

Joakim Geitel

Kuitubetonista valmistetut julkisivuelementit

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennetekniikka

Insinöörityö

22.2.2018

Tekijä Otsikko	Joakim Geitel Kuitubetonista valmistetut julkisivuelementit
Sivumäärä Aika	30 sivua + 1 liitettä 22.2.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine	Rakennetekniikka
Ohjaajat	suunnittelujohtaja Urpo Karesniemi laboratorioinsinööri Matti Leppä
<p>Tämä opinnäytetyön tavoitteena oli koota tietoa kuitubetonin valinnan avuksi, sekä huomioidavia seikkoja rakennesuunnittelijoita ja myös arkkitehteja varten. Opinnäytetyö tehtiin Sitowise Oy:lle.</p> <p>Työssä perehdyttiin kuitubetonista valmistettuihin julkisivuelementteihin, erityisesti keskityttiin kuorielementteihin. Siinä käsiteltiin erilaisia ratkaisuja kuorielementin kiinnittämiseen, sekä soveltuviin nosto-osiiin. Lisäksi työssä käsiteltiin muottitekniikkaa ja sen antamia mahdollisuuksia elementtien muodoille ja pinnoille.</p> <p>Työssä käytiin läpi esimerkkinä yhden kohteen kuorielementtien suunnitelmat yhden peruselementin osalta.</p> <p>Kuitubetonia käsiteltiin työssä eri kuitutyyppeiden osalta, sekä myös betonin muiden ainesosien ja valmistusprosessin vaikutusta kuitubetonin ominaisuuksiin.</p> <p>Opinnäytetyössä käytettiin lähteenä aiheeseen liittyvää kirjallisuutta, valmistajien ohjeita, sekä yritykseltä saatua materiaalia.</p> <p>Työhön koottua tietoa voi hyödyntää kuitubetonisten kuorielementtien kiinnitystä ja nostosia suunniteltaessa. Työ toimii myös oppaana kuitubetoniin, kuitubetonisiin kuorielementteihin ja muottitekniikkaan tutustuvalla.</p>	
Avainsanat	kuitubetoni, kuorielementti, muottitekniikka

Author Title	Joakim Geitel Façade Elements Made of Fiber Reinforced Concrete
Number of Pages Date	30 pages + 1 appendices 22 February 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Professional Major	Structural Engineering
Instructors	Urpo Karesniemi, Head of Planning Matti Leppä, Laboratory Engineer
<p>The objective of this Bachelor's thesis was to consolidate information that not only will assist in the selection of fiber reinforced concrete but also highlight the key points that structural engineers and architects should pay attention to. The Bachelor's thesis was commissioned by Sitowise Oy.</p> <p>This thesis focuses on façade elements made of fiber reinforced concrete, more specifically panel shells. Different solutions for fastening methods and lifting parts for façade elements are compared. Also mold technology, and the possibilities it offers to the shape of elements are discussed.</p> <p>This thesis analyses the plans of a façade element. It also includes information about different fiber types, and what effects other ingredients of concrete and manufacturing process have on the performance of fiber reinforced concrete.</p> <p>The resource materials used include related literature, manuals from manufacturers and material received from the company.</p> <p>This thesis can be utilized to design fastenings and lifting parts for façade elements. It also works as an information package about fiber concrete, façade elements made of fiber reinforced concrete and mould technology.</p>	
Keywords	fiber reinforced concrete, facade element, mould technology,

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kuitubetoni	2
2.1	Yleistä	2
2.2	Kuitutyypit	3
2.2.1	Lasikuidut	3
2.2.2	Polymeerikuidut	4
2.2.3	Teräskuidut	6
2.3	Betonimassa	7
3	Kuitubetonista valmistetut kuorielementit	8
3.1	Yleistä	8
3.2	Elementtien asennus	9
3.3	Elementtien siirto ja nosto	10
3.3.1	Nostoankkurit	11
3.3.2	Nostolenkit	13
3.4	Elementtien kiinnitys	14
3.4.1	Ripustusliitoskiinnitysmenetelmä	14
3.4.2	Alumiinikonsolikiinnitysmenetelmä	16
3.4.3	Vaaka-ankkurointikiinnitysmenetelmä	17
3.5	Kuorielementin suunnitelmat	18
4	Muottitekniikka	22
4.1	Yleistä	22
4.2	Muottimateriaalit	22
4.2	3D-muottitekniikka	23
5	Yhteenveto	25
	Lähteet	27
	Liitteet	
	Liite 1. Kuorielementti rakennepiirustus	

Lyhenteet

CNC-jyrsintä	(<i>Computer Numerical Control</i>) Tietokoneohjattava jyrsintä-laite
GFRC	Glass fiber reinforced concrete. Lasikuiduilla vahvistettu betoni.
PFRC	Polymeric fiber-reinforced concrete. Polymeerikuiduilla vahvistettu betoni.
Rd-kierre	Usein nostoankkureissa käytetty puolipyöreä metrinen kierre.

1 Johdanto

Tämän insinööriyön toimeksiantaja on Sitowise Oy. Sitowise on suurin suomalaisomisteinen rakennusalan suunnittelu- ja konsultointitoimisto. Sitowise tarjoaa talonrakennusalan asiantuntijapalveluita uudis- ja korjauskohteisiin, infra-alan asiantuntijapalveluita, sekä kokonaisvaltaisia hankejohtamisen palveluita.

Sitowise syntyi vuonna 2017, kun talonrakennusalan konsultointi-, suunnittelu- ja rakennuttamispalveluja tarjoava Wise Group Finland Oy sekä infra-alan konsultointi-, suunnittelu-, kunnossapito-, ja rakennuttamispalveluja tarjoava Sito Oy yhdistyivät. Yhdessä yritykset omaavat yli 40 vuoden kokemuksen ja yli 50 000 onnistunutta projektia. [39.]

Kuitubetonin käyttö julkisivurakenteissa on yleistynyt suuresti myös Suomessa. Kuitujen käyttö mahdollistaa tavallista ohuempien sekä kevyempien betonielementtien valmistamisen, ja se mahdollistaa myös monimuotoisuuden lisääntymisen julkisivuratkaisuissa. Uusia muottitekniikoita hyödyntämällä voidaan kuitubetonista valmistaa kolmiulotteisia betonirakenteita ja -pintoja.

Kuituja voidaan hyödyntää betonirakenteiden ominaisuuksien parantamiseen, kuten taipuvuuslujuuden parantamiseen ja kutistumishalkeilun hallintaan. Kuitujen vaikutus betonin ominaisuuksiin riippuu kuitenkin suuresti käytetystä kuitumateriaalista ja -määrästä. [2.]

Tämän työn tarkoituksena on käsitellä kuitubetonista valmistettuja julkisivuelementtejä ja koota yhteen rakennesuunnittelijoille sekä arkkitehdeille hyödyllistä tietoa kuitubetonin valintaa varten. Työssä keskitytään kuorielementteihin, ja siinä käsitellään eri ratkaisuja kuorielementin kiinnittämiseen ja nosto-osiksi. Työssä käsitellään muottitekniikkaa muottimateriaalien ja 3D-muottitekniikan osalta. Työn alkupuolella käsitellään kuitubetonia yleisesti, sekä kerrotaan erilaisista kuitutyypeistä.

2 Kuitubetoni

2.1 Yleistä

Kuitubetonilla tarkoitetaan betonia, joka koostuu pääosin sementin, kiviaineksen ja veden lisäksi kuiduista. Kuitumaista materiaalia lisäämällä pyritään parantamaan betonin mekaanisia ominaisuuksia, kuten betonin vetolujuutta, leikkauslujuutta, dynaamisten kuormien kestävyyttä ja murtokestävyyttä. Kuiduilla voidaan myös vähentää betonin halkeilua sekä parantaa kulutuskestävyyttä ja betonin koossapysyvyyttä. [1, s.15; 2.]

Erilaisia kuituja on lisätty rakennusmateriaaleihin historian saatossa jo pitkän aikaa. Muinaisina aikoina savimajoja rakennettiin käyttäen olkia rakenteiden lujittamisessa, sekä eläinten karvoja käytettiin tuomaan lisälujuutta alkeellisiin betonirakenteisiin. [3, s.1.]

1900-luvun alkupuolella kuitumateriaalina alettiin käyttää asbestikuituja. Niiden käyttö on sittemmin vähentynyt ja nykypäivänä lailla kielletty, koska asbestikuitujen hengittämisen on todettu olevan haitallista ihmisten terveydelle. [1, s.19; 4.]

Nykypäivänä saatavilla on entistä suurempi valikoima erilaisia kuituja. Yleisimmin tänä päivänä betonissa käytetyt kuitumateriaalit ovat lasi, teräs ja polymeeri. Eri kuitumateriaaleilla on erilaiset vaikutukset betonin ominaisuuksiin, joten kuitumateriaalia valittaessa tulee harkita, mitä ominaisuuksia kuitubetonilta vaaditaan käyttökohteessa. Materiaalin lisäksi kuitubetonin ominaisuuksiin vaikuttavat betonityyppi, kuitujen geometria, kuitutiheys, sekä kuitujen leviäminen ja suuntautuminen. [1, s.15-16.]

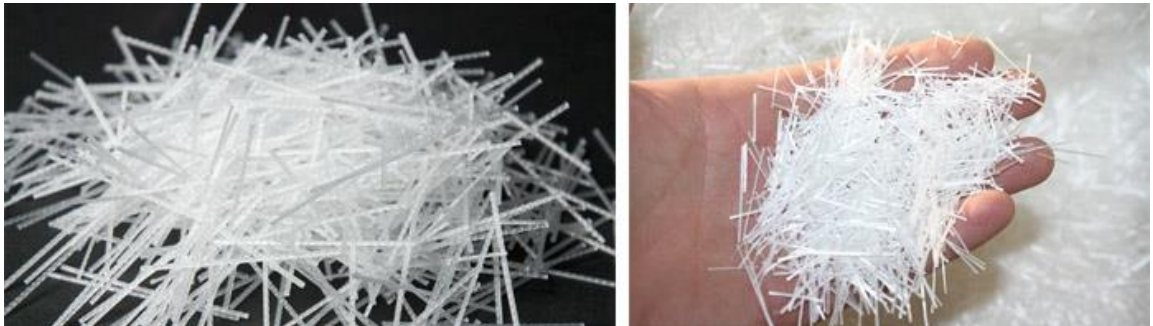
Kuitubetoni soveltuu käytettäväksi useisiin erilaisiin kohteisiin ja rakenteisiin. Yleisimpiä käyttökohteita ovat laatta- ja lattiarakenteet, ruiskubetonointi ja betonielementit. Kuitubetonia voidaan käyttää myös esimerkiksi palkki, pilari ja perustusrakenteissa, betoniputkissa, pihakivissä ja laatoissa, sekä betonisissa ulkorakenteissa, kuten jalkakäytävissä, kävelyteissä ja merirakenteissa. [1, s.16; 5.]

2.2 Kuitutyypit

2.2.1 Lasikuidut

Lasikuidut ovat multifilamenttikuituja, eli ne koostuvat useasta säikeestä. Yksi lasikuitu koostuu yleensä 204:stä säikeestä, joista jokaisen halkaisija on 13-20 µm. Valmistusprosessissa lasisäikeet päällystetään aineella, joka mahdollistaa säikeiden sitoutumisen samankokoisiksi nipuiksi, ja estää niiden hankauksen. Niput eli lasikuidut pilkotaan yleensä 13-50mm pituisiksi, ennen kuin ne sekoitetaan betonimassaan. Ruiskubetonointia varten lasikuitubetonia saa myös jatkuvassa, lankamaisessa muodossa. Nykyään käytetyt lasikuidut on valmistettu alkalinkestävästä lasista. Lasikuitubetonin (GFRC tai GRC) kuitupitoisuus on yleensä 5%-7%, joskus jopa 10% koko betonimassan painosta. [3, s.86; 6.]

Ominaista lasikuitubetonille on korkea veto ja taivutuslujuus. Lasi on korroosioitumaton materiaali, joten se soveltuu hyvin kohteisiin, joissa teräskuidut tai teräsraudoitus altistuisivat korroosiolle. [6.]



Kuva 1. Lasikuituja [27.]

Lasikuitubetonin yleisin käyttökohde on kevyet ja usein muodoltaan monimutkaiset julkisivulevyelementit. [7.] Tämän kaltaiset rakenteet suunnitellaan kestäväksi kevyitä kuormia, kuten omapaino ja tuulikuorma. Tästä syystä lasikuitubetonirakenteet ovat usein ohuita. Lasikuitujen käyttö ei korvaa teräsraudoitusta rakenteissa joihin kohdistuu suurempia kuormia. Lasikuitubetonilla on lähes sama tiheys kuin normaalilla betonilla, joten lasikuiturakenteiden keveys johtuu pääosin niiden ohuudesta. [6.]

2.2.2 Polymeerikuidut

Polymeerikuidut koostuvat synteettisestä polymeerisesta materiaalista, joita ovat polypropeeni, polyeteeni, PVA, polyakryyli, aramidi ja nailon, ja niiden sekoitukset. [8.] Polymeerikuidut ovat korroosioitumaton ja usein kustannustehokas vaihtoehto betonin kuitumateriaaliksi. [1, s.7.]

Polymeerikuitubetonin (PFRC) kuitupitoisuus vaihtelee suuresti riippuen käyttökohteen vaatimuksista, sekä kuitujen geometriasta. Vähimmillään pitoisuus voi olla 0.1% ja suurimmillaan 1.5% luokkaa. [3, s.286.] Pienempiä kuitupitoisuuksia käytetään pääasiassa vain betonin kutistumasta johtuvan halkeilun vähentämiseen. Suuremmilla kuitupitoisuuksilla pyritään parantamaan myös muita ominaisuuksia, kuten jäännöstaivutusvetolujuutta ja iskunkestävyyttä. [3, s.304; 5.]

Synteettiset polymeerikuidut luokitellaan standardin EN 14889-2 mukaan kahteen luokkaan:

Luokka I: Mikrokuidut

Luokka Ia: Monofilamenttimikrokuidut, halkaisija on < 0,30 mm

Luokka Ib: Fibrilloidut mikrokuidut, halkaisija < 0,30 mm

Luokka II: Makrokuidut, halkaisija > 0,30 mm. [5.]

Mikropolymeerikuituja käytetään pääasiallisesti tuoreen betonin ominaisuuksien parantamiseen. Kuitujen käyttö parantaa betonimassan koossapysyvyyttä, vähentää vedenerottumista ja pienentää plastista painumaa sekä plastista kutistumahalkeilua. Kovettuneen betonin ominaisuuksista mikrokuiduilla voidaan jonkin verran parantaa kulumkestävyyttä, tiiveyttä, iskunkestävyyttä ja vähentää betonin lohkeilua palotilanteessa. Mikropolymeerikuitujen on myös todettu parantavan jonkin verran pakkaskestävyyttä. Ne ovat kooltaan noin 5-30mm pitkiä paksuudeltaan noin 20 µm.

Mikropolymeerikuituja valmistetaan monofilamenttikuituina, multifilamenttikuituina, ja fibrilloimalla. Monofilamenttikuidut ovat yksittäisiä kuituja, kun taas multifilamenttikuidut ovat monisäikeisiä, kuiduista koostuvia nippuja. Fibrilloinnissa kuidut jauhaantuvat, kuituseinämät löyhentyvät, pinta-ala kasvaa ja tartuntaominaisuudet paranevat.

Yleisiä käyttökohteita mikropolymeerikuiduille ovat laattamaiset rakenteet, kuten lattiat ja julkisivuelementit sekä ruiskubetonointi. [5.]

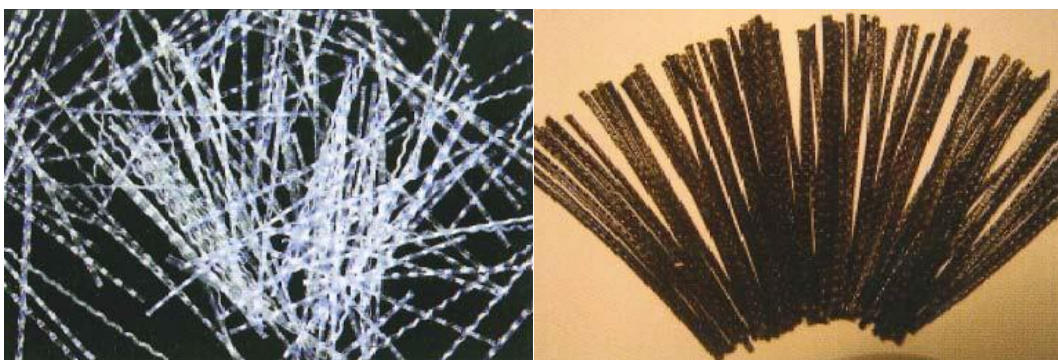


Kuva 2. Mikropolymeerikuituja. Vasemmalla multifilamenttikuituja ja oikealla monofilamenttikuituja [5.]

Makropolymeerikuituja käytetään yleensä parantamaan kovettuneen betonin ominaisuuksia. Kuitujen käyttö parantaa betonin jäännösvoimakkuutta, sekä auttaa kuivumisen ja lämpöliikkeiden aiheuttaman kutistuman ja halkeilun hallinnassa. [5.]

Makrokuidut ovat kooltaan 40-60 mm pitkiä ja paksuudeltaan noin 0,5-1,0 mm. Kuidut voivat olla muodoltaan lieriömäisiä ja pyöreitä. Kuidun pinta muokataan usein epätasaiseksi, jolloin pinta näyttää "aallotetulta" tai "rypytetyltä". Tällä pyritään parantamaan kitkavastusta ja kuidun tartuntaominaisuutta. Kuidut voivat olla myös muodoltaan ohuita ja litteitä. [3, s.43; 5.]

Yleisiä käyttökohteita makropolymeerikuiduille ovat ruiskubetonointi, pintalattiat, sandwich-elementtien ulkokuoret, kuorielementit, maanvaraiset lattiat, betoniputket, betoniset pihakivet ja laatat, sekä erilaiset betoniset ulkorakenteet. [5.]



Kuva 3. Erilaisia makropolymeerikuituja. [5.]

2.2.3 Teräskuidut

Teräkselle materiaalina luontaista ovat hyvät lujuusominaisuudet. Teräskuitujen kimmoisuus, vetolujuus, sitkeys ja yhteensopivuus betonin kanssa tekevät siitä suositun kuitumateriaalin erityisesti lattiat ja päällysrakenteissa. [3, s.228.]

Teräskuidut ovat pituudeltaan 35-60 mm pitkiä ja 0,25-1,00 mm paksuja. Teräskuidut ovat usein muotoiltu jollain tapaa. Muotoilulla pyritään parantamaan betonin ja kuidun välistä tartuntaa. Yleisiä teräskuidun muotoja ovat hammastettu, poimutettu ja kierretty, sekä päistään laajennettu tai koukuttettu. Myös sileäpintaisia kuituja on saatavilla. Tyypillinen kuitupitoisuus teräskuitubetonille on 0,25-1,0% (20-80 kg/m³) [9; 3, s.230.]



Kuva 4. Päistään muotoiltuja teräskuituja. [28.]

Teräskuitubetonin käyttökohteita on monia. Käyttökohteita ovat esimerkiksi paikallavalettut rakenteet kuten maanvaraiset lattiat, esivalmistetut elementit, teiden ja siltojen päällysrakenteet sekä ruiskubetonointi. [3, s.253.]

Halkeilleessa teräskuitubetonissa kuidut ovat alttiita korroosiolle. Tämä on syytä ottaa huomioon varsinkin korrosoivissa ympäristöissä. Eritoten näkyvissä pinnoissa teräskuitujen ruostuminen aiheuttaa betonipintaan ulkonäöllisiä vikoja. Tästä syystä esimerkiksi

ruiskubetonilla tehtävissä sillankorjaustöissä teräskuituja suositellaan käytettäväksi ai-noastaan yli 10 mm syvyyteen jäävissä kerroksissa. [3, s.250; 10.]

2.3 Betonimassa

Kuituja voidaan lisätä lähes minkä tahansa tavanomaisen betonimassan joukkoon. Betonimassan muiden ainesten suhteellisella määrällä on kuitenkin vaikutus siihen, kuinka suuri määrä kuituja kannattaa lisätä betoniin. Suuri kiviaineksen raekoko ja määrä vähentävät kuiduille jäävää tilaa. Jos betonin kiviaines on hienojakoista, jää betonimas-sassa kuiduille enemmän tilaa. [3, s.12.]

Kuitubetonin kuitumäärän määrittämisessä tulee harkita, mitä ominaisuuksia halutaan parantaa kuituja lisäämällä. Yleensä suuremmat kuitupitoisuudet parantavat enemmän kovettuneen betonin ominaisuuksia, mutta saattavat vaikeuttaa tuotantoprosessia, sillä betonimassan muokattavuus vaikeutuu. Pienillä kuitupitoisuuksilla on pienempi vaikutus kovettuneen betonin ominaisuuksiin, mutta se helpottaa tuotantoprosessia betonimas-san muokattavuuden kannalta. [3, s.6, 50.]

Kovettuneen betonimassan ominaisuuksiin vaikuttaa suuresti valmistus ja tuotantopro-sessien oikeaoppisuus. Kuitujen, sementin ja betonin muiden ainesosien yhteensopi-vuus on tärkeää kuitubetonin toimintakyvyn kannalta, esimerkiksi joidenkin lasista tai po-lyesterista valmistettujen kuitujen toimintakyky heikkenee emäksisessä betoniympäris-tössä. Tänä päivänä saatavilla olevat kuitutuotteet ovat useimmiten betonin emäksisyy-den kestäviä. [38.]

Tuotantovaiheessa kuitubetonin toimintakyvyn voi pilata myös kuitujen paakkuuntumi-nen ja kuitujen vahingoittuminen massan sekoitusvaiheessa. Kuitujen sekoittaminen ta-pahtuu useimmiten betoniaseman tai betonitehtaan sekoittimella, jolloin sekoittumisen onnistuminen on varmempaa ja laatu on mahdollisimman tasaista. [3, s.48-50; 11.]

3 Kuitubetonista valmistetut kuorielementit

3.1 Yleistä

Suomessa on käytetty kuituja julkisivurakenteissa yleisesti 1940-luvulta lähtien, jolloin asbestikuitusementtilevyt kehitettiin. Sittemmin kuitusementtilevyissä orgaaniset-, polymeeri- ja lasikuidut korvasivat terveydelle haitalliset asbestikuidut. [12.]

Kuitusementtilevyt ja kuitubetonilevyt eroavat toisistaan koostumukseltaan ja ominaisuuksiltaan. Kuitubetonilevyjen pääkomponentit ovat sementti, kiviaines ja kuidut, kun taas kuitusementtilevyt koostuvat pääosin sementistä ja kuiduista. Lujuusominaisuuksiltaan kuitubetoni muistuttaa enemmän tavanomaista betonirakennetta verrattuna kuitusementtiin, jossa kiviainesta ei sementin lisäksi ole lainkaan. [13.]

Rakenteellisesti julkisivuelementit jaotellaan kuorielementteihin ja sandwich-elementteihin. Kuorielementti muodostuu yhdestä betonikuoresta, johon ei ole liitetty tavallisesti lämmöneristettä. Kuorielementti on ei-kantava rakenne, joka asennetaan työmaalla sisäkuoreen kiinnikkeiden avulla. Sandwich-elementti koostuu toisiinsa sideraudoittein kiinnitetyistä betonisesta sisä- ja ulkokuoresta, sekä niiden väliin tulevasta lämmöneristeestä. Sandwich-elementti voi olla joko kantava tai ei-kantava. [14; 15.]

Molemmissa elementtityypeissä voidaan käyttää kuitubetonia. Kuitubetoniset kuorielementit ovat kokonaisuudessaan kuitubetonia, mutta kuitubetonisandwich-elementeissä yleensä vain ulkokuori on kuitubetonia. Sandwich-elementin sisäkuori on useimmiten teräsraudoitettu ja paksuudeltaan 80 mm ei-kantavassa rakenteessa ja 150 mm kantavassa rakenteessa. [15; 16.]

Betonisissa julkisivuelementeissä käytetään kuituja myös niiden tuoman muokattavuuden ansiosta. Kuorielementit voivat olla hoikkia, pintakuvioituja ja vaikka rei'itettyjä. Muokattavuuden tuomia mahdollisuuksia käytetään nykyään myös suomalaisessa betoniarkkitehtuurissa hyväksi, ja useiden uusien rakennusten julkisivuissa voi nähdä kuitubetonin mahdollistamia uudenlaisia julkisivuratkaisuja. [13.]



Kuva 5. Kuorielementit voivat olla esimerkiksi valoa läpäiseviä ja rei'itettyjä. [24.]

3.2 Elementtien asennus

Elementtien asennusta varten, rakennuttajan tulee antaa rakennesuunnittelijalle riittävät lähtötiedot rakennushankkeen ominaisuuksista ja olosuhteista.

Rakennesuunnittelijan tulee antaa työmaalle riittävät tiedot elementtien asennusjärjestyksestä, väliaikaisesta tuennasta ja lopullisesta kiinnittämisestä siten, että asennustyön kaikissa vaiheissa säilyy rakenteellinen vakavuus. Lisäksi tulee antaa tiedot turvallisista nostoista ja käsittelystä sekä työaikaisista asennustasoista. Mainitut tiedot tarvitaan elementtien asennussuunnitelmaa varten. [37.]

Työmaalle laaditaan kirjallinen asennussuunnitelma, jonka allekirjoittavat päärakennesuunnittelija, asennustyönjohtaja ja vastaava mestari sekä mahdollisesti elementtitoimuksesta vastaava henkilö ja valmisosasuunnittelija. Työmaalla pidetään asennustyön aloituskokous vähintään viikkoa ennen asennustyön aloittamista, jossa käydään läpi asennussuunnitelma, vastuujako, työmaan olosuhteet, aikataulutilanne sekä työturvallisuus. [37.]

Asennussuunnitelman tulee sisältää seuraavat tiedot:

- elementtien väliaikaisvarastointi
- nostoapuvälineet
- liitosten materiaalit
- hitsaustavat
- juotosvalujen suojaaminen
- elementtien asennusaikainen tuenta
- vähimmäistukipinnat
- asennusjärjestys.

Lisäksi asennussuunnitelma toimii asennustyön turvallisuussuunnitelmana.

Jos asennussuunnitelmaan tehdään muutoksia, vastaavan rakennesuunnittelijan tulee hyväksyä kaikki rakenteelliseen tai työturvallisuuteen vaikuttavat muutokset. [37.]

Kuorielementtien asennus voidaan eriyttää runkorakenteiden toteutusaikataulusta. Kuorielementtien nostoon tarvittu nostokalusto on myös usein kevyempi verrattuna sandwich-elementtien nostokalustoon. [14.]

3.3 Elementtien siirto ja nosto

Kuorielementin siirtoa ja asennusta varten tulee sille suunnitella tarvittavat nosto-osat. Nosto-osia tarvitaan nostojärjestelmän osana elementtien nostamisessa, siirroissa ja asennuksessa, mahdollisesti betonin kiinnittämiseen kuljetuksen ajaksi sekä mahdollisesti rakenteellisessa tuennassa lopullisessa rakenteessa.

Eurokoodin vähimmäisraudoituksen vaatimukset täyttävä raudoitus toimii usein riittävänä suojana betonin murtumista vastaan nosto-osien ympärillä. Jos betonissa ei ole

vähimmäisraudoituksen vaatimuksia täyttävää raudoitusta, tarvitaan lisäraudoitusta. Lisäraudoitus suunnitellaan siirtämään koko elementin kuormat nosto-osille. [42, s.17.]

Elementtisuunnitelmissa tulee esittää nosto-osiiin liittyen vähintään seuraavat asiat:

- tyyppi, koko ja laatu
- sijainti elementissä
- symmetria-akselin poikkeama pystyakselist
- mahdollinen vaadittava lisäraudoitus
- sallitut nostokulman ja haarakulman arvot
- jännepunosnostolenkeillä nostoapulaitteen minimihalkaisija. [18, s.8.]

Käyttötarkoituksen mukaan nosto-osien suunnittelussa tulee huomioida

- nosto-osien nostovoimat ja noston suunta
- mahdollinen kuormien epätasainen jakautuminen
- nosto-osien riittävä etäisyys elementin ja aukkojen reunasta
- ruostumattomilla raudoitteilla raudoitetun julkisivuelementin nosto-osat on oltava myös ruostumattomia
- säärasiukselle alttiit nostolenkkivarausten paikkaukset säänkestävillä paikkausmassoilla
- nostoankkureiden hyödynnettävyys jälkikiinnityksiin. [18, s.7.]

Kuorielementtien nosto-osia suunniteltaessa pyritään ensisijaisesti käyttämään sellaisia nosto-osia, joiden käyttö ei edellytä katkaisua tai paikkausta työmaalla. [18.]

3.3.1 Nostoankkurit

Kuorielementtien nostoissa käytetään usein nostoankkureita. Nostoankkurit ovat betonielementtiin nostoa ja siirtoa varten asennettavia kiinnikkeitä. Ne asennetaan rakentamiseen betonivalun aikana. Nostoankkuri koostuu erillisestä betoniin pysyvästi jäävästä tartuntaosasta, sekä nosto-osasta joka irrotetaan elementin asennuksen yhteydessä. [18, s.47.]

Nostoankkurin tartunta perustuu betonin ja nostoankkurin betoniin jäävän tartuntapään muodon aiheuttamaan ankkurointiin. Tartuntapään kautta elementin paino siirtyy kierrehylsyyntä tai reikärautaan ja sitä kautta vaijerinostolenkille tai nostolukolle. Sisäkierteellä

varustettujen nostoankkureiden kanssa käytetään vaijerinostolenkkejä. Kuorielementtien nostoon soveltuu hyvin esimerkiksi käyräankkurit, hylsyankkurit ja Anstar Oy:n valmistamat AN-nostoankkurit. [20, s.3.]



Kuva 6. Käyräankkurit ja hylsyankkurit. [25.]

Käyttämällä nostoankkureita vältetään perinteisten nostolenkkien katkaisulta, sillä samaa nostolenkkiä voidaan käyttää monen eri elementin nostossa. Nostoankkureita voidaan tarvittaessa hyödyntää myös kiinnitysosina esimerkiksi kuorielementin helmaliitoksessa. Elementin asennuksen jälkeen ankkurikolot voidaan tulpata, tai paikata betonamalla ne umpeen paikkausbetonilla. [18, s.47; 20, s.2, s.11.]

Nostoankkureita käyttäessä elementin nostokulma voi olla 0-90°, mutta aputeräksiä tarvitaan, mikäli nostokulma ylittää 25° pystysuoran suhteen. Lisäraudoitus nostoankkurin ympärillä ottaa vastaan vinosta nostosta aiheutuvaa vinoa vetorasitusta. Tarvittavan lisäraudoituksen määrä on esitetty ankkureiden käyttöohjeissa. Jos nostokulma ylittää 45°, tulee käyttää vaijeriohjainta tai painelevyillä varustettuja vaijerinostolenkkejä tai täysmetallisia nostolenkkejä. [18, s.48.]

Sisäkierteellä varustettujen nostoankkureiden kanssa käytetään samalla Rd-kierteellä varustettuja vaijerinostolenkkejä. Vaijerinostolenkki on nostoankkuriin kiinnitettävä nosto-osa, joka irrotetaan nostoankkurista asennuksen jälkeen. [18, s.49.]



Kuva 7. Vaijerinostolenkkejä. [26.]

Nostoankkureiden ja muiden nostoapuvälineiden mitoituksessa, käytössä ja asennuksessa on noudatettava valmistajien ja maahantuojaohjeita, sillä kapasiteetit voivat vaihdella valmistajakohtaisesti. Tärkeää on myös käyttää vain tartuntaosaan määriteltyjä nosto-osia. [36, s.134; 18, s.47.]

3.3.2 Nostolenkit

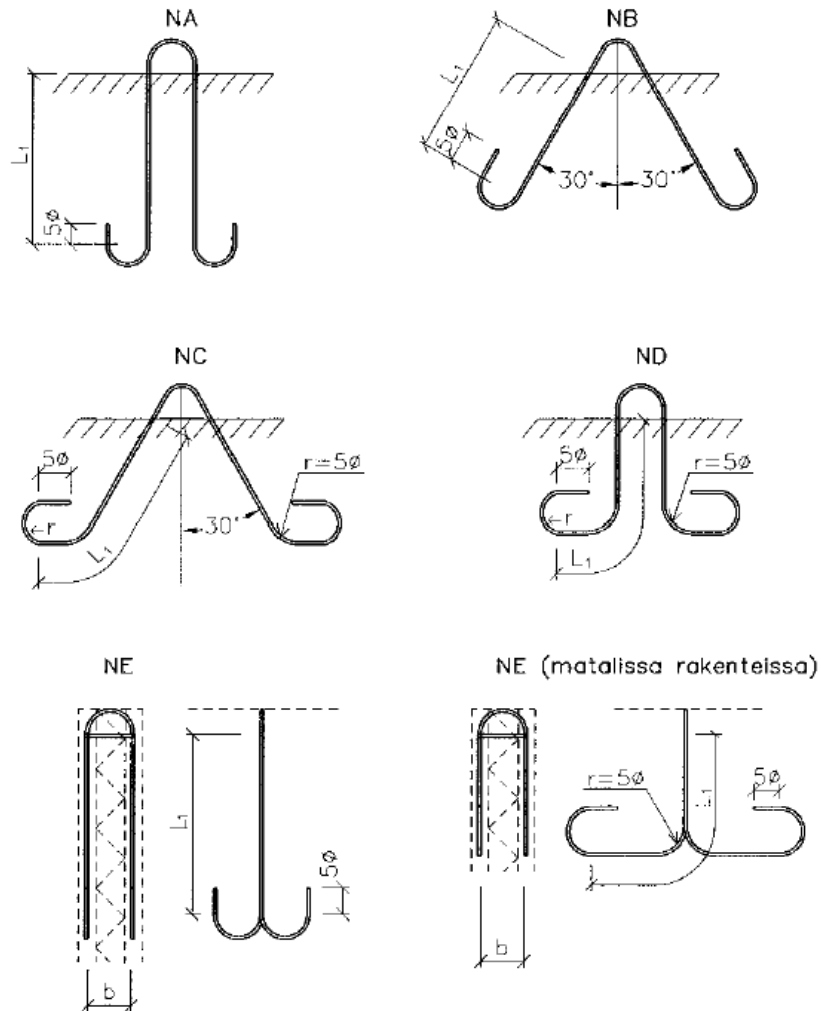
Kuorielementtien nostoissa voidaan käyttää myös nostolenkkejä, kuten pyöröteräslenkkejä tai erikoisnostolenkkejä kuten Pintos Oy:n valmistamia PB-nostolenkkejä. Nostolenkit asennetaan paikoilleen ennen betonointia ja sidotaan raudoituksiin, jotta ne pysyvät paikoillaan valun aikana. Elementtien siirroissa ja varastoinnissa tulee huolehtia, etteivät nostolenkit pääse taipumaan. [18, s.32.]

Nostolenkkejä käyttäessä nostettavissa betonielementeissä tarvitaan raudoitus, joka estää murtumisen nostolenkin haarojen kohdalta. Mahdollisen lisäraudoituksen nostolenkkejä varten määrittää rakennesuunnittelija.

Nostolenkkien ja lisäraudoituksen suunnittelussa voi hyödyntää Betoniteollisuus ry:n julkaisemaa ”Betonielementtien nostolenkit ja -ankkurit” -julkaisua. Julkaisu perustuu eurokoodiin ja CEN:in julkaisemaan tekniseen raporttiin CEN/TR 15728 jota voi myös käyttää betonielementtien nosto-osien suunnittelussa. Lisäksi suunnittelussa voidaan hyödyntää valmistajien ohjeita.

Nostolenkit tulee asentaa mahdollisimman syväälle betoniin. Kuvassa 8 on esitetty eri tavoin taivutettujen pyöröteräslenkkien optimaaliset ankkurointipituudet. Nostolenkkien si-

jaintiin elementin sivusuunnassa tulee kiinnittää huomiota etenkin ohuissa betonikuorissa, sillä kartiomurron riski kasvaa betonipeitteen paksuuden pienentyessä. Ohuissa elementeissä sallittu sivusijainnin poikkeama on ± 10 mm. [18, s.17.]



Kuva 8. Pyöröteräslenkkien suositeltavat taivutusmallit

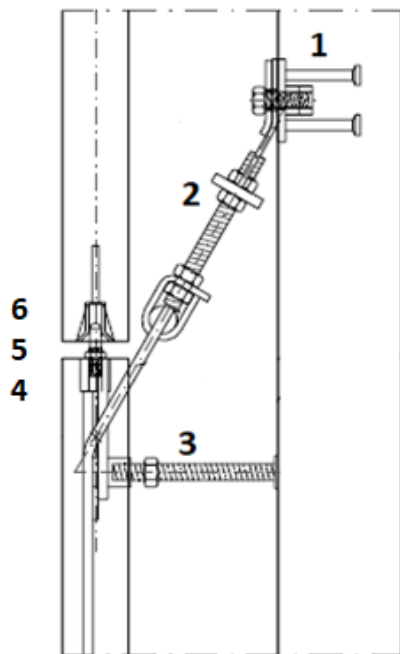
3.4 Elementtien kiinnitys

Kuorielementin kiinnitystä varten tulee sille suunnitella tarvittavat kiinnitysosat. Kiinnitysosien tarkoitus on ripustaa kuorielementti rakennuksen runkoon, ja siirtää kuorielementin kuormia kantaville rakenteille. [17.]

Kuorielementin kiinnityksen suunnittelussa tulee huomioida, että suurin osa kiinnitysosista on suunniteltu raudoitetuille betonikuorille ja tarvitsee valmistajan vaatimukset täyttävän raudoituksen. Jos kuorielementti on raudoittamaton, tulee sille suunnitella kiinnitysosien vaatima raudoitus valmistajien ohjeiden mukaan. [17, s.15.] Seuraavaksi kolme erilaista kuorielementin kiinnitysmenetelmää.

3.4.1 Ripustusliitos kiinnitysmenetelmä

Yksi kuitubetonisten kuorielementtien kiinnitysmenetelmä on ripustusliitos, joka koostuu ripustusosista. Runkoon ripustuksen lisäksi, kuorielementtiin sijoitettavia teräsosia voidaan käyttää elementtien nostossa ja päällekkäisten elementtien liittämässä toisiinsa. [17.]



Kuva 9. Ripustusliitoksen AR ripustusosat. [17.]

Ripustusliitoksessa kuorielementti kiinnitetään rakennuksen runkoon seuraavilla osilla:

1. Valuun asennettava kiinnityslevy tai jälkikiinnityslevy

2. Kierretanko runkokiinnitysosalla

Seuraavat ovat kuorielementtiin tulevia osia:

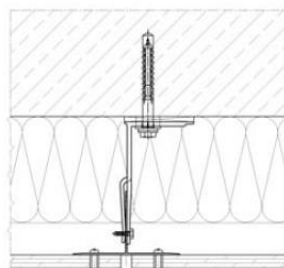
3. Puristusside, joka liitetään kuorielementin nosto- ja ankkurointiosaan
4. Kuorielementin nosto- ja ankkurointiosa
5. Liitostappi elementtien vaakasuunnassa
6. Vastakappale liitostapille ylemmässä elementissä. [17, s.3.]

Ripustus ja nosto-osien suunnittelussa tulee huomioida elementtiin sijoitettavien osien tuomat vaatimukset elementille, kuten minimipaksuus, saumakoko, reunaetäisyydet ja betonin lujuus. [17.] Nämä raja-arvot löytyvät valmistajien ohjeista.

Esimerkissä on käytetty Anstar AR -ripustusosia, jotka on suunniteltu raudoitetuille betonikuorille. Raudoituksen tulee täyttää Suomen rakentamismääräyskokoelma B4:n vaatimukset. [17, s.15.]

3.4.2 Alumiinikonsolikiinnitysmenetelmä

Kevyen ja tuulettuvan julkisivun kiinnittämiseen voidaan käyttää alumiinista valmistettua seinäkiinnikettä. Tässä kiinnitysjärjestelmässä julkisivu kiinnitetään joko niittaamalla, liimaamalla, laattakiinnikkeellä tai ripustusjärjestelmällä alumiinikonsoliin, joka on kiinnitetty rakennuksen runkoon. Tätä kiinnitysjärjestelmää on käytetty etenkin metallista ja kuitubetonista valmistettujen pienten levyelementtien julkisivukiinnityksessä. [21.]

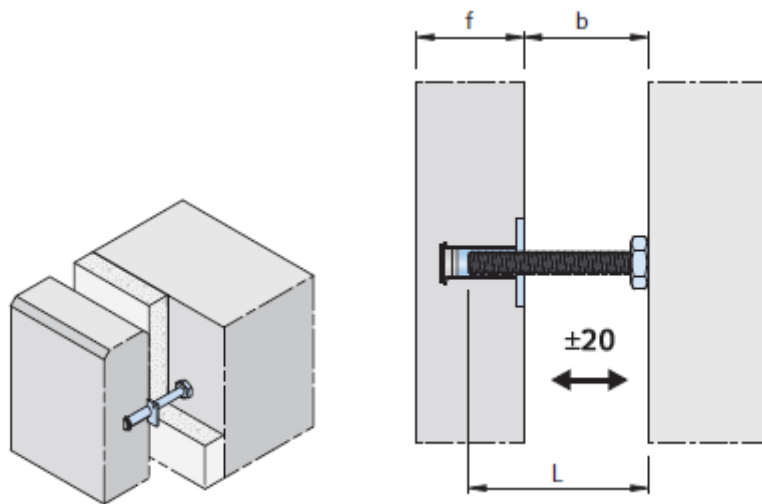


Kuva 10. Alumiinikonsolikiinnitysjärjestelmä. [21.]

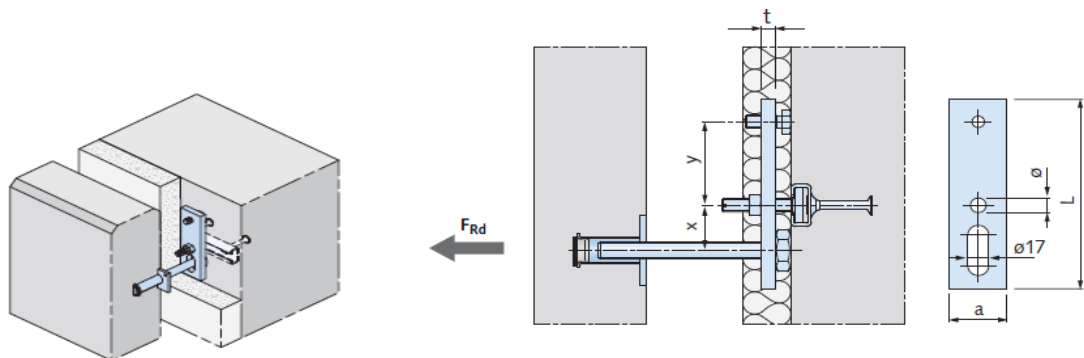
Kuvassa 10 on niiteillä tehtävä, näkyvä kiinnitysmekanismi. Jos kiinnitystä ei haluta näkyväksi, piilokiinnitys voidaan toteuttaa liimaamalla tai takaa kiinnitettävillä piiloankku-reilla. [21.] Esimerkissä on käytetty Allface Smart Fixing Systems -kiinnitysjärjestelmää.

3.4.3 Vaaka-ankkurointikiinnitysmenetelmä

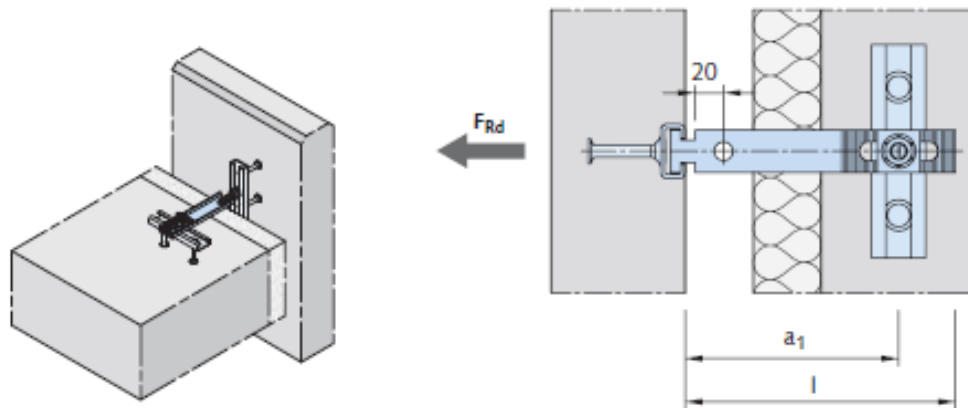
Kolmas kuitubetonisten kuorielementtien kiinnitysmenetelmä on vaaka-ankkurointi, jossa kuorielementin kuorma jakautuu puristusruuvin ja kiinnitysankkurin kautta rakenteen runkoon. Menetelmä soveltuu kuorielementtien kiinnittämiseen vaakasuorasti, esimerkiksi kohteisiin joissa ripustusliitos olisi hankala toteuttaa. [22, s.45; 23, s.86.]



Kuva 11. Puristusruuvi ottaa vastaan suurimman osan kuorielementin kuormista. [22.]



Kuva 12. Kiinnitysankkuri ottaa vastaan tuulen aiheuttamaa vetoa ja puristusta. [22.]



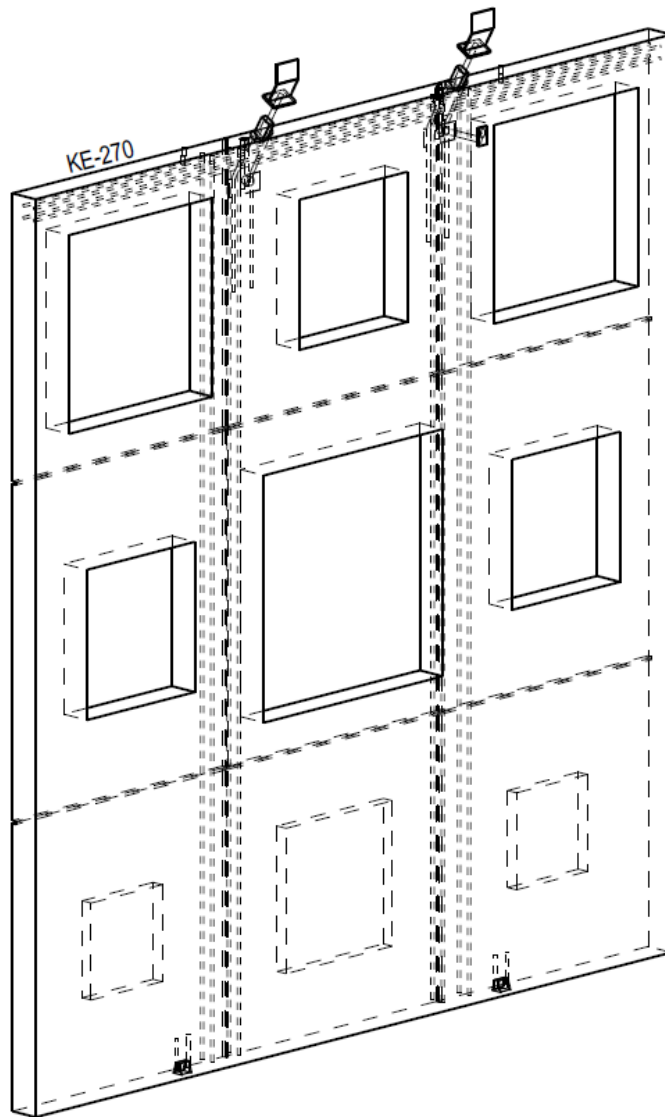
Kuva 13. Kiinnitysankkuri voi olla myös poikittaissuuntaisten pintojen välissä. [22.]

Esimerkeissä on käytetty Halfen-kiinnitysankkureita ja puristusruuveja. Näitä osia voidaan käyttää raudoitettujen betonielementtien kanssa. Valmistajan tuotetiedoissa puristusruuvien sallitut kuormat listaavassa taulukossa raudoituksena oli käytetty verkko-raudoitusta.

3.5 Kuorielementin suunnitelmat

Tässä luvussa käsitellään Helsingin Jätkäsaaren rakennettavan peruskoulun kuorielementin suunnitelmat yhden peruselementin osalta. Elementin mallinnuksessa on käytetty Tekla Structures -ohjelmistoa, sekä FEM-laskentaan erillistä laskentaohjelmaa. Elementin suunnittelussa on noudatettu eurokoodi-standardeja, sekä valmistajan ohjeita nosto- ja ripustusosien osalta.

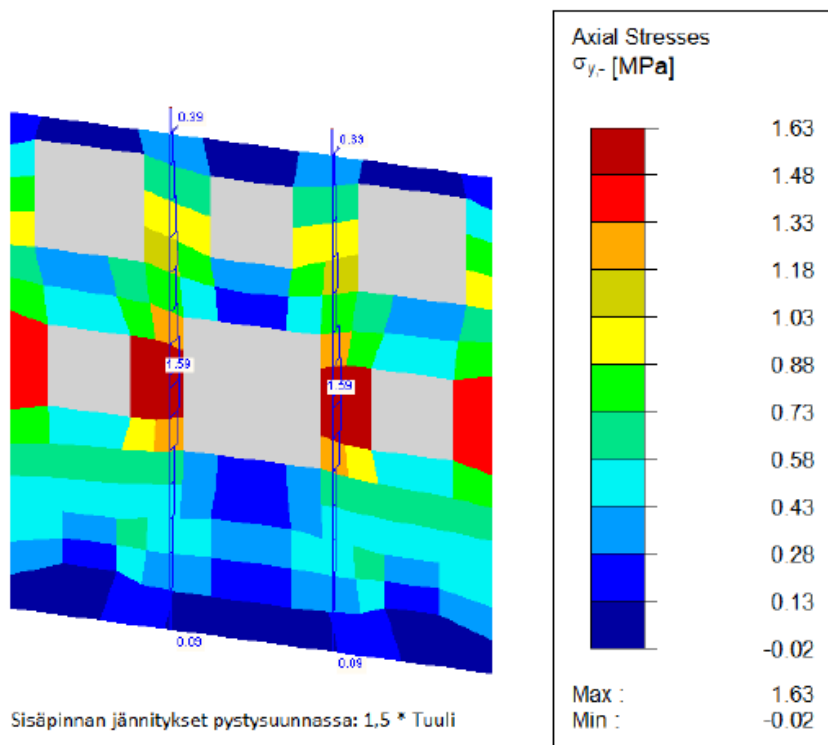
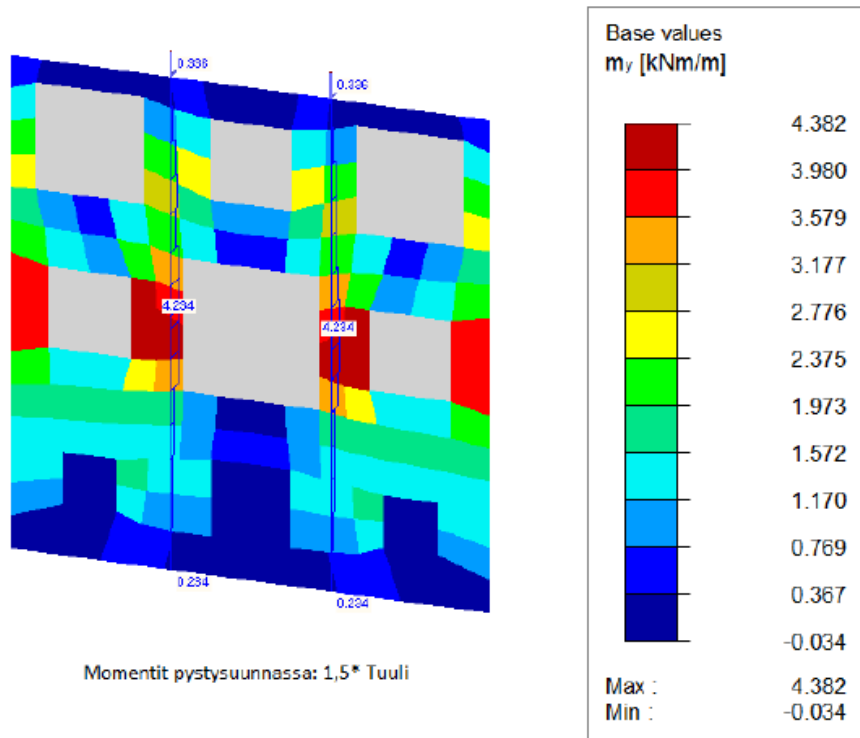
Kohteessa käytettiin valkobetonia arkkitehdin suunnitelman mukaan. Muita arkkitehdiltä saatuja lähtötietoja ovat elementin muoto, väri sekä pinnat ja pintakäsittelyt.



Kuva 13. Kuorielementti rakennepiirustuksessa.

Elementti on 3588 mm leveä, 3788 mm korkea ja paksuudeltaan 130 mm. Siinä on kuusi ikkuna-aukkoa, sekä alaosassa 60 mm syvennykset. Nosto- ja ankkurointiosiksi elementtiin valittiin Anstar-nosto- ja ripustusosat. Anstar-osat valittiin elementin painon, tuulikuorman, paksuuden ja reunaetäisyyksien perusteella. Lisäksi ripustusosien tuli olla säädettävissä asennusta varten syvyys ja korkeussuunnassa.

Elementti on raudoittamaton ja se sisältää ainoastaan nosto-osien vaatimat tartuntarätket. Nosto-osien lisärautojen tarkoitus on siirtää elementin paino lisärautojen kautta elementin nosto-osille. Lisärautojen avulla pyritään estämään betonin halkeilu elementin nosto-osien kohdalla ja pitämään ne paikoillaan. [18.]



Kuva 14. FEM-ohjelman momentti- ja jännityslaskelmat.

Kuvan 14 FEM-laskennassa on käytetty tuulikuormalle arvoa 0.88 kPa, joka laskettiin hyödyntämällä eurokoodin tuulikuorman määrittämisoheja.

Kuorielementin paino on 3190 kg ja pinta-ala 10,10 m². Siinä käytettiin polymeerikuituja, joita lisättiin betonimassaan 7 kg/m³. Kuitumäärän määritti betonielementtien valmistaja. Kuitumäärän määrittämisessä hyödynnettiin FEM-ohjelmasta saatuja momentin ja jännityksen maksimiarvoja.

Valmisbetonitehdas järjesti mallielementin katselmuksen betonitehtaalla, johon osallistui pääurakoitsijan edustajia, sekä rakennesuunnittelijoita ja arkkitehteja. Katselmuksessa eri osapuolet saivat nähdä valmiiksi valetun kuorielementin laatutason, johon projektin osapuolet olivat tyytyväisiä.



Kuva 15. Mallielementti betonitehtaalla.

4 Muottitekniikka

4.1 Yleistä

Betonielementtejä käytetään niin runkorakenteissa kuin julkisivurakenteissa. Betonielementtien osuus kaikista suomen runkorakenteista on noin kolmannes ja julkisivuista noin 15%. Betonielementit valmistetaan useimmiten valmisbetonitehtailla, joista ensimmäinen aloitti toimintansa Suomessa vuonna 1958. Suuren tarpeen vuoksi Suomessa on tänä päivänä noin 200 valmisbetonitehdasta, jotka valmistavat betonielementtejä kaiken-tyyppiseen rakentamiseen. [40, 41.]

Betonielementtien valmistamisessa käytetään muotteja. Käytetty muotti määrittää valet-tavan betonielementin muodon ja koon. Muottimateriaalin ja -pinnan valinnalla voidaan vaikuttaa myös ratkaisevasti betonipinnan laatuun ja ulkonäöllisiin seikkoihin, kuten teks-tuuriin ja värisävyyneen. Käyttämällä esimerkiksi karkeaa, sileää tai kuvioitua muottipintaa, saadaan tuotettua samasta betonista ulkonäöllisesti hyvin erinäköisiä betonipintoja. [29, s.1; 30.]

Muottisuunnittelun avulla pyritään saamaan aikaan laatuvaatimukset täyttävää betonia kustannustehokkaita valumenetelmiä käyttäen ja tuotantoaikataulussa pysyen. Element-tirakentamisessa muottisuunnittelusta vastaa yleensä elementtitoimittaja, mutta hyvään muottisuunnitteluun tarvitaan myös arkkitehti- ja rakennesuunnittelun osalta tuntemusta muottitekniikasta.

4.2 Muottimateriaalit

Betonielementtitehtaiden valuissa käytetään usein vaakatasossa olevaa teräsmuottia. Ne soveltuvat hyvin teolliseen tuotantoon, jossa samalla muotilla valmistetaan usein suuri määrä toistuvia elementtejä. Teräs muottimateriaalina antaa betonille yhtenäisen ja sileän pinnan ilman muottisiteiden jälkiä. Tehtaissa on usein mahdollista käyttää myös muita muottijärjestelmiä ja muottimateriaaleja, kuten puulevyä, muottikangasta, kumia, lasikuitua ja muovia. [31; 32.]

Erilaiset puulevyt ovat yleinen muottimateriaali erityisesti järjestelmämuoteissa. Puulevyistä yleisin on vanerilevy, jolla saadaan betonille tiivis ja sileä pinta. Valmiiseen betonipintaan jää levyjako näkyviin. Levytuotteet ovat vaurioherkkiä ja useimmiten käyttökertojen määrä on paljon vähäisempi verrattuna teräsmuottiin. Puulevyt yleensä pinnoitetaan ja öljytään levyjen käyttökertojen lisäämiseksi, ja jotta puu ei imisi betonista vettä. [30; 31.]

Muottikankaan käytöllä pyritään parantamaan betonin pinnan laatua, tiivyyttä ja säilyvyysominaisuuksia. Muottikangas kiinnitetään muotin pintaan, ja valmiiseen betonipintaan jää käytettävän kankaan kuvio. Betonia täryttäessä, kankaan huokosverkosto johdattaa ilmaa ja jonkin verran vettä pois betonin pinnalta. Näin saadaan aikaan valuhuokoseton betonipinta. [30; 31.]

Lasikuitua ja muovia käytetään arkkitehtonisissa muoteissa, erikoismuoteissa, pilari- muoteissa ja muottivanerien pinnoitusmateriaalina. Lasikuitu- ja muovimuotteja käytetään niiden monimuotoisuuden ja tiiviin pinnan takia. Muovi soveltuu myös yleistyneisiin 3D-valmistustekniikoihin.

Muovimuotit vaativat hyvää hoitoa käyttöiän pidentämiseksi. Muotin pintaa huolletaan, käyttämällä muotiniirrotusainetta, huolellisella puhdistuksella ja pienten pintavaurioiden täytöllä. Muottipintaan kertyvien ilmahuokosten poistamiseksi, muovi- ja lasikuitumuotit vaativat etenkin pystyvaluissa matalat valukerrokset ja huolellisen betonin tiivistyksen. [31; 33.]

Kumia ja polyuretaania käytetään muotin uloimpana pintana silloin kun halutaan betonin pintaan voimakas kuvio. Tällöin muotin irrottaminen betonia vahingoittamatta ei muita muottimateriaaleja käyttäen olisi mahdollista. Kumi on kallis muottimateriaali, joten se soveltuu parhaiten pienille, usein toistuville pinnoille. [33, s.6.]

4.3 3D-muottitekniikka

Nykypäivänä betonirakentamisessa on yleistynyt 3D-muottitekniikan käyttö. Kuitubetonia käyttämällä ja 3D-muottitekniikkaa hyödyntämällä, seinäpinnoista voidaan tehdä esimerkiksi kolmiulotteisia, kaarevia ja rei'itettyjä. [34, s.7.]

3D-muottitekniikan haasteena on kustannustehokkuus ja tuotantoprosessin jouhevuus. Kolmiulotteisten ja rei'itettyjen elementtien aikaansaamiseksi vaaditaan usein enemmän suunnittelutyötä verrattuna suorakaiteen muotoiseen, tavanomaiseen elementtiin. Elementtien ulkonäölliset seikat kuten saumaratkaisut ja kolmiulotteisten kuvioiden jatkuvuus yhdistettynä tuotannollisiin seikkoihin ja elementtien asennettavuuteen työmaalla vaativat suunnitelmallisuutta. Muottisuunnitteluun panostaminen ja sen aloittaminen hyvissä ajoin on suositeltavaa. [29, s.1; 34; s.8.]

3D-muotin tai -muottipinnan valmistus tapahtuu yleensä tulostamalla 3D-tulostimella tai CNC-jyrsintää käyttäen. Nämä tekniikat mahdollistavat tulostamisen suoraan CAD-malleista. Muottimateriaaliksi parhaiten soveltuu kumi ja muovi, mutta 3D-muotin osat voidaan myös valmistaa valamalla polyuretaanista ja silikonista. [34, s.9.]

Kolmiulotteisen betonipinnan voi toteuttaa myös puu ja teräsmuoteilla. Muotin pohjalle voidaan esimerkiksi sijoittaa erillisiä paloja, jotka painautuvat betonipintaa vasten antaen sille toivotun kuvioinnin. [29, s.7.]



Kuva 16. Betonipinta, joka on toteutettu asettelemalla syvennyksiä vastaavat osat muotin pohjalle. [29.]

3D-muottitekniikan yleistyminen näkyy Suomessa jo monissa julkisivuratkaisuissa. Tekniikkaa on onnistuttu hyödyntämään kustannustehokkaalla tavalla esimerkiksi kuvassa 17 näkyvässä Kruunuvuorenrannan koonta-aseman betonijulkisivussa, joka voitti Vuoden 2017 Betonijulkisivu -arkkitehtuuripalkinnon. Julkisivu koostuu vain neljästä erilaisesta nelikulmiosta, joita eri asentoihin sijoittamalla on onnistuttu luomaan julkisivulle monimutkaiselta näyttävä kokonaiskuviointi. [35.]



Kuva 17. Kruunuvuorenrannan koonta-asema. [35.]

5 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli koota tietoa kuitubetonin valintaa varten, sekä käsitellä eri ratkaisuja kuitubetonisen kuorielementin kiinnittämiseen ja erilaisia kuorielementille soveltuvia nosto-osia. Kirjallisuusselvityksen avulla kerätystä tiedosta tavoitteena oli muodostaa rakennesuunnittelijoille ja arkkitehdeille hyödyksi oleva tieto-opas. Näihin tavoitteisiin päästiin kohtalaisen hyvin.

Kuitubetoni-luvussa käsiteltiin kuitubetonia yleisesti, betonimassaa, sekä eri kuitutyyppien eroavaisuuksia ja mahdollisia käyttökohteita. Työn ensimmäisen osa koottiin yhteen käyttäen lähteenä aiheeseen liittyvää kirjallisuutta.

Kuitubetonista valmistetut kuorielementit -luvussa keskityttiin kuorielementteihin. Siinä käytiin läpi asennussuunnitelmaan koottava tieto ja suunnitelman osapuolet, sekä nostosien suunnittelussa huomioitavia asioita elementtisuunnittelijalle. Myös kuorielementille soveltuvia nosto-osia ja kiinnitysosia tarkasteltiin. Lopuksi luvussa esiteltiin esimerkkinä

yhden kohteen kuorielementin suunnitelmat, joiden osalta käytiin läpi käytettyjen nosto-osien ja nosto-osien tartuntarautoituksen valintaperusteita. Lähteenä käytettiin aiheeseen liittyvää kirjallisuutta, valmistajien ohjeita, yritykseltä saatua materiaalia, sekä työohjaajan ja betonitehtaan henkilöstön haastatteluita.

Muottitekniikka-luvussa käytiin läpi erilaisia betonielementtirakentamiseen soveltuvia muottimateriaaleja, sekä yleistynyttä 3D-muottitekniikkaa. Muottitekniikkaa käsiteltiin elementtirakentamisen näkökulmasta. Luvussa käytettiin lähteenä aiheeseen liittyvää kirjallisuutta.

Lähteet

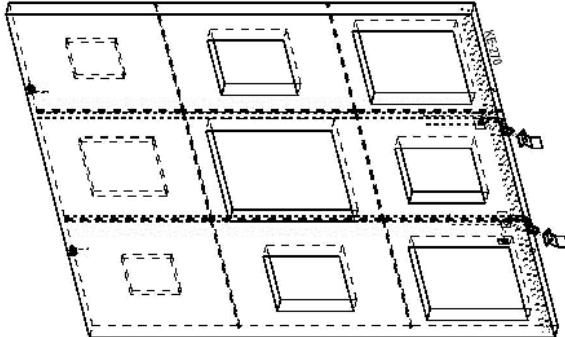
- 1 Experimental Studies on Viability of Using Geosynthetics as Fibers in Concrete, International Journal of Applied Engineering Research, Dindigul, Volume 1, 2010. Verkkodokumentti. <<http://www.ipublishing.co.in/jarvol1no12010/EI-JAER1002.pdf>>
- 2 Kuitubetonilla lisää lujuutta. Rakentaja. Verkkosivu. <https://www.rakentaja.fi/artikkelit/9060/kuitubetonilla_lisaa_lujuutta.htm>. Luettu 13.12.2017
- 3 Colin D. Johnston. 2001. Fiber-Reinforced Cements and Concretes (Advances in Concrete Technology) New York, USA. Taylor & Francis.
- 4 Asbesti. Työsuojelu. Verkkosivu. <<http://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/rakennusala/asbesti>>. Luettu 13.12.2017
- 5 bly13 Polymeerikuidut betonissa 2012. Suomen betonilattaiyhdistys ry. Suomen Betoniyhdistys ry.
- 6 Introduction to GFRC (Glass Fiber Reinforced Concrete). Concrete Countertop Institute. Verkkosivu <<http://www.concretecountertopinstitute.com/introduction-to-gfrc-glass-fiber-reinforced-concrete/>>. Luettu 16.12.2017
- 7 Mark West. 2016. The Fabric Formwork Book: Methods for Building New Architectural and Structural Forms in Concrete. London, United Kingdom. Routledge.
- 8 SFS-EN 14889-2. Betoniin käytettävät kuidut. Osa 2: Polymeerikuidut. Määritelmät, vaatimukset ja vaatimustenmukaisuus. 3.11.2006. Suomen Standardoimisliitto SFS.
- 9 by 56 Teräskuitubetonirakenteet 2011. Suomen Betoniyhdistys ry.
- 10 Siltojen korjaus (SILKO). Betonirakenteet. Betoni ruiskuttamalla, yleiset laatuvaatimukset. 2009. Verkkodokumentti. <https://julkaisut.liikennevirasto.fi/silat/silko/kansio1/s1232_10.pdf>. Luettu 20.12.2017
- 11 Betoni. Kuitubetonien valmistus. Ruskon Betoni Oy. 2014. Verkkodokumentti. <<http://betoni.com/wp-content/uploads/2015/06/betonip-e4iv-e4t-2014-mv-20102014.pdf>>. Luettu 20.12.2017
- 12 Kuitusementtilevy/Asbestikuitusementtilevy. Raksystems Insinööritoimisto Oy. Verkkosivu <<https://kotiapp.fi/termi/kuitusementtilevy-asbestikuitusementtilevy/>>. Luettu 5.1.2018

- 13 Rakennuslehti. Betoni taipuu 3D-maailmaan ja pitsimäisiksi julkisivuiksi. Seppo Mölsä. 2015. Verkkosivu <<https://www.rakennuslehti.fi/2015/02/betoni-taipuu-3d-maailmaan-ja-pitsimaisiksi-julkisivuiksi/>>. Luettu 5.1.2018
- 14 Betoni. Betonielementtijulkisivut. Verkkosivu <<http://betoni.com/arkkitehtisuunnittelu/arkkitehtisuunnittelu/julkisivut/betonijulkisivujen-toteutusvaihtoehdot/betonielementtijulkisivut/>>. Luettu 8.1.2018
- 15 Rajaville. Julkisivut. Verkkosivu <<http://www.rajaville.fi/tuotteet/seinaet/julkisivut/>>. Luettu 8.1.2018
- 16 Elementtisuunnittelu. Kuitubetonisandwich-julkisivut. Verkkosivu <<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/julkisivut/julkisivujarjestelmat/kuitubetonisandwich-julkisivut/>>. Luettu 15.1.2018
- 17 Anstar. AR ripustusjärjestelmä käyttöohje. 2013. Verkkodokumentti <<http://www.anstar.fi/wp-content/uploads/2013/02/AR-2013.pdf>>. Luettu 15.1.2018
- 18 Betoniteollisuus ry. Betonielementtien nostolenkit ja -ankkurit + muutokset. 2014. Verkkodokumentti <<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/elementtien-asennus/nostoohjeet/>>. Luettu 18.1.2018
- 19 Elementtisuunnittelu.fi. Kuljetus ja nostot. Verkkosivu <<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/julkisivut/rakenteellinen-toiminta/kuljetus-ja-nostot/>>. Luettu 18.1.2018
- 20 Semtu Oy. Nostoankkurit ja -tarvikkeet. 2000. Verkkodokumentti <<https://www.semtu.fi/files/4813/0943/8473/Nostoankkurit-k-ohje-2011-06-15.pdf>>. Luettu 20.1.2018
- 21 Allface. Smart fixing systems. 2007. Verkkodokumentti <<http://al007rz5.edis.at/wp-content/uploads/2012/04/Allface-Technic-Brochure-FI.pdf>> Luettu 20.1.2018
- 22 Halfen. Halfen concrete facaden anchor systems. 2016. Verkkodokumentti <http://downloads.halfen.com/catalogues/de/media/catalogues/precastsystems/FB_16.1-E.pdf>. Luettu 23.1.2018
- 23 Halfen. Kestävät elementtiratkaisut. 2008. Verkkodokumentti. <http://downloads.halfen.com/catalogues/se/media/catalogues/generaldocuments/kestavat_elementtiratkaisut_hallbara_prefablosn_halfen_fi.pdf>. Luettu 30.1.2018
- 24 Seroc FibreC 3D. Verkkosivu <<https://www.seroc.fi/tuotteet/julkisivutilaratkaisut/fibrec-3d-kuitubetonielementti/>>. Luettu 8.1.2018

- 25 Salon tukituote. Nosto- ja kiinnitysosat. Verkkosivu <<https://www.tuki-tuote.fi/tuotteet/nosto-ja-kiinnitysosat>>. Luettu 8.1.2018
- 26 R-steel. THL-vaijerinostolenkki. Verkkosivu <<http://www.rsteel.fi/fi/tuotteet/tuoteryhma3/thl-vaijerinostolenkki>>. Luettu 8.1.2018
- 27 Builderis. 2017. Verkkosivu <<http://builderis.com/fi/pages/707749>>. Luettu 10.1.2018
- 28 Rudus. Teräskuitubetonit. Verkkosivu <<http://www.rudus.fi/tuotteet/betoni/kuitubetonit/5799/teraskuitubetonit>>. Luettu 10.1.2018
- 29 Betoni. Kolmiulotteiset betonipinnat tulevat. Topi Äikäs. 2017. Verkkodokumentti <http://betoni.com/wp-content/uploads/2017/03/BET1701_26-33.pdf>. Luettu 5.2.2018
- 30 Betoni. Muottia vasten valetut pinnat. Verkkosivu <<http://betoni.com/arkkitehtisuunnittelu/arkkitehtisuunnittelu/betonipinnat/muottia-vasten-valetut-pinnat/>>. Luettu 5.2.2018
- 31 Valmisbetoni. Muottien pintamateriaalit. Verkkosivu <<http://www.valmisbetoni.fi/toteutus/muotit/Muottien%20pintamateriaalit>>. Luettu 5.2.2018
- 32 Betoni. Elementtipinnat. Verkkosivu <<http://betoni.com/arkkitehtisuunnittelu/arkkitehtisuunnittelu/betonipinnat/muottia-vasten-valetut-pinnat/elementtipinnat/>>. Luettu 6.2.2018
- 33 Betoni. Puhdasvaluohje. Jenni Korpela ja Tuomas Palolahti, Mittaviiva Oy. Verkkodokumentti <<http://www.valmisbetoni.fi/tekniset-ohjeet-ja-artikkelit>>. Luettu 6.2.2018
- 34 Betoni. 3D-muottitekniikan mahdollisuudet. Jouni Punkki. 2018. Verkkodokumentti <http://betoni.com/wp-content/uploads/2018/01/4_Jouni-Punkki-3D-muottitekniikka.pdf>. Luettu 6.2.2018
- 35 Betoni. Kruunuvuorenrannan koonta-asema Betonijulkisivu -arkkitehtuuripalkinto 2017: Arkkitehtuuritoimisto B&M. Maritta Koivisto. 2017. Verkkodokumentti <http://betoni.com/wp-content/uploads/2017/12/BET1704_16-19.pdf>. Luettu 7.2.2018
- 36 Suomen Rakennusmedia Oy. Betonielementtien nostot. Tuomas Palolahti. 2010. Verkkodokumentti. <[https://www.rakennustieto.fi/bin/get/id/631CStSjs%3A\\$47\\$RK110502\\$46\\$pdf/RK110502.pdf](https://www.rakennustieto.fi/bin/get/id/631CStSjs%3A47RK110502$46$pdf/RK110502.pdf)>. Luettu 12.2.2018
- 37 Elementtisuunnittelu. Elementtien asennus. Verkkosivu <<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/elementtien-asennus>>. Luettu 15.2.2018

- 38 Concretenetwork. Glass fibers for gfrc. Verkkosivu <<https://www.concretenetwork.com/glass-fiber-reinforced-concrete/ar-glass-fibers.html>>. Luettu 19.2.2018
- 39 Sitowise. Verkkosivu <<https://www.sitowise.com/fi/sitowise/yritys>>. Luettu 22.12.2017
- 40 Betoni. Valmisbetoniteollisuus. Verkkosivu <<http://betoni.com/betonirakentaminen/valmisbetoni-paikallavalurakentaminen/valmisbetoniteollisuus/>>. Luettu 21.2.2018
- 41 Betoni. Talonrakentaminen. Verkkosivu <<http://betoni.com/betonirakentaminen/elementtirakentaminen/talonrakentaminen/>> Luettu 21.2.2018
- 42 SFS Tekninen raportti. CEN/TR 15728. 2016. Rakennusteollisuus RTT ry

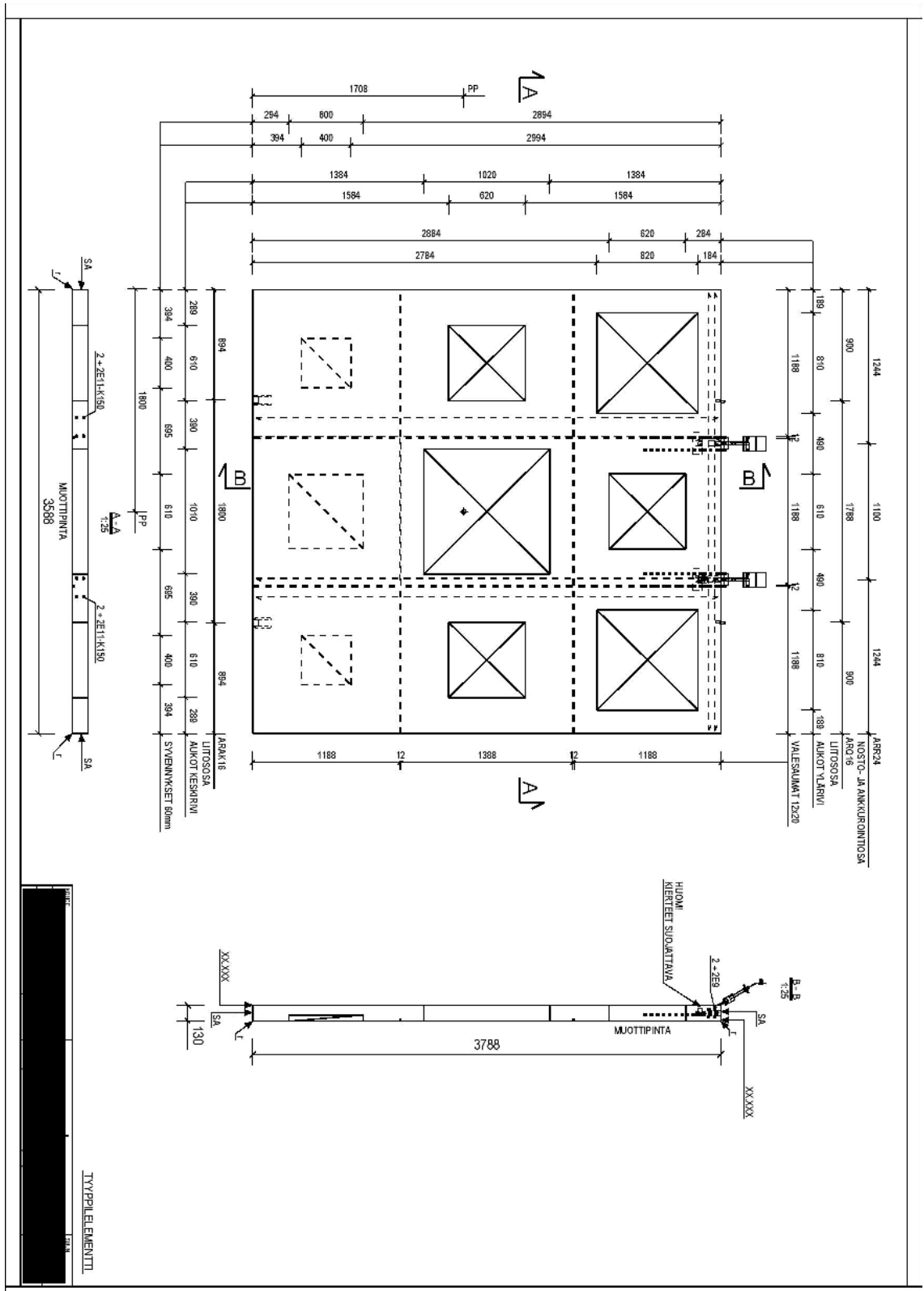
VALUTARVIKKEILELLETO			
ELEMENTIN TIIVINS	LM	MATERIAALI	MÄÄRÄ YKS
KE-270	1	C35/45	1,28 m ²
		ELEMENTTI PAINO:	3,19 t
MÄÄRÄ TARVIKKEET			
2 kpl	ARAK16	Uloiosa	
1 kpl	ARAK20-L	Puristuside	
2 kpl	ARCI16	Litoseosa	
2 kpl	ARPC4	Neoto- ja ankkurointiosa	
2 kpl	ARS24-L	Runkokilimiysoosa	
7,1 kg	BROOK	ø 9	
22,3 kg	BROOK	ø 11	



RAUDOITUS: KUIDUN MÄÄRÄ BETONITÖINTIJÄÄNNÄKÄÄN KÄYTTÄVÄN RAHAL PURISTUSSOAT JA ARS24-L RUNKOKILIMITYSOAT TOIMITETAAN ELEMENTTI MUKAAN PINNAT JA PINTAKÄSITTELYT ARKIMUKAAN

SUUNNITTELUUN LAHTOIEDOT			
Painonkorotus	R10	VAUKORETON/ ARKIMUKA (SFS-EN 206(2014), SFS 7022)	
Katonsuurinta	SISÄLTÄPÄIN		
Rebeti	C35/45		
Suunnitelu/syöbiö	100%		
Residualia	XG34, X01, XF1		
Pintakuoret	THA	HONKIVALA	
Vahvistusohjeet	Betoninormien bitenssit 2011 (Betoniteollisuus Ry),		(SFS-EN 1992-1-1+A4, SFS-EN 206 (2014), SFS 7022)
Valokuvaukset	Sarjallement SFS-EN 14922, SFS 7026		
Muuten purkulujuus	C12/15		
Muutoshuomautukset	70 % suunnitelu/luudetta, mulla m:n, C20/25		
Tarvelen pannaerit	NA, SFS-EN 1892-1-1 (mm erikseen mltapokkeama ja suutussat)		
Tarvelen jalkosyllyt	T12E1=500 mm, T10E1=500 mm, T9E1=450mm,		
Uudellunet keuhkainnehdinat	SFS-EN -0080	Typillyydykspäälä 1.8.2017 alkaen	
Rebetin ohjeet			
Muut tarkat			
Tarvelen vahvistus/nyöbiölujuus	SFS-EN -0088 (A19) 304 (E5)		
Maksimi koronmäärät	1 430/1, 520/210 MPa		
Varsaoluenda	SFS 7022 n:ikaan		
Nöbiönläikk	Elementteihin omat ohjeet		
Muuta	ANSTAR NOSTO-OSSAT		
	f = 1/2000		
	SA = samannimisen alueen puhdeuus		
	paneeliseä vesipesuläa mltakäsitellä		

RAVENNEPIIRUSTUS	
TS	TYYPPIELEMENTTI



<p><u>VAAKADETAALIT</u></p>	<p><u>PYSTYDETAALIT</u></p>
<p>PIIRITETTY K. 2014</p>	