ne voidaan jakaa muottimateriaaleihin, raudoitusmateriaaleihin, suojausmateriaaleihin sekä koneisiin ja kalustoon. Ensimmäisenä ovat muottimateriaalit, kuten esimerkiksi muottipuutavara, vaneri tai valmismuotit, muottisiteet, muottilukot, muottivälikkeet, naulat ja ruuvit. Raudoitusmateriaaleihin taas kuuluvat harjatangot, teräsverkot, sidelangat, välikkeet ja tuet.

Suojausmateriaalit käsittävät tarvittavat muovit ja suojapeitteet valun jälkihoidon onnistumiseksi, lämpösuojalaatikot, tukirakenteet sekä työmaan turvallisuuden varmistamiseksi lippusiimat ja väliaikaiset aidat. Kalustoon taas kuuluvat elektroniset ja optiset mittauslaitteet, kuten vesiletku, vesivaaka, linjalanka ja pitkä mitta. Muita työkaluja ovat tavallisten timpurin työkalujen lisäksi pöytäsiirkeli, käsisirkeli, öljyruisku, käsileikkuri, raudoitteiden taivutuslaitteet, sidontakoukku, pumppukoukku, pihdit sekä hitsausvälineet. Betonin käsittelyyn liittyvää kalustoa ovat sauvatärytin, betonin vastaanottosiilo, nostoastia, valusukka, linjalaudat, hiertimet, suojaus ja lämmityskalusto sekä tietenkin itse pumppauskalusto. (Ratu 1198-S)

Valusokkeli koostuu anturaosasta ja perusmuuriosasta jonka sisäpinnassa kulkee pystyeriste. Se katkaisee kylmäsilan lattian, seinän ja perustuksen liitoksessa (kuva 1).



Kuva 1. Valusokkelin perustusleikkaus (Kuva: Perustava Oy)

2.4 eKivi-elementtiperustus

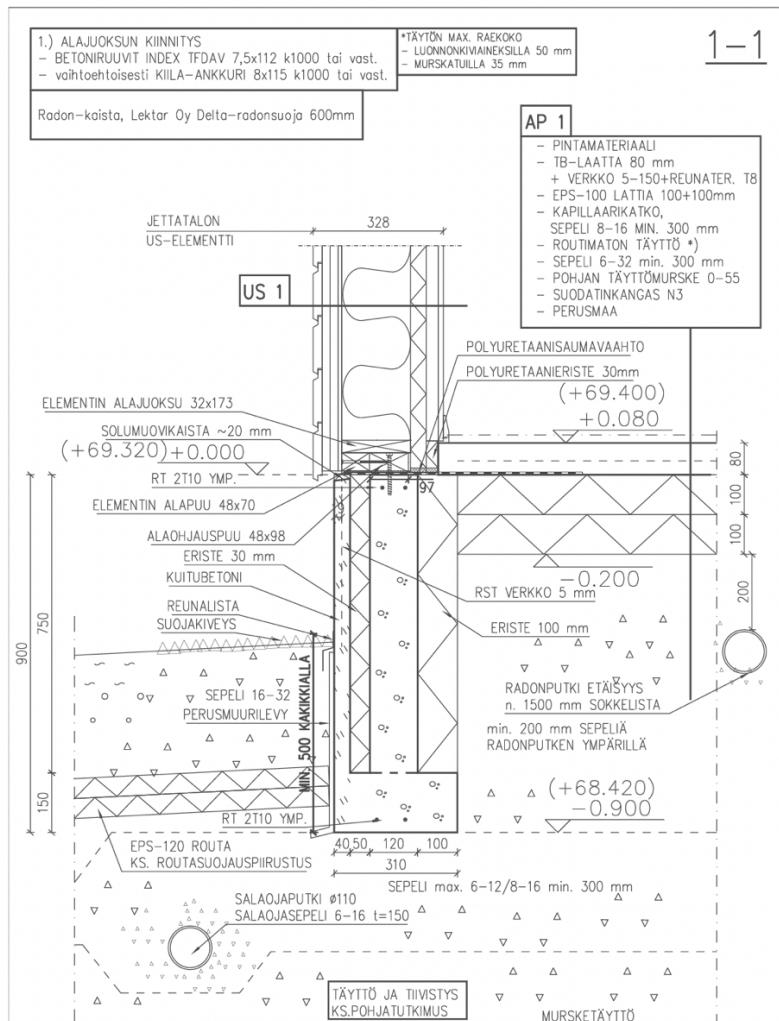
Vaihtoehtoinen perusratkaisu maanvaraiselle laatalle perustettavaan omakotitalokohteeseen on eKivi-sokkelielementeistä koottu perustus. Tehtaalla valmistetut elementit kuljetetaan työmaalle ja nostetaan nosturilla paikoilleen suunnitelman mukaisesti. Perustuksia on tehty jo pidempään myös elementeistä, mutta eKiven erottaa muista elementtien kiinnitys toisiinsa. Se tapahtuu mekaanisella alumiinisiin liitoskappaleihin perustuvalla lukitusmenetelmällä, jolloin erillisiä saumavaluja ei tarvita. Rakenne vastaa aikaisemmin viitatus RIL-107-22 julkaisun suositukseen eristehalkaistusta rakenteesta. (Perustava n.d.b.)

Samoin kun valuperustusten teon, myös eKiven asennuksen voi jakaa aloittaviin töihin, itse asennukseen ja lopettaviin töihin. Aloittaviin töihin kuuluu sorapedin viimeistely ja tasaus sokkelilinjalta, aluslevyjen asennus elementtien saumakohtiin sekä linjalangan asennus 50mm sokkelilinjan ulkopuolelle. Varsinaiseen asennukseen kuuluu elementtien nostotyö ja paikalleen asennus ja liitoskappaleiden kiinnitys. (Kuva 2.) Lopettaviin töihin voidaan lukea elementtisaumojen tiivistys, työmaan siivous ja dokumentointi. (Perustava, eKiven asennusohje 2023)



Kuva 2. eKiven liitos. (Kuva: Perustava Oy)

Valusokkelin tavoin e-Kivi koostuu anturaosasta ja perusmuuriosasta. Elementin ulkopinnassa on ohut betonikuori, jonka takana on EPS-pystyeriste, ja vasta tämän takana on sitten varsinainen rakennuksen painon kantava osa. Sisäpinnasta löytyy vielä toinen EPS-pystyeriste. Koska eKivi sisältää eristehalkaisun, on sen pohjaan tehty vedenpoistoreiät. (kuva 3.).



Kuva 3. eKiven perustusleikkaus. (Kuva: Perustava Oy.)

2.5 Työturvallisuus rakennustyömaalla

Pientalon rakennushankkeen työturvallisuuteen liittyvät velvollisuudet ja niiden jakautuminen perustuu hyvin pitkälti 1.6.2009 voimaan astuneeseen valtioneuvoston asetukseen rakennustyön turvallisuudesta. Rakennuttajan on nimettävä jokaiselle rakennushankkeelle turvallisuuskoordinaattori, joka on

hankkeen vaativuutta vastaava ja pätevä tehtävään (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 1.6.2009/205, 2:5). Rakennuttajan on nimettävä yhteiselle työmaalle päätoteuttaja. Kun rakennustyömaalle ei ole nimetty päätoteuttajaa, vastaa rakennuttaja myös päätoteuttajalle kuuluvista velvollisuuksista (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 1.6.2009/205, 2:6). Yhteisellä työmaalla tarkoitetaan asetuksessa työmaata, jolla samanaikaisesti tai peräkkäin toimii useampi kuin yksi työnantaja tai korvausta vastaan työskentelevä itsenäinen työsuorittaja (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 1.6.2009/205, 1:2).

Pientalokohteen ollessa kyseessä rakennuttajan vastuut siis vaihtelevat jonkin verran sen mukaan, onko kyseessä edellä mainittu yhteinen työmaa vai ei. Mikäli yhteisen työmaan tunnusmerkit eivät täytyy vastaa työturvallisuusvelvoitteista rakennusurakasta vastaava yksittäinen urakoitsija, joskin myös tällöin on rakennuttajan nimettävä aikaisemmin mainittu turvallisuuskoordinaattori.

Kun puhutaan omakotitalon rakennushankkeen perustusurakasta, on toteuttaja harvoin pääurakoitsija. Useimmiten perustukset tehdään niihin erikoistuneen urakoitsijan toimesta, joka toimii hankkeessa osaurakoitsijana tai pääurakoitsijan aliurakoitsijana. Jokainen urakoitsija vastaa osaltaan kuitenkin myös itse työntekijöidensä turvallisuudesta työnantajan yleisen huolehtimisvelvoitteen mukaisesti (Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738, 2:8).

2.6 Elementtien asennus ja nostotyö

Pientalokohteissa tapahtuvat elementtien nostot tehdään lähes aina ajoneuvonosturia käyttäen. Valtioneuvoston asetuksessa rakennustyönturvallisuudesta sanotaan seuraavasti: Rakennustyössä käytettävien koneiden ja muiden teknisten laitteiden tulee olla rakennustyömaalla käyttötarkoitukseen sopivia, riittävän lujarakenteisia rakennustyön olosuhteisiin ja niin suojattuja, etteivät ne aiheuta vaaraa käyttäjilleen eivätkä muille työmaalla oleville. Ajoneuvo- tai kuormausnosturia

käytettäessä tulee erityisesti varmistautua, että maapohjan kantavuus on riittävä nosturin sijoituspaikalla. Nostolaitteet tulee perustaa ja ankkuroida tai tukea siten, etteivät ne käytettäessä liiku niin, että siitä aiheutuu vaaraa. Maapohjan kantavuus nosturin alla tulee selvittää ja ryhtyä sellaisiin toimenpiteisiin, että nosturin vakaus ei vaarannu. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 1.6.2009/205, 5:19).

Nostolaitteen sijoittamista suunniteltaessa on aina kiinnitettävä huomiota maapohjan kantavuuden lisäksi siihen, että taakan liikkumisen valvonta onnistuu, vaara- alue on erotettu, mahdollinen liikenteenohjaus saadaan hoidettua ja että merkinanto taakan vastaanottajien ja nostolaitteen käyttäjän välillä onnistuu joko suoraan tai erillisen merkinantajan välityksellä. Vaikeita nostotyitä varten on aina laadittava kirjallinen nostotyösuunnitelma. Nostotyösuunnitelma tulee aina laatia käytettäessä samanaikaisesti useampaa kuin yhtä nosturia taakan nostamiseen. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 1.6.2009/205, 5:21)

Nostotyösuunnitelman tai asennussuunnitelman muotoa ei ole tarkemmin määrätty, mutta tärkeintä on kuitenkin suunnittelun ajatusprosessi, jonka tarkoituksena on luoda yhteistoiminta asennustyöhön osallistuvien kesken sekä varsinaisen työn toteuttaminen mahdollisimman suunnitellusti ja turvallisesti. Suunnitelmassa tulisi huomioida, että elementit asennetaan ensisijaisesti suoraan paikalleen ilman välivarastointia, työntekijöiden putoamissuojaus on järjestetty, kulkutiet asennuspaikalle ovat kunnossa, asennusjärjestys on suunniteltu turvallisesti, nostojen ohjaus on mahdollista, elementtien väliaikaisesta tuennasta on ohjeet, elementtien lopullinen kiinnitys voidaan tehdä mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, kalusto on tehtävään sopiva ja toimintakunnossa. Työmaalla on oltava elementtien saapuessa valmiudet aloittaa nostotyö eli vapaa purkamisalue tulee löytyä sekä nostolaite ja rakennusmiehet. Mikäli välivarastointia tarvitaan, on huolehdittava että varastopaikka on nosto- ja kuljetusvälineiden toiminta-alueella sijoitettuna siten, että nosturin käyttäjällä on sinne esteetön näköyhteys, lähellä lopullista asennuspaikkaa, alueella joka on tasainen ja kovapohjainen ja joka on helppo

pitää lumesta puhtaana ja valaistuna. Varastoalueelle pitäisi olla myös hyvät liikenneyhteydet. (Ratu-1182-S)

Elementtiasennus on käytännössä aina ulkotyötä, jolloin on otettava huomioon myös sääolosuhteet. Vuodenajat vaikuttavat työhön merkittävästi ja olosuhteet voivat vaihdella nopeastikin. Vallitsevat työolosuhteet on aina tarkistettava ennen asennustöiden aloittamista. Sekä kesällä että talvella on huolehdittava säänmukaisesta pukeutumisesta. Talvella on erityisesti huomioitava mahdollisen lumen ja jään aiheuttaman liukkauden poisto sekä riittävä valaistus työmaalla. Liian kovan pakkasen tai lumisateen vuoksi voidaan nostotyötä joutua siirtämään. Kesäaikaan on tarpeen mukaan suojauduttava kirkkaalta auringonvalolta heijastavilla tai himmentävillä suojalaseilla. Kuumalla säällä on myös kiinnitettävä erityistä huomiota työkyvyn ylläpitämiseen juomalla riittävästi, syömällä monipuolisesti ja tarkkailemalla työkaverien kuntoa. (Heiska & Koskenvesa 2010,13.)

3 Paikallavaletun sokkelin toteutus

3.1 Kohteen vastaanotto

Tässä opinnäytetyössä käytettiin tutkimuskohteena Lohjalla sijaitsevaa omakotitalotyömaata, johon perustukset toteutettiin paikallavaletulla sokkelipalkilla. Perustusurakka aloittiin kohteen vastaanotolla. Kohteesta vastaava työnjohtaja käy tarkistamassa että sorapeti on riittävän tasainen eli korko on ± 20 mm, rakennuksen nurkkapisteet on kunnan toimesta merkattu ja tontilta löytyvät sähköt. Kohdetta vastaanotettaessa on myös varmistettava, että kohteelle on riittävät kulkuyhteydet ja että betonipumppuautolle on riittävän iso ja tiivistetty sorapeti eikä puomin tiellä ole esteitä. Talviaikaan on huolehdittava, että auruksista ja hiekoituksesta on huolehdittu ja sorapeti on suojattu jäätymiseltä. Tutkimuskohteessa ei näissä asioissa ollut haasteita.

3.2 Aloittavat työt

Ennen varsinaisten töiden aloittamista tarkastetaan, että pohja on määrättyssä korossa kunnan toimittamaan korkomerkkiin nähden. Tämän jälkeen mitataan rakennuksen nurkkapisteistä sokkelin nurkkapisteet ja merkitään ne sorapetiin harjateräksen pätkällä muotitustyön helpottamiseksi. Omakotitalojen sokkelia valettaessa käytetään nykyisin usein valmiiksi rakennettuja vanerimuotteja. Ennen työmaalle tuloa ovat asentajat tehneet muotitussuunnitelman ja keränneet suunnitelman mukaisen määrän erimittaisia pätkämuotteja täyspitkien muottien lisäksi. Kun sokkelin nurkat on merkattu, jaetaan nämä muotit sorapedille suunnitelman mukaisesti, jotta muotittamisvaiheessa on aina helposti saatavilla oikeat muotit.

3.3 Muotitustyö

Ensimmäinen varsinainen työvaihe on muotituksen ulkokierron pystytys. Ensin tehdään aloituskulma ruuvaamalla halutut muotit rungoistaan kiinni. Sen jälkeen

lähdetään rakentamaan ulkokierron muotitusta suunnitelman mukaan ruuvaamalla muotit toisiinsa kiinni. Kun ulkokierto on valmis, tarkastetaan että päämitat ovat kunnossa ja tarvittaessa korjataan muotituksen sijaintia. Kun mitat ovat oikein, jaetaan alapuolen muottipannat paikoilleen (kuva 4.). Suositeltavaa on laittaa vähintään 4 pantaa täyttä muottiväliä kohden. Lisäksi laitetaan paikkaan suunniteltu XPS-eristeet, jotka toimivat sokkelin alapuolisina eristeinä. Lisäksi eriste estää betonin valumista muottien alta sorapedin epätasaisuuksissa, jolloin massan menekki pystytään laskemaan luotettavammin. Kun ulkokierron muotitus on valmis, muotit öljytään. Öljyä on laitettava riittävästi, jotta muotti ei tartu valuun kiinni, mutta kuitenkin niin vähän, ettei se ala valua muotin pinnalla (Ratu 1198-S).



Kuva 4. Ulkokierron muotit pystyssä. (Kuva: Juho Remes)

Seuraavaksi asennetaan sokkelin raudoitteet perustussuunnitelmien mukaisesti. Tutkimuksen kohteena olevassa kohteessa käytettiin valmista raudoite-elementtiä eli niin kutsuttua L-verkkoa. Verkon päässä on aina valmiiksi 600mm pitkät vaakateräkset, jolloin erillisiä jatkosrautoja ei tarvita. Verkot liitetään toisiinsa surrilangoilla ja suojaetäisyydet sokkelin pinnasta varmistetaan muovisilla välikekorpuilla. Kun raudoitteet ovat valmiit aloitetaan sisäkierron muottien pystytys. Muotit ruuvataan toisiinsa kiinni samalla tavalla kun ulkokierrossakin. Kun sisäkierto on valmis, kiinnitetään vielä paikalleen sisäpuolen pystyeristeet perustussuunnitelman mukaisesti. Eristeet kiinnitetään sisäkierron muottiin.

Kun eristeet ovat paikoillaan, jaetaan yläpään muottipannat samalla jaolla kuin alapuolen pannat. Sen jälkeen lukitaan muottaus paikalleen lukkoputkillä. Teräksiset lukkoputket estävät muottien pullahtamisen ulospäin. Jotta estetään muottien puristuminen liian tiukkaan, tuetaan muotit sisältäpäin EPS-eristeen palasilla säännöllisin välimatkoin. Nämä eristeen palaset on sitten helppo napata valun edetessä muottien välistä pois.

3.4 Valu

Muotitus on valmiina aikataulun mukaisesti ennen sovittua valuaikaa. Valussa asentajaparin roolit jakautuvat siten, että toinen asentaja pumppaa betonia ja toinen tulee perässä käyttäen sauvatärytintä eli vibraa. Sokkelin korkeus on 900mm, joten valu hoidetaan kahdella kierroksella eikä esimerkiksi valusukkaa matalan pudotuskorkeuden vuoksi tarvita. Ensin valetaan muotti puoleen väliin ja toisella kierroksella täyteen.(RT 1198-S) Koska muotti on 900mm korkea, on summittainen korko helposti katsottavissa. Kun massa on muotissa, aloitetaan yläpinnan tasaaminen tarkasti haluttuun korkoon tasolaserin avulla. Kun korko on oikea, hierretään pinta vielä tasaiseksi.

3.5 Muottien purku ja lopettavat työt

Kun betoni on saavuttanut riittävän lujuuden voidaan muotitus purkaa. Vanerimuotit irroitetaan betonista. Muotit puhdistetaan betoniroiskeista ja niputetaan ohjeen mukaan. Muottiniput sidotaan kuormaliinoilla kiinni ja jätetään odottamaan muottiautoa. Kun muotit on purettu, viimeistellään sokkelin pinta joko lastalla tai tarvittaessa hiomakoneella (kuva 5.). Valupurseet ja nystyrät pyyhitään pois. Mikäli sokkelin kylkeen on jäänyt rotankoloja tai huokosia, jotka eivät mahdu vaadittuun laatuluokka B:n toleranssiin, ne paikataan (Suomen betoniyhdistys 2021, 102). Tämän jälkeen tarkistetaan sokkeli, että korkomaailma sekä päämitat ovat toleranssien mukaiset ja täytetään mittauspöytäkirja. Tässä vaiheessa tutkimuskohteen työmaalla todettiin, että sokkelin korot eivät ole kauttaaltaan toleranssissa, joten virhepaikat oli korjattava koneellisesti hiomalla.



Kuva 5. Muotit purettu. Perustus on valmis. (Kuva: Juho Remes)

Kun sokkeli on viimeistelty, siivotaan työmaa. Paikallavaletun sokkelin teossa roskaa syntyy lähinnä eristeistä, joita joudutaan katkomaan oikeisiin mittoihin.

Roskat kerätään säkkeihin, jotka suljetaan ja laitetaan asiakkaan osoittamaan paikkaan työmaalla.

4 Toteutus eKivi

4.1 Taustaa

Tutkimuskohteena tässä opinnäytetyössä käytettiin Nurmijärvelle rakennettavan omakotitalokohteen perustuksia, jotka toimitettiin vuosisopimusasiakkaalle. Asiakkaalle oli jo aiemmin toimitettu eKivi-perustuksia, joihin oli oltu tyytyväisiä, joten myös tähän kohteeseen haluttiin paikallavaletun sokkelin sijaan eKivi-sokkelit. Nostokalustona kohteessa käytettiin autonosturia.

4.2 Aloittavat toimet

Kohteen aloitus alkaa siten, että työnjohtaja käy katselmoimassa kohteen. Varmistutaan, että sorapeti on tehty asianmukaisesti. On tärkeää, että sorapedin pinta on ± 20 mm sisällä eikä isompia korkoheittoja ole. Sokkelilinjoilla viimeinen kerros täytyy olla niin sanottua salaojasepeliä, jotta elementtien asentaminen on sujuvaa. (Kumpula 2023.) Lisäksi on varmistuttava, että elementtien nostolle on riittävät ja turvalliset edellytykset. Käytännössä tämä tarkoittaa, että nostolinjalla ei ole esteitä ja nosturille on tehty riittävän suuri tiivistetty sorapeti. Tutkittavassa kohteessa todettiin, että nosturin alusta ei ole riittävän suuri autonosturille, joten maanrakentajaa pyydettiin laajentamaan petiä.

Kun kohde on otettu vastaan alkaa nostojen valmistelu. Ensimmäinen vaihe on mitata kunnan tuomista rakennuksen nurkkamerkeistä sokkelin nurkkat. Lisäksi vedetään linjalangat kunnan nurkkamerkkien väliin, jotta voidaan varmistua kiven sijainnista myös nurkkien välillä. Sokkelin ulkopinta oli tässä kohteessa 53 mm ulkoverhouksen pintaa sisemmällä, joten joka kiven kohdalla varmistettiin että mitta on oikea sokkelin ulkopinnasta linjalankaan. Tämän jälkeen mitataan elementtien liitosten paikat ja jaetaan niiden alle niinsanotut asennuskivet.

Asennuskivi eli betoninen pihalaatta on helppo asettaa haluttuun korkoon tasolaserin avulla (kuva 6). Kivi myös estää elementin alapuolen liitoskappaleen painumisen maahan. Kun kivet on saatu laserin avulla haluttuun korkoon, voidaan myös kivien välit tasata helposti samaan korkoon. Hienompi

salaojasepeli on helppo tasata. Nurkissa oleviin laattoihin mitataan ja merkitään tarkka sokkelin nurkan paikka, jotta kivi saadaan nostettua kerralla paikalleen.



kuva 6. Asennuskiven koron tarkastus. (Kuva: Juho Remes)

4.3 Nosto ja asennus

Sokkelielementtien asennus aloitetaan työnjohdon tekemän nostosuunnitelman mukaisesti yleensä pisimmän nostomatkan kivistä. Asennus on kohtalaisen yksinkertaista. Kun kivi on nostettu lähelle lopullista paikkaansa, lyödään ensimmäisen kiven alle molemmat alalaidan liitoskappaleet. Seuraavan kiveen lyödään sitten enää seuraava liitoskappale ja lasketaan se suoraan edellisen kiven liitoskappaleen päälle (kuva 7.). Liitoskappale kiilautuu paikalleen kiven painosta ja lukitsee sokkelin alalaidan paikalleen. Elementtejä ei siis tarvitse

erikseen tukea paikalleen asennusvaiheessa, koska liitos ei päästä yksittäistä elementtiä kaatumaan.



kuva 7. eKivi nostetaan paikalleen. (Kuva: Juho Remes)

Elementti nostetaan paikalleen laattaan tehtyjen merkkejä ja linjalankaa hyväksi käyttäen (kuva 8.). Ennen nostokoukkujen irrottamista tarkastetaan vielä kiven tarkka sijainti ja korko. Tarpeen mukaan elementtiä voi siirtää rautakangen avulla nosturin keventäessä. Elementtien liitoskappaleet ovat sen verran tiukat, että yleensä elementtiä joudutaan lyömään alaspäin moskalla, jotta se saadaan perille saakka ja oikeaan korkoon. Elementin suojaamiseksi välissä käytetään puista maakiilaa. Mikäli korko ei ole toleranssin sisällä, pitää elementtiä nostaa uudelleen ylös ja korjata sorapetiä kiven alta.



kuva 8. eKiven asennusta.(Kuva: Antti Korpi)

Kun kaikki kivet on saatu paikalleen, aloitetaan mittojen tarkistus ja tarpeen mukaan kivien oikominen. Yleensä ja kuten tutkimuskohteena olevassa kohteessa, osa kivistä oli jonkin verran kallellaan ulospäin rakennuksesta. Kivet suoristetaan kuormaliinojen avulla. Kun kivi on saatu suoraan ja korko on vielä varmistettu, voidaan asentaa yläpuolen liitoskappaleet, jotka lopullisesti lutkitsevat elementit paikoilleen.

4.4 Lopettavat työt

Lopettaviin töihin kuuluu elementtisaumojen tiivistäminen. Sauman ulkopintaan asennetaan kuminen tiivistenauha ja sisältäpäin elementtisaumat tiivistetään uretaanivaahdolla. Kun työ on valmis, tarkastetaan vielä päämitat ja korot sekä täytetään asianmukainen mittauspöytäkirja, josta käy ilmi, että mitat ja korot ovat toleranssien mukaiset (RYL 2010). Siivottavaa ei eKivi-kohteessa juurikaan jää, mutta mahdolliset vähäisetkin roskat on syytä kerätä työmaalta.

5 Päätelmät

5.1 Toteutettavuus ja työmaatekniset asiat

Aikataulullisesti tutkimuskohteina olevat työmaat eivät menneet täysin odotuksien ja suunnitelmien mukaan. Ekiven asennuskohteessa valmistelevat työt aloitettiin aamulla 9.00 ja valmista oli noin kello 15. Työaika asennukselle oli siis noin 6 tuntia. Paikallavalettavalla kohteella työt aloitettiin aamulla noin kello 8 aikoihin, sokkelin valu alkoi 13.30 ja loppui 15.00. Muottien purkuun, sokkelin viimeistelyyn ja työmaan siivoukseen meni seuraavana päivänä aikaa noin 3 tuntia eli yhteensä perustustöihin käytettiin 10 tuntia. Tutkittavan eKivi-kohteen läpimenoaika oli siis melkein puolet nopeampi kuin valusokkelikohteella, vaikka sokkelimetrejä oli eKivikohteessa 75 m ja paikallavalukohteessa vain 46 m. Tulevaisuudessa on tarkoitus, että kummassakin toteutustavassa ryhmän kokona käytetään asennusparia. Nyt eKivikohteessa oli asennusryhmänä asentajapari, joka asensi ensimmäistä kertaa eKiveä ja työparin lisäksi projektipäällikkö, joka samalla koulutti tuotteen saloja asentajille eli siis yhteensä kolme henkeä. Valettavassa kohteessa oli taas asialla kokenut asentajapari. Eroa puoltaa vielä se, että eKivi asennettiin melko runsaassa lumisateessa, joka osaltaan hidasti työtä muun muassa sen takia, että elementtien pohjasta oli puhdistettava sinne auton lavalta tarttunut lumi ja jää. Valusokkelityömaalla keli oli käytännössä paras mahdollinen, mitä tammikuussa voi odottaa, eli selkeää ja lämpötila aavistuksen verran plussan puolella.

Työsuoritteiden tarkempi vertailu esim tth/m² tai tth/sokkelimetri on kuitenkin tässä tapauksessa melkoisen vaikeaa johtuen edellä mainituista eroista sääolosuhteissa ja asennusryhmien kokoonpanoissa. Luotettavaan tulokseen pääsy vaatisi huomattavasti isomman otannan kohteita. Tämän tutkimuksen havaintojen perusteella eKiven asennus osoittautui selkeästi nopeammaksi kuin vertailukohtana olevan paikallavaletun sokkelin asennus tai perinteinen elementtiasennus. Asennus on nopeaa koska saumavalujen puuttumisen lisäksi

eKivi ei liitoksensa ansiosta tarvitse työnaikaisia tukia. Asennustyö tapahtuu myös käytännössä koko ajan maantasalla, joten putoamissuojaustakaan ei tarvita.

Molemmissa kohteissa sokkelin mitat ja valupinnat saatiin vaadittuun toleranssiin. Valupintojen ostalta toki toleranssit ovat paikallavalutuotteen ja elementtipinnan osalta hivenen erilaiset. Siinä missä laatuluokkaan B kuuluvan paikallavaletun sokkelin ulkopinnassa sallitaan 100 kpl halkaisijaltaan 12 mm tai pienempiä huokoisia neliötä kohden, on vastaava määrä vaakasuorassa valetulla elementtipinnalla 80 kpl. (Suomen Betoniyhdistys 2021.112,116) Mainittakoon kuitenkin, että teräspöydällä valmistetun elementin ulkopinta on luonnollisesti jo hiukan elämää nähneellä vanerimuotilla valettua sokkelia siistimpi. Myös kohteiden asentajat olivat haastattelujen perusteella sitä mieltä, että eKivellä päästään hyvinkin samoihin toleransseihin kuin valumenetelmällä, jos vain elementtien mitat ovat riittävän tarkat. (Keinänen A. & Kauppinen S, haastattelu 9.1.2024.)

Haastateltavat olivat myös yksimielisiä siitä, että eKiven asennus on huomattavasti fyysisesti vähemmän kuormittavaa työtä kuin muottikalustolla valettavan sokkelin teko. Kaikki haastateltavat olivat sitä mieltä, että e-kiven asennus on helpompaa kuin valusokkelin teko. Osa kuitenkin koki paikallavalun mielekkäämmäksi tavaksi juurikin sen haastavuuden takia. (Keinänen A. & Kauppinen S, haastattelu 9.1.2024)

Tutkimuskohteiden välillä oli myös merkille pantava ero työmaalla tarvittavasta asentajien varustuksesta. Työvaatteet ja henkilökohtaiset turvavarusteet ovat samat, mutta siinä missä paikallavalusokkelin tekoon on varauduttava ison muottikaluston lisäksi melko kattavalla valikoimalla erilaisia työkaluja, päästään eKivi-kohteessa huomattavasti vähemmällä. Valusokkelin tekoa varten asentajilla oli mukanaan puukkosaha, kulmahiomakone, iskevä ruuviväännin, akkuporakone, tasolaser ja vastaanotin, sidontakone, sauvatärytin, öljyruisku, käsisirkkeli ja muita pienempiä timpurin työkaluja. e-Kivi kohdetta asentaessa tarvittiin käytännössä vain tasolaser ja vastaanotin, rautakanki, moukari ja maakiila, sorakola sekä teräspetkele elementtien alapintojen puhdistamiseen

jäästä. Varustusta tarvitaan siis aika paljon vähemmän eKivi-perustusten teossa.



kuva 9. eKiven asennusta. (kuva: Antti Korpi).

Tutkimuksen perusteella voidaan siis todeta, että toteutettavuus työmaalla on tutkimuskohteiden kaltaisissa hyvin tavanomaisilla perustustyömailla eKiviratkaisulla tehokkaampi. Toteutus on nopeampaa, lopputulos on mittatarkkuudeltaan yhtä hyvä ja ulkonäöllisesti parempi. Talviolosuhteet nostavat eKiven eduksi vielä sen, että elementtiratkaisussa ei tarvitse lämmittää ja suojata valua, jolloin tontilla ei ole pakko olla saatavissa sähköä. Uusia tuotannon työntekijöitä ajatellen eKiven asennus on havaintojen perusteella valusokkelin tekoa huomattavasti helpompi kouluttaa, koska työvaiheita ja välineitä on selkeästi vähemmän. Itse työvälineissä on kuitenkin eKiven tapauksessa vielä kehitettävää. Kuten kuvassa 9. voidaan nähdä koholleen jäävää kiveä lyötiin moskalla alaspäin. Tällöin käytettiin betonipinnan suojana tavallista puista maakiilaa, mikä ei selkeästikkään ole aivan valmis ratkaisu. Puinen kiila ei kestä tämänkaltaisessa käytössä kovinkaan hyvin, vaan siitä lohkeaa helposti palasia. Riski siihen, että lyönti menee ohi ja vahingoittaa

esimerkiksi elementin kuorta, on kohtalaisen iso. Paikallaan voisi olla kehittää sopivasta materiaalista kappale, jonka alapinnassa olisi sokkelipalkin levyinen tai jopa säädettävä hahlo siten, että lyöntialusta istuisi tukevasti elementin päälle eikä pääsisi siitä heilumaan tai lipsahtamaan sivuun. Materiaalin tulisi olla riittävän kovaa, jotta iskun voima välittyy eteenpäin mutta kuitenkin sen olisi samalla suojattava elementtiä kolhuilta.

5.2 Suunnittelu ja rakennustekniset ominaisuudet

Rakennuslupavaiheessa ei eKiven käyttöä tarvitse huomioida mitenkään erityisesti. ”Rakennuslupaviranomaiset ovat ottaneet tähän asti toteutuneissa kohteissa myönteisen kannan eKiven rakenneratkaisuun”, toteaa haastattelussa eKiven kehitystyöryhmän jäsen ja Perustavalla päärakennesuunnittelijana toimiva Antti Niinikoski. Perustussuunnittelussa on huomioitava, että kantavan rungon liittymä osuu eKiven kantavalle sisäkuorelle. Lisäksi eKivi-kohteessa suunnittelua työllistää valusokkelia enemmän se, että kohteesta on tehtävä perustus-, salaoja- ja routasuojaussuunnitelmien lisäksi myös elementtisuunnittelu. (Niinikoski, A. haastattelu 26.1.2024)

Keskeisin ero tutkittavien perustusratkaisujen kesken on perustusleikkausta tarkasteltaessa se, että siinä missä valusokkeliin tulee pystyeriste vain sokkelin sisäpintaan, on eKivessä eristehalkaistu rakenne. Vuonna 2019 Rakennustaidon sivustolla 3.6.2019 julkaistussa artikkelisissa esitetään havainnollistavalla lämpögraafiikalla, kuinka pelkkä sisäpuolen pystyeriste siirtää nollapisteen sokkelin sisäpuolelle aiheuttaen sokkelin jäähtymisen, jolloin kylmä sokkeli alkaa jäädyttää myös ulkoseinän alaosaa. Pelkästään sisäpinnastaan eristetty perustus imee kylmää itseensä. Ulkolämpötilan ollessa -10 ja huonelämpötilan $+20$ celsiusastetta oli sokkelin sisäpinnan lämpötilakin jo -6 astetta, jolloin ulkoseinän alapintakin oli joutunut kokonaan pakkasen puolelle. Samalla sisällä lattian ja seinän rajassa oli jo viileää eli $+12$ celsiusastetta. (Hometohtori 2019)

5.3 Hiilijalanjälki ja ekologisuus

Omakotitalon perustuksia tarkasteltaessa iso hiilidioksidipäästöjä aiheuttava osa on betonin valmistukseen käytettävä sementti. Sementin valmistukseen kuluu paljon energiaa ja lisäksi prosessin aikana tapahtuvassa kalkkikiven kuumentamisessa vapautuu ilmaan huomattava määrä hiilidioksidia. (Betoni 2023) Normaalin C30/37-rakennusbetonin valmistuksessa syntyvistä hiilidioksidipäästöistä 82 % tulee sementin valmistuksesta (Betoni 2023).

Tutkimuskohteena olevan paikallavalettuun sokkeliin kului betonia 170 litraa betonia yhtä sokkelimetriä kohden. Vastaavasti tutkimuskohteena olleen eKivi-kohteen elementtien valmistuksessa betonia kului 130 litraa metriä kohden. Betonia siis säästyy noin 23,5 %.

Tutkimuskohteissa tehtiin huomiota myös jätteen määristä. Kun perustukset valetaan paikan päällä, syntyy työmaalle useampi jättesäkillen eristeroskaa, jota ei elementtiasennuksessa synny, vaan työmaa pysyy siistinä.

Kohtuullisen suuri ero tulee kuitenkin kohteen toteutuksen vaatimassa logistiikassa. Tutkimuskohteena olevaan valuperustuskohteessa työmaalle ajettiin raskaalla ajoneuvolla yhteensä 4 kertaa perustusvaiheen aikana. Ensin muottiniput tuotiin työmaalle Hiab-nosturilla varustetulla kuorma-autolla. Sen jälkeen työmaalle tuli omalla säiliöllä varustettu betonipumppuauto eli ns. pumi. Koska pumin oma säiliö ei ole riittävän suuri, tarvittiin myös kertaalleen ränniauton käynti työmaalla, jotta valutyö saatiin päätökseen. Lopuksi muottikalusto haettiin pois työmaalta samalla kuorma-autolla, jolla se oli tuotukin. Toisella työmaalla elementit tuotiin paikalle rekalla ja nostoihin käytettiin autonosturia. Raskaiden ajoneuvojen liikennettä eKivi-työmaalle tuli siis selvästi vähemmän.



kuva 10. Valmista tuli. eKivi on paikallaan. (Kuva: Antti Korpi)

Lisäksi voidaan ottaa myös huomioon, että paikallavalukohteisiin tarvitaan asentajille pakettiauto sekä traileri, jotta työkalut ja materiaalit saadaan kuljetettua hallilta työmaalle. EKivikohteelle mentäessä ei peräkärriä tarvita ja työkalujen määräkin on sen verran vähäinen, että käytännössä työmaalle voisi saapua esimerkiksi omalla henkilöautolla tai sijainnista riippuen jopa julkisilla kulkuyhteyksillä. Tutkimuskohteessa sokkelielementit tuotiin paikalle rekalla ja asennus tapahtui autonosturin avulla. Ideaalitapauksessa asennus voitaisiin hoitaa nosturilla varustetulla kuorma-autolla, joka myös toisi elementit työmaalle. Huomionarvoista on lisäksi se, että maanrakentaja vie yleensä kaivinkoneen toiselle kohteelle perustustöiden ajaksi, jolloin syntyy myös lisää raskaan kaluston liikennettä. Kun perustukset toteutetaan eKivellä, on perustuksien läpimenoaika sen verran lyhyt, että maanrakentaja voi jatkaa töitään 2–5 tunnin katkon jälkeen. Tutkittavassa kohteessa konetta ei viety pois, vaan täyttötöyt jatkuvat heti perustusporukan poistuttua (kuva 10.).

5.4 Lopuksi

Tutkimuksen aikana tehtyjen havaintojen perusteella voidaan todeta, että eKivi on tutkimuksen kohteiksi valituissa hyvin perusmuotoissa kohteissa käytännössä kaikilla mittareilla parempi ratkaisu. Se oli ajallisesti nopeampi toteuttaa, työmaa pysyi siistimpänä, asentajien fyysinen kuormitus oli kevyempää, koska esimerkiksi muottien kantamiset jäivät pois. Tutkimuksen perusteella voidaan myös todeta, että laadukas ja turvallinen eKiven asennus on helpompi ja nopeampi kouluttaa uudelle työntekijälle kuin paikallavaletun sokkelin teko, joskin molemmat työvaiheet vaativat asentajalta huolellisuutta ja ammattitaitoa. Jos ja kun eKivi halutaan massatuotantoon, on tuotekehitystä jatkettava edelleen. Työkaluja ja välineitä on kehitettävä tarkoituksenmukaisesti, kuten esimerkiksi tekstissä mainittu lyöntikapula.

Tutkimus on kuitenkin tällaisenaan vielä aika suppea, eikä tutkimustuloksia tämän vuoksi voida pitää täysin aukottomina. Tutkittavia kohteita oli vain kaksi, jolloin otanta jää pieneksi. Tulevaisuudessa kun eKivi-kohteita kohteita saadaan enemmän, olisi paikallaan jatkaa tutkimuksia määrällisillä tutkimuksilla, joissa otantaa saataisiin laajemmin. Tarkastella voisi esimerkiksi kohteiden läpimenoaikaa ja mahdollisten reklamaatioiden määrää. Työmaalla tehtävän vertailevan tapaustutkimuksen havaintojen tueksi tämän opinnäytetyön aikana tehtiin lyhyitä haastatteluja asentajille, työnjohdolle sekä eKiven kehitystyöhön osallistuneelle rakennesuunnittelijalle. Tutkimus jättää myös ilmaan kysymyksen, kuinka eKiveä voidaan hyödyntää vaikeammassa perustamisolosuhteissa. Saadaanko eKiven asennus toimimaan yhtä jouhevasti esimerkiksi erillisen leveämmän anturan päälle, mikäli 300 mm:n anturan leveys ei riitä, tai toimiiko eKivi ratkaisuna yhtä hyvin myös esimerkiksi paalulaatan päällä? Voisiko eKiven saada asennettua järkevästi myös porrasteiselle sorapedille, jos tontti on viettävä? Myös näistä kysymyksistä saisi hyviä aiheita jatkotutkimuksille.

Lähteet

Betoni. Perustukset. Helsinki: Betoniteollisuus. Rakentamistapavaihtoehdot. Viitattu 4.12.2023. <https://betoni.com/koti-betonista/rakennustapavaihtoehdot/perustukset/>

Betoni. Sementti ja kasvihuonepäästöt. Helsinki: Betoniteollisuus. Rakentamistapavaihtoehdot. Viitattu 8.2.2024. <https://betoni.com/tietoa-betonista/betoni-rakennusmateriaalina/sementti-seosaineiden-kytto>

Heiska, T. & Koskenvesa, A. 2010. Betonielementtien turvallinen asennus. 2. painos. Espoo: Betoniteollisuus Ry.

Hometohtori 2019. Sokkelin sisäpuolinen lämpöeristäminen on riskirakenne. Rakennustaito 3.6.2019. Helsinki: Rakennusmestarit ja -insinöörit AMK RKL ry. Viitattu 22.1.2024. <https://rakennustaito.fi/sokkelin-sisapuolinen-lampoeristaminen-on-riskirakenne/>

Keinänen, A. & Kauppinen, S. 2024. Haastattelu. Perustava Oy:n asentajia haastatteli 9.1.2024 Juho Remes.

Kumpula, J.-P. 2023. eKiven asennusohje.

Kumpula, J.-P. 2024. Haastattelu. Perustava Oy:n projektipäällikköä ja eKiven kehitystyöryhmän jäsentä haastatteli 4.1.2024 Juho Remes.

Niinikoski, A. 2024. Haastattelu. Perustava Oy:n teknistä asiantuntijaa ja päärakennesuunnittelijaa haastatteli 26.1.2024 Juho Remes.

Perustava n.d.a. FAQ–Usein kysytyt kysymykset. Viitattu 21.1.2024. <https://www.perustava.fi/faq>

Perustava n.d.b. Perustava eKivi. Viitattu 19.1.2024. <https://www.perustava.fi/ammattilaiset/perustava-ekivi>

Rakentajan tietokirjat 2010. Talonrakentajan käsikirja 8. Pientalon perustustyöt. 6., uudistettu painos. Espoo: Rakentajan tietokustannus Oy.

Ratu-1182-S. 1998. Nostotöiden turvallisuus. RT-ohjekortti. Helsinki: Rakennustieto.

Ratu-1198-S. 2002. Perustukset. RT-ohjekortti. Helsinki: Rakennustieto.

RIL 107-2022. Rakennusten veden ja kosteudeneristysohjeet. RIL ry.

RT 81-10584. 2005. Pientalon perustukset ja alapohjien liittymät. RT-ohjekortti. Helsinki: Rakennustieto.

Runko RYL 2010. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Talonrakennuksen runkotyöt. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Siikanen, U. 2016. Puurakentaminen. 2., uudistettu painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Suomen betoniyhdistys 2022. Betonirakentamisen laatuohjeet 2019. by 47. 3. painos. Helsinki: BY-Koulutus Oy.

Suomen betoniyhdistys 2022. Betonirakenteiden pinnat/luokitusohjeet 2021. by40. Helsinki: BY-Koulutus Oy.

Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738.

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 1.6.2009/205.

Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista 17.6.2014/465.

Haastattelu Jaakko-Pekka Kumpula

Haastattelukysymykset (tuotanto):

1. Kuinka eKiven asennus eroaa paikallavaletusta sokkelista asentajan näkökulmasta? (työn fyysisuus/kuluttavuus, osaaminen/Mitä vaatii asentajalta?)
 - Fyysinen kuormittuminen paljon vähäisempää → ei raskaita kantamisia/nosteluita
 - Vaatii asentajalta kuvienlukutaitoa kuten paikallavaletuissakin, mutta varsinaista osaamista ei tarvi olla siinä määrin kun tehdään perinteisellä muotitus- ja raudoitustekniikalla. e-Kiven asentamisen oppii nopeammin.
2. Pystytäänkö eKivellä samoihin mittatoleransseihin kuin paikallavalumenetelmällä?
 - e-Kivellä päästään samoihin toleransseihin tai jopa parempiin, varsinkin linjojen sekä yläpintojen suoruudessa.
3. Kumman perusratkaisun koet työntekijän näkökulmasta mielekkäämmäksi. Perustelut?
 - e-Kiven. Fyysinen kuormittuminen vähäisempää, työturvallisempi, keliolosuhteista johtuvia haittoja huomattavan paljon vähemmän varsinkin talviolosuhteissa (betonin lämmitykset, suojaamiset jne...), ei valujen odottamisia
4. Millaisena näet eKiven tulevaisuuden rakennusalalla?
 - uudenlaiset, innovatiiviset tuotteet ja ratkaisut kehittää alaa
 - rakentamisen ohjeistukset/määräykset kiristyvät, co2-päästöjä pitää pienentää ja työmaa-ajat pyritään pitämään minimissä. e-Kivellä pystymme parantamaan kaikkia näitä.
 -

Haastattelukysymykset (tuotekehitys):

1. Miksi eKivi on kehitetty?
 - e-Kivi on kehitetty siksi, että olisi tuote joka olisi ulkopinnoiltaan siisti, nopea asentaa, teknisesti parempi (eristehalkaisu), vähemmän betonia ja vähemmän jätettä.
 - työmaavaluja vain kohteissa jossa erillinen antura tai paalulaatta
2. Mitä ongelmia eKivi mielestäsi ratkaisee?
 - eristehalkaisu lähempänä ulkopintaa → parempi lämmöneristävyys
 - pärjää pienemmillä asennusresursseilla → vähemmän asentajia jota tulevaisuudessa aina hankalampi saada
 - tehtaassa tehty tuote → parempi työturvallisuus, parempi eristeiden hyötykäyttö, optimaaliset olosuhteet, laadunvalvonta helpompaa
 - siistimpi lopputulos → ei huokosia ulkopinnassa
 - co2-päästöt pienemmät → työmaalle ajetaan raskailla ajoneuvoilla vain kerran, asentajilla ei peräkärryä perässä (polttoainetaloudellisempi), tuotteessa vähemmän betonia, perinteistä muottikalustoa ei tarvita niin paljoa, ei juurikaan työmaajätettä.

Haastattelu Antti Niinikoski

-
- Miksi eKivi on mielestäsi kehitetty? Mitä ongelmia se ratkaisee?
 - Energiatehokas perusratkaisu
 - Eristehalkaisu vakiona (RIL 107 Rakennuksen veden- ja kosteudeneristysohjeet)
 - Tuplaeristys katkaisee kylmäsillan lattian, seinän ja perustuksen liitoksesta
 - Lisälämmöneriste lähellä ulkopintaa
 - Lämpöeristetyt ja siistit elementtiliitokset
 - Sokkelin ulkopinnassa katseet ja kolhut kestävä teräsmuotoinen betonikuori

 - Miten eKiven suunnitteluratkaisut poikkeavat paikallavaletun sokkelin suunnittelusta?
 - kantavan rungon liittymä huomioitava osumaan eKiven kantavalle sisäkuorelle
 - lisänä elementtisuunnittelu
 - eKivi lähinnä tasaisen rakennuspohjan ratkaisu, porrastetut perustukset ei vielä helposti toteutettavissa

 - Miten rakennusvalvonnat/lupaviranomaiset ovat suhtautuneet eKivi-ratkaisuun? Täytyykö huomioida jotenkin rakennuslupavaiheessa?
 - tähän saakka toimitetuissa kohteissa viranomaiset ovat ottaneet myönteisen kannan eKiven rakenneratkaisuun
 - ei tarvitse huomioida mitään erityistä rakennuslupavaiheessa
 -

 - Mitä rakennusteknisiä etuja eKivellä saavutetaan verrattuna paikallavalettuun sokkeliin? Vai onko niitä?
 - Asennus kestää vain 2-4 tuntia
 - Olosuhteista riippumattomampi lopputulos
 - Kerralla valmis säänkestävä pinta
 - Ei keskeytystä maarakentamiseen
 - Luja mekaaninen liitos, joka ei vaadi lainkaan erillistä saumavalua
-

Haastattelu Antti Keinänen

Haastattelussa Perustavan asentaja Antti Keinänen.
Haastattelijana Juho Remes.

1. Kuinka eKiven asennus eroaa paikallavaletusta sokkelista asentajan näkökulmasta? (Työn fyysisuus/kuluttavuus, osaaminen/vaativuus)

Antti: Fyysisesti työ on erittäin kevyttä ja helppoa. Osamisen ja vaativuuden osalta paikallavalusokkeli on moninkertaisesti raskaampi ja työläämpi.

2. Pystytäänkö eKivellä samoihin mittatoleransseihin kun paikallavalu-menetelmällä?

Antti: Mittatoleransseihin on helppo päästä jos vain elementit ovat oikean mittaisia.

3. Kumman perustusratkaisun koet työntekijän näkökulmasta mielekkäämmäksi? Perustelut?

Antti: Omasta mielestä perinteinen paikallavalusokkeli on varmaan mielekkäämpi. Tosin vain yhden eKiven asentaneena hirveässä lumimyräkässä. Se saattaa vaikuttaa vastaukseen.

4. Millaisena näet eKiven tulevaisuuden rakennusalalla?

Antti: Itselle jäi sellainen kuva eKivestä, että tuote on suunniteltu erittäin nopeaan rakentamiseen, joka palvelee firman etuja esim. kysynnän "ruuhka-aikoina", joten kivelle löytyy varmasti tulevaisuudessa kysyntää. Hinta määrää tahdin tällä hetkellä.

5. Mitä ongelmia eKivi mielestäsi ratkaisee?

Antti: Asentajan näkökulmasta eKivi ratkaisee kiire- ja jäteongelmat.

6. Miten kehittäisit eKiveä?

Antti: eKivi sinänsä on aika onnistuneesti suunniteltu ratkaisu sokkelin kasaamiseen. Talviolosuhteet tekevät asennuksesta hieman haastavaa.

Haastattelu Sami Kauppinen

Haastattelussa Perustavan asentaja Sami Kauppinen
Haastattelijana Juho Remes

1. Kuinka eKiven asennus eroaa paikallavaletusta sokkelista asentajan näkökulmasta? (Työn fyysisyys/kuluttavuus, osaaminen/vaativuus)

Sami: eKiven asentamisen fyysisyys on huomattavasti pienempi kun paikallavalusokkelissa.

2. Pystytäänkö eKivellä samoihin mittatoleransseihin kun paikallavalu-menetelmällä?

Sami: eKivellä päästään samoihin toleransseihin kuin paikallavalumenetelmälläkin.

3. Kumman perustusratkaisun koet työntekijän näkökulmasta mielekkäämmäksi? Perustelut?

Sami: Tällä hetkellä koen paikallavalut mielekkäämmäksi, mutta luulen että kun olen tehnyt enemmän eKivi-asennuksia koen ne yhtä mielekkäiksi.

4. Millaisena näet eKiven tulevaisuuden rakennusalalla?

Sami: eKiven asentamisen helppouden ja nopeuden takia luulen, että eKivellä on hyvät tulevaisuuden näkymät.

5. Mitä ongelmia eKivi mielestäsi ratkaisee?

Sami: Paikallavalut ovat raskaita ja kuluttavia töitä. eKivi ratkaisee tämän ongelman.

6. Miten kehittäisit eKiveä?

Sami: En tiedä.
