

Vertti Eloranta

Rantamuurielementtien asennus- ja tuotanto- vertailu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-
ohjelma

Mestarityö

9.11.2018

Tekijä Otsikko	Vertti Eloranta Rantamuurielementtien asennus- ja tuotantovertilu
Sivumäärä Aika	27 sivua + 4 liitettä 9.11.2018
Tutkinto	Rakennusmestari (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	Infrarakentaminen
Ohjaajat	Ammattikorkeakoulun ohjaaja Anne Pietilä Työpäällikkö Kai Ounasvuori
<p>Opinnäytetyön aiheena on rantamuurielementtien tuotannon ja asentamisen saaminen yrityksen kannalta kustannustehokkaammaksi. Kyseessä on melko harvinainen työvaihe, joista yrityksen sisällä ei ole juurikaan kokemusta.</p> <p>Opinnäytetyö tehtiin Kreate Oy:n pohja- ja betonirakentamisen yksikölle. Kreate Oy on yksi Suomen johtavista yrityksistä infrarakentamisen osa-alueella. Yrityksen toimialoihin kuuluu silta-, väylä-, pohja-, teollisuus-, rata-, betoni-, kallio- sekä ympäristörakentaminen. Yrityksessä työskentelee tällä hetkellä hieman yli 400 työntekijää.</p> <p>Opinnäytetyön vertailukohtana käytettiin Sompasaari osa kahden esirakentamisurakassa jo valmistettuja ja asennettuja rantamuurielementtejä. Kreate Oy on kyseisen työmaan pääurakoitsija.</p> <p>Elementit on tähän asti tehty paikallavalutöinä työmaalla. Asentaminen on myös sisältänyt monia haastavia työvaiheita, ja siinä on käytetty muun muassa sukeltajia sekä massiivisia mobiilinstoureita.</p> <p>Opinnäytetyön on tarkoitus palvella yrityksessä tulevia urakkalaskentoja sekä työmaita, joihin sisältyy vastaavanlaisia rantamuurielementtejä. Myös Sompasaaren rakentaminen tulee jatkumaan nykyisen vaiheen valmistuttua. Opinnäytetyöllä pyritään saamaan etua myös kyseisiin urakkalaskelmiin sekä tarjouksiin kustannustehokkaammilla tavoilla toteuttaa yksi merkittävästi urakkasummaan vaikuttava työvaihe.</p> <p>Opinnäytetyö sisältää yrityksen kannalta salassa pidettävää materiaalia. Tästä työstä on jätetty pois hinnat sekä kustannusvertailut. Työssä esitellään tutkittuja vaihtoehtoja sekä niiden toteutusta.</p>	
Avainsanat	Rantamuurielementti, kustannustehokkuus, tuotanto, asennus

Author Title Number of Pages Date	Vertti Eloranta Comparison of Installation and Production of Coastal Barrier Elements 27 pages + 4 appendices 9 November 2018
Degree	Bachelor of Construction Site Management
Degree Programme	Construction Site Management
Professional Major	Infrastructure Construction
Instructors	Anne Pietilä, Senior Lecturer Kai Ounasvuori, Project Manager
<p>The objective of this bachelor's thesis was to find ways to make coast barrier elements production and installation more cost-effective for the company. The work phase is not that common and there is not that much experience of it within the company.</p> <p>The thesis was made for the foundation and concrete construction unit of Kreate Oy.</p> <p>The comparison of the production and installation costs presented here used already produced and installed coastal barrier elements in Sompasaari part two base construction. Kreate Oy is the main contractor at this construction site.</p> <p>So far, the elements have been made on site. The installation has included many challenging stages, including e.g. construction divers and use of massive mobile cranes.</p> <p>This thesis is intended to serve the company with future contract calculations and construction sites which include similar coastal barrier elements. Construction of Sompasaari will also continue after the current base is completed. The thesis aims to get benefit at the contract calculations and contract offers by providing more cost-effective ways to implement one of the significant stages affecting the total cost of the contract.</p> <p>The thesis includes confidential material for the company. The company's prices and cost comparisons are left out of this version. The thesis does, however, present the examined alternatives and their implementation.</p>	
Keywords	Coastal barrier element, cost-efficiency, production, installation

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Opinnäytetyön tavoite ja rajaus	1
1.2	Tutkimusongelma	2
1.3	Tutkimusmenetelmät	2
2	Rantamuurielementit	4
3	Tehtyjen elementtien tuotanto ja asennus	6
3.1	Lähtökohdat	6
3.2	Elementtien tuotanto	9
3.2.1	AL-elementin pohjalaatta	10
3.2.2	AL-elementin seinä	12
3.2.3	AV-elementin seinä	13
3.2.4	Verhouskiven asennus	13
3.3	Elementtien asennus	14
3.4	Elementtien nostokalusto	15
4	Kustannustehokkaammat tuotantotavat	17
4.1	Suomalaiselta elementtitehtaalta tilaaminen	17
4.2	Elementtien tilaaminen ulkomailta	17
4.2.1	Virolaiset elementtitehtaat	19
4.2.2	Puolalaiset elementtitehtaat	20
4.2.3	Latvialaiset elementtitehtaat	20
4.3	Elementtien koon pienentäminen	21
4.4	Elementtien kuljetukset	22
4.4.1	Rahti maanteitse	22
4.4.2	Rahti meriteitse	22
5	Kustannustehokkaammat asennustavat	24
6	Lopputulokset	25
7	Yhteenveto	26
	Lähteet	27

Liitteet

Liite 1. Ulkomaalaisille betonielementtivalmistajille lähetetty tarjouspyyntö.

Liite 2. Elementtien tuotannon toteutuneet kustannukset.

Liite 3. Elementtien asennuksen toteutuneet kustannukset.

Liite 4. Tarkasteltavan elementtieron painot ja koot.

Lyhenteet

AL-elementti	Suunnitelmissa käytetty lyhenne pohjalaatalliselle rantamuurielementille.
AP-elementti	Suunnitelmissa käytetty lyhenne pysäkkielementille.
AV-Elementti	Suunnitelmissa käytetty lyhenne pohjalaatattomalle rantamuurielementille.
ELY-keskus	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus
Hiab	Kuorma-autossa olevasta nosturista käytettävä sana.
InfraRyl	Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset
M€	Miljoonasta eurosta käytettävä lyhenne. Yleinen lyhenne rakennusurakoiden hinnoista puhuttaessa.
M2	Neliömetrin lyhenne.
Tonni	Tuhat kilogrammaa.

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö on tehty Kreate Oy:lle. Kreate Oy on yksi Suomen johtavista yrityksistä infrarakentamisen alalla. Yhtiön toimialoihin kuuluu kokonaisvaltaiset ratkaisut silta-, väylä-, pohja-, teollisuus-, rata-, betoni-, kallio- ja ympäristörakentamiseen. Yrityksessä työskentelee tällä hetkellä yli 400 rakentamisen ammattilaista. Tämä opinnäytetyö tehdään pohja- ja betonirakentamisen yksikölle. [1.]

Kreatella on tällä hetkellä meneillään Helsingin Sompasaassa Sompasaari osa kahden esirakentamisurakka. Urakan rakennuttajana toimii Helsingin kaupunki. Työt aloitettiin marraskuussa 2017. Urakkaan kuuluu muun muassa maankaivua ja täyttöä molempia noin 100 000 kuutiota. Maankaivuun on sisällynyt myös pilaantuneiden maiden poistoa ja poisvientä. Pilaantuneita maita alueelta on ajettu pois yhteensä 17 200 tonnia, joka tekee noin 350 kasettikuormallista. Teräsputkipaaluja urakkaan kuuluu noin 360 kappaletta, putkilinjojen kaivuuta noin 4,1 kilometriä, vedenalaisien eroosio- ja paa-lulaattojen betonointia noin 2 360 kuutiota sekä rantojen ruoppausta noin 30 000 kuutiota. Sompasaaren läpi tehdään myös noin 250 metriä pitkä kanava, jonka päälle tehdään kaksi siltaa. Sillat ovat jännitetyjä betonisia palkkisilloja, joiden kummankin jänneväli on noin 19 metriä. [1.]

Rantamuurielementtejä urakkaan kuuluu yhteensä 180 kappaletta. Elementteihin menee yhteensä noin 1 100 000 kiloa raudoituksia, 2 800 m³ betonia sekä 850 m² graniittista verhouskiveä. Kyseessä on siis urakan kannalta merkittävä työvaihe. [1.]

Koko urakan urakkasumma on 13,8 M€. Urakan on määrä valmistua elokuussa 2019.

1.1 Opinnäytetyön tavoite ja rajaus

Opinnäytetyön tavoite on selvittää kustannustehokkaampia tapoja rantamuurielementtien tuotannolle sekä asennukselle. Kyseessä on kokonaisuudessaan melko harvinainen ja vaativa työvaihe, jollaisesta ei löydy vielä yrityksen sisältä merkittävästi kokemusta. Tämän hetkinen Sompasaari osa kahden esirakentamisen urakka alkoi nopealla aikataululla, eikä aikaa kunnolliseen kustannusvertailuun ja toimintatapojen pohtimiseen jäänyt riittävästi aikaa. Tämän opinnäytetyön on tarkoitus palvella tulevia urakka-

laskentoja sekä työmaita, joihin sisältyy vastaavanlaisia työvaiheita. Myös Sompasaa-
ren rakentaminen tulee jatkumaan käynnissä olevan työmaan valmistuttua ja tuleviin
urakoihin tulee myös sisältymään opinnäytetyössä käsiteltäviä elementtejä.

Opinnäytetyssä käsiteltävästä elementtien asennuksesta on rajattu pois elementtien
pohjien teko meren pohjaan. Pohjien teko pysyy työvaiheena samanlaisena muusta
asennustavasta riippumatta, eikä sen kustannusten avaamista ja vertailua nähty yrityk-
sessä tarpeellisena. [14.]

1.2 Tutkimusongelma

Opinnäytetyön tekemiseen johtanut ongelma on tämänhetkisen työmaan elementtien
tuotantoon sekä asennukseen liittyvät suureksi kasvaneet kustannukset. Työmaan aloi-
tus tapahtui niin nopeasti, että aikaa kunnolliselle työn suunnittelulle ja kustannusten
vertailulle ei jäänyt. Kyseiseen työvaiheeseen liittyvissä töissä on hyvät mahdollisuudet
saada suuria säästöjä aikaan kilpailuttamalla tuotantoa ja asennusta sekä selvittele-
mällä vaihtoehtoisia tapoja. Tämä tuo yritykselle selkeää etua tulevaisuutta ajatellen.
[15.]

Toinen opinnäytetyön tekemiseen johtanut ongelma on tilanpuute työmaalla. Element-
tejä on useita valmistuksessa jatkuvasti. Elementtien valmistukseen täytyy aina erik-
seen suunnitella paikka, missä ne eivät ole muiden työvaiheiden tiellä. Elementit vievät
suuren osan työmaan tilasta. Jos elementit saa kustannustehokkaammin tilattua val-
miiksi tehtyinä, työmaalle vapautuisi huomattavasti lisää tilaa. [14.]

1.3 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyön kustannusten vertailun pohjana käytetään Sompasaa-
ren tämänhetki-
sessä urakassa Aallonhalkoja-nimiseen osuuteen jo asennettuja elementtejä. Kyseisiä
elementtejä on valmistettu ja asennettu 31 kappaletta. Kaikki elementit kyseisessä
erässä eivät ole samanlaisia, vaan niitä on yhteensä yhdeksää erilaista. Elementeissä
on melko suuria eroja. Suurin kyseisen erän elementeistä painaa 117 000 kg, kun taas
pienin elementti painaa 33 400 kg. Tuotantovertailussa ei lähdetty avaamaan kustan-

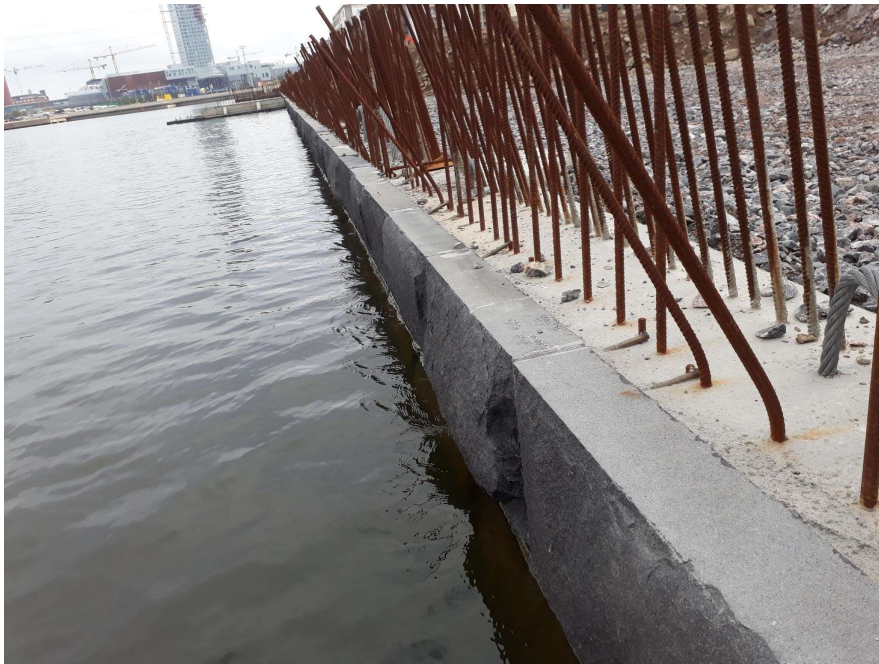
nuksia jokaisen eri elementtityypin mukaan, vaan tuotantokustannuksia tarkastellaan yhtenä 31 elementin eränä. [1.]

Kaikki elementit on tehty paikallavalutöinä työmaalla, joten kaikki tämänhetkiset tuotantokustannukset saadaan avattua kyseisiin töihin liittyvistä laskuista, tuntilistoista sekä kuormakirjoista. Asennushinnat saadaan myös asennuksen toteutuneista kustannuksista.

Kustannustehokkaampien asennustapojen selvittämiseen käytetään yrityksen sisäisiä kontakteja. Työssä hyödynnetään myös muun muassa Kreaten hankintapäällikön kontakteja ulkomaille, joilta selvitetään mahdollisuutta saada elementit tilattua valmiina. Myös vaihtoehtoisia asennustapoja selvitetään. Elementtien tuotantotavan ja tuotantopaikan valinta vaikuttaa oleellisesti myös asennustapaan. Työssä pyritään selvittämään kustannustehokkain ja järkevin tapa, jossa tuotanto sekä asennus ovat molemmat otettu huomioon.

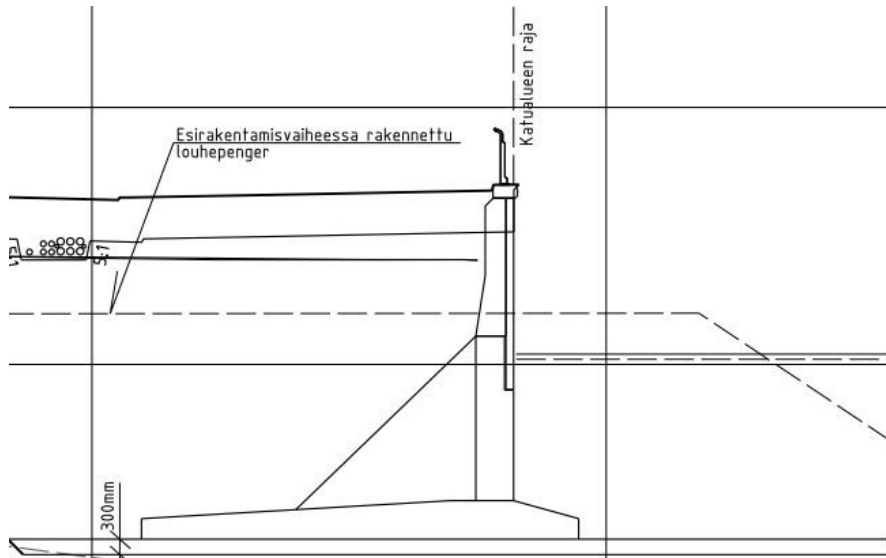
2 Rantamuurielementit

Rantamuurielementit ovat elementtejä, joita asennetaan vesistön rannoille. Rantamuurielementtejä käyttämällä rakennetun ympäristön ja vesistön väliin pystytään tekemään pystysuora rantaviiva, eikä maan reuna rannalta petä tai rantaa tarvitse luiskata pitkältä matkalta sortumisen estämiseksi. Kuvassa 1 näkyy asennettuja elementtejä Sompasaaren työmaalla. Kuvasta näkee, miten mereltä päin elementistä näkyy vain verhouskivi ja takapuolella maan pinta on tasan elementin yläpinnan kanssa. Elementin päällä on tartuntaraudat seuraavissa urakoissa tulevia rakenteita varten. [1.]



Kuva 1. Sompasaaren työmaan rantaviivaa, jossa näkyy jo asennettuja elementtejä. Kuvan ottanut Vertti Eloranta.

Rantamuurielementtien idea perustuu siihen, että osassa elementeistä seinän alla on rannassa päin suuri pohjalaatta, jonka päälle tulee useampi metri maamassoja. Maat pitävät elementin paikoillaan, eikä se pääse notkahtamaan mihinkään suuntaan. Sompasaaren esirakentaminen osa kaksi-urakassa pohjalaatallisia elementtejä on keskimäärin joka toinen. Lähes puolet elementeistä ovat pohjalaatattomia malleja. Pohjalaatattoman elementin molemmille puolille tulee aina pohjalaatallinen elementti, joihin pohjalaataton elementti tukeutuu. Kyseisellä menetelmällä säästetään elementtien tuotannon kustannuksissa. [1; 24.]

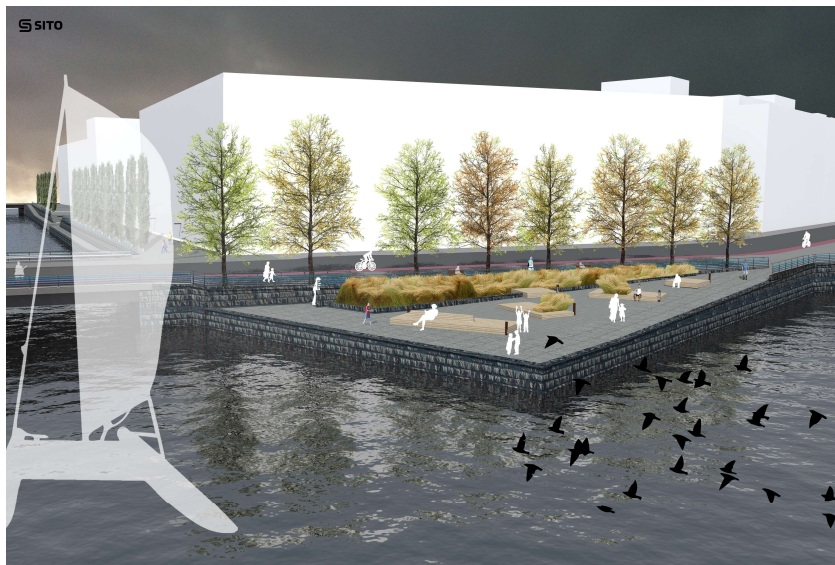


Kuva 2. Rantaviivan poikkileikkaus Sompasaari osa kahden esirakentaminen-urakan suunnitelmista. Poikkileikkauksen vasemmalla puolella täyttötaso näkyy elementin yläpinnassa. Oikealla puolella poikkileikkausta on merta.

Kuvassa 2 on poikkileikkaus Sompasaaren käynnissä olevan urakan suunnitelmista, missä näkee elementin idean. Kuvassa on pohjalaatallinen elementti ja kuvasta näkee tulevat täyttötasot. Kyseisellä Sompasaaren työmaalla elementit ovat noin neljä metriä korkeita, mutta niistä jää meren puolelta näkyviin vain metrin verran yläpinnasta. Niiden näkyville jäävään pintaan, asennetaan graniittinen verhouskivi. Rannan eli rakennetun ympäristön puolelta maan pinta tulee samaan korkoon elementin yläpinnan kanssa. Lähes joka toisessa elementissä on 7,9 metriä pitkä pohjalaatta, joka jää kuuden ja puolen metrin matkalta rannan puolella maan alle. [1.]

3 Tehtyjen elementtien tuotanto ja asennus

Luvussa keskitytään Sompasaaren työmaalla jo valmistettuun ja asennettuun 31 elementin erään, joka toimii pohjatietona sekä vertailukohtana opinnäytetyössä. Elementit ovat Sompasaaren tulevalle Aallonhalkoja-nimisellä alueella. Aallonhalkojalle tulee samanniminen katu sekä Aallonhalkojan aukio. Kuvassa 3 on havainnekuvan siitä, miltä Aallonhalkojan alue tulee tulevaisuudessa näyttämään. Kuvassa näkyy aukion alue, mikä rajautuu mereen rantamuurielementeillä. Elementeistä näkyy ainoastaan yläpinta, joka on verhottu verhouskivellä. [1; 12; 13.]

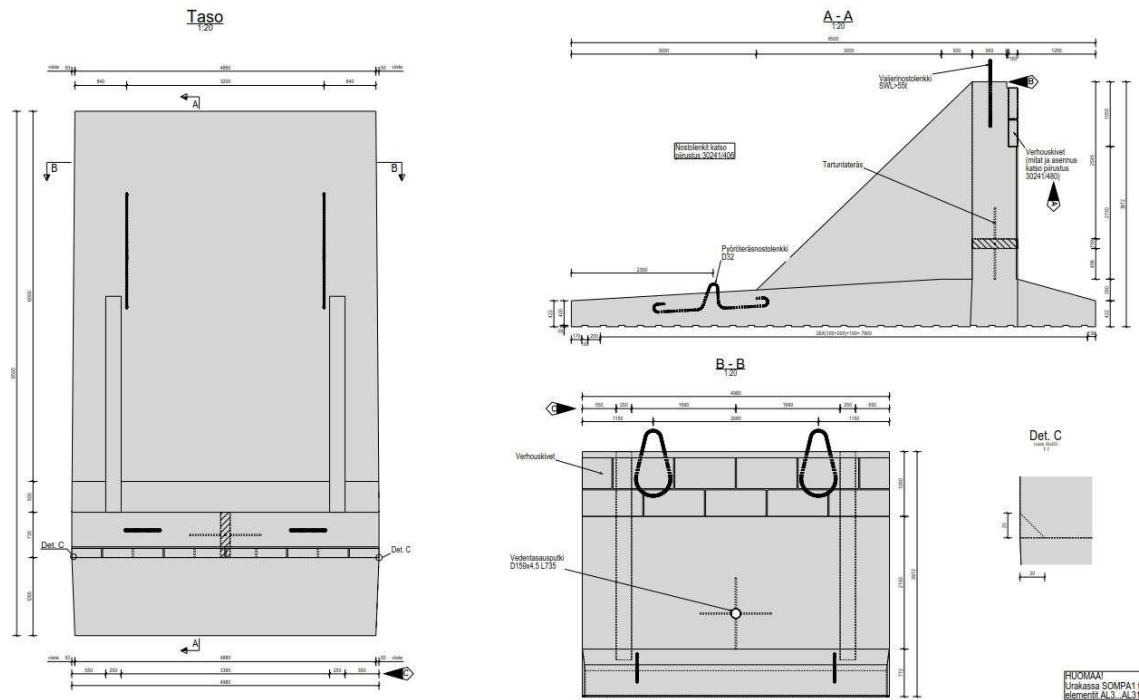


Kuva 3. Helsingin kaupungin verkkosivujen havainnekuva Aallonhalkojan alueesta. [13.]

3.1 Lähtökohdat

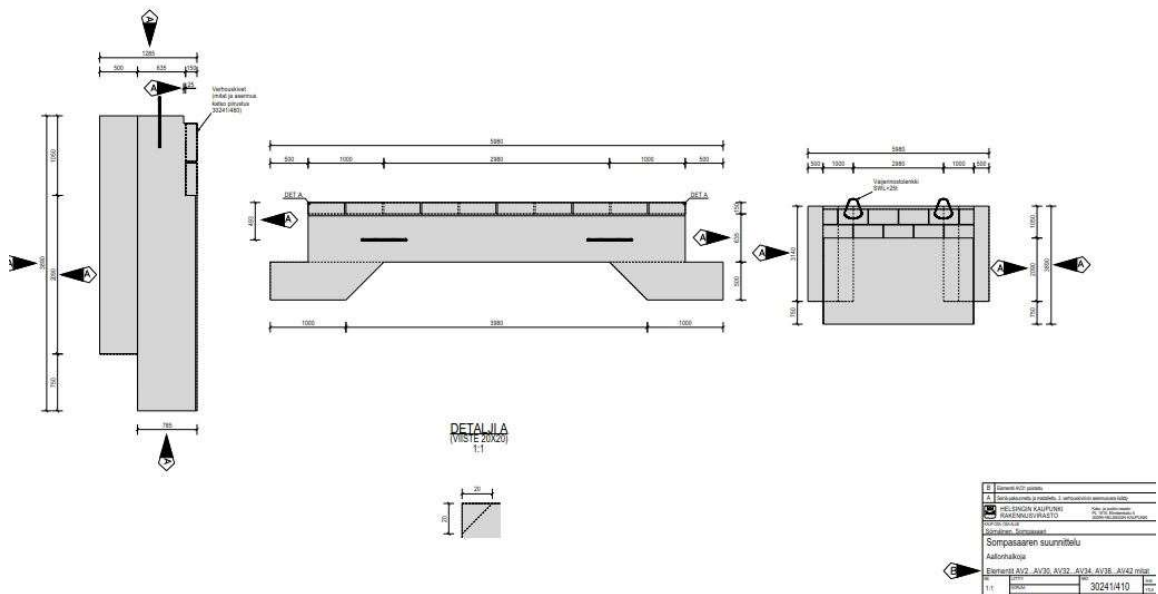
Suurin osa elementeistä on kahta erilaista mallia. Elementit koostuvat pääasiassa suuremmista elementeistä, joissa on massiivinen pohjalaatta, sekä pohjalaatallisten elementtien väliin tulevasta elementistä, jossa kyseistä pohjalaattaa ei ole. Pohjalaataton elementti asennetaan pohjalaatallisten elementtien väliin, joihin se tukeutuu. Perusmallissa siis joka toinen elementti on pohjalaatallinen ja joka toinen pohjalaataton. Perusmallisten elementtien lisäksi on myös useita poikkeuksia, mutta noin 80% urakkaan kuuluvista elementeistä noudattaa kyseisiä perusmalleja. Poikkeuksia ovat joidenkin elementtien väleihin tulevat sovite-elementit, nurkkiin tulevat nurkkaelementit sekä pyssäkielementit. Poikkeavia elementtejä ovat pääasiassa ne, jotka eivät tule suoraan

linjaan. Tarkasteltavassa erässä pohjalaatalliset elementit on nimetty AL-elementeiksi. Ilman pohjalaattaa tehtävät elementit ovat taas AV-elementtejä. Näiden lisäksi tarkasteltavassa erässä on neljä kappaletta pysäkkielementtejä, jotka on nimetty AP-elementeiksi. [1; 14.]



Kuva 4. Pohjalaatallisen AL-elementin mittapiirustus. Kuvankaappaus. [1.]

Kuvassa 4 näkyy pohjalaatallisen rantamuurielementin mittapiirustus. Kyseessä on perusmallinen pohjalaatallinen elementti, joita urakassa on tehty eniten pohjalaatattoman perusmallisen AV-elementin kanssa. Kuva on otettu Sompasaaren esirakentaminen osa kahden suunnitelmista. Elementti on esitetty kuvassa ylhäältä päin, sivulta ja edestä. Kuvan 4 mukaisia AL-elementtejä tarkasteltavassa erässä oli yhteensä 13 kappaletta. [1.]



Kuva 5. Pohjalaatattoman AV-elementin mittapiirustus. Kuvankaappaus. [1.]

Kuvassa 5 on pohjalaatattoman elementin mittapiirustus. Kuvassa elementti on esitetty ylhäältä päin, sivulta sekä edestäpäin. Keskimmäisenä suunnitelmassa mittapiirustuksessa on kuvattu elementtiä ylhäältä päin. Elementin takapinnassa näkyy molemmilla sivuilla ulokkeet, jotka tulevat asennusvaiheessa kiinni AL-elementin seinän takapintaan. Kun elementtien taakse tulee maatäytöt, AV-elementti pysyy paikoillaan kyseisten ulokkeiden ansiosta. Kuvan 5 mukaisia AV-elementtejä tarkasteltavassa erässä oli yhteensä 8 kappaletta. [1.]

Valmiiden elementtien painot oli esitetty urakan suunnitelmissa. Painoja on käytetty hyväksi asennusten sekä siirtojen suunnittelussa. Painoja hyödynnettiin myös opinnäytetyössä tehdyissä tarjouskyselyissä sekä mahdollisen ja kustannustehokkaimman elementtien toimitustavan valinnassa tehtaalta työmaalle. Jokainen elementti on myös nimetty ja numeroitu. AL-elementit tarkoittavat pohjalaatallisia elementtejä ja AV-elementit tarkoittavat pohjalaatattomia elementtejä. Näiden lisäksi tarkastellussa erässä oli myös neljä kappaletta AP-elementtejä. AP-elementit ovat pysäkkielementtejä, jotka tulevat ulokkeina suoraan elementtiliinaan. Kokonaisuudessaan erässä oli 13 kappaletta AV-elementtejä, 14 kappaletta AL-elementtejä sekä 4 kappaletta AP-elementtejä. Taulukossa 1 on esitetty jokaisen tarkasteltavaan erään kuuluneen elementin numero sekä paino. [1.]

Taulukko 1. Työssä tarkasteltavan erän elementtien mallit sekä painot kilogrammoina. Lähde Sompasaaren urakan suunnitelmat.

Elementti/elementit	Elementin paino
AV30, AV32, AV33, AV38, AV39, AV40, AV41 & AV42	46 700 kg
AV31	41 400 kg
AV35	33 400 kg
AV36 & AV 37	35 800 kg
AL32, AL33, AL34, AL35, AL36, AL37, AL38, AL39, AL40, AL41, AL42, AL43 & AL44	96 000 kg
AL45	117 000 kg
AP 13	67 500 kg
AP14	53 000 kg
AP15 & AP16	82 000 kg
Elementtien yhteensä	2 216 200 kg

3.2 Elementtien tuotanto

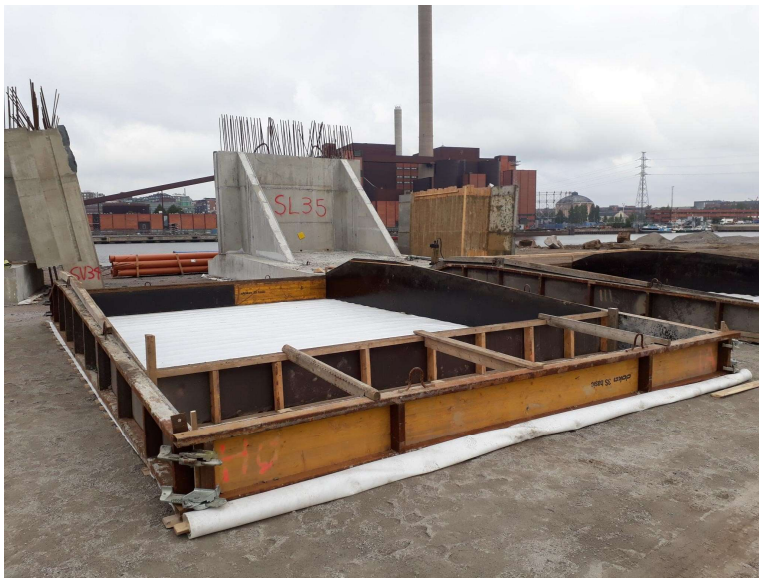
Vertailuna käytetyt elementit Sompasaaren esirakentaminen osa kaksi- urakassa on valmistettu aikavälillä 10.1.-17.5.2018. Elementtien valmistuksen voi jaotella useaan eri päävaiheeseen. Elementtien tuotannon päävaiheet voidaan jaotella elementtien muotin tekoon, raudoitukseen, betonointiin sekä verhoilukiven asennukseen. Elementtien tuotannon toteutuneet kustannukset on saatu Kreate Oy:n työmaan kustannustenhallintaan tarkoitettusta ohjelmasta. Kustannukset on kerätty työmaan ostolaskuista. Kaikki

tuotannon toteutuneet kustannukset on koottu Excel-taulukkoon, joka on tämän työn liite numero 2. [14.]

Tässä kappaleessa on esitelty jo valmistettujen elementtien tuotantoprosessi. Valmistusprosessi on kuvattu perusmallisten AL- ja AV-elementtien mukaan. Perusmallista poikkeavissa elementeissä tuotantoa joudutaan aina hieman soveltamaan. [1; 14.]

3.2.1 AL-elementin pohjalaatta

Pohjalaatan valut koskevat ainoastaan työssä esiteltyjä AL- ja AP-elementtejä. AV-elementeissä ei ole pohjalaattaa. AL-elementtien pohjalaatan pinta-ala on noin 40 m². Elementit on valettu maata vasten. Pohjalaatan valua varten maahan on tasattu kivituhkasta noin 6m x 8m kokoinen alue. Kuvassa 6 on elementin pohjalaatan muotti, joka on asennettu tasatun kivituhkan ja suodatinkankaan päälle. Koska laatta valetaan maata vasten, alustan tulee olla suora ja tasainen. Alustassa saa olla maksimissaan kolmen sentin heittoja. [1; 14.]



Kuva 6. AL-Elementin pohjalaatan muotti. Taustalla valmis elementti. Kuva Vertti Eloranta.

Elementtien pohjalaattojen muottitöissä on käytetty Doka:n suurmuottikalustoa. Muotteja on muokattu niin, että ne ovat elementeille sopivan mittaisia. Muotin teon resursseiksi työmaalla on käytetty kolmea rakennusmiestä sekä Hiab-nostimella varustettua kuorma-autoa. Yhden elementin pohjalaatan muottitöihin kuluu aikaa kyseiseltä työryhmältä noin kaksi tuntia. [14.]

Pohjalaatan raudoitteen tulee olla laatuluokaltaan B500B-luokan rautaa. Raudoitusten paksuudet vaihtelevat 12 mm -25 mm välillä. Elementtien nostolenkit asennetaan myös ennen betonointia. Nostolenkit ovat 32 mm pyöröterästä. Betonipeitteen paksuus raudoituksen ja maan välillä tulee olla vähintään 100 mm ja seinissä vähintään 60 mm. Muotin pohjaa vasten raudoitus on korotettu käyttämällä betonisia pihakiviä. Raudoite on niin painava, että betonikivet kestävät paremmin, kuin muoviset nappulat. Muotin seinistä raudoite erotetaan muovisilla nappuloilla. Pohjalaattaa raudoittaessa asennetaan myös elementin seinän tartunnat. Jokaisen elementin raudoitus tarkastetaan raudoitustarkastuksessa. [1; 14.]

Pohjalaatan betonin tulee olla lujuusluokkaa C35/45-3. Betonin rasitus- ja ympäristövaatimusten tulee täyttää seuraavat vaatimukset; Ro05, R4/XC2 ja XS2. Keskimäärin yhteen pohjalaattaan menee betonia noin 24 kuutiota. Kuvassa 7 näkyy elementin pohjalaatan betonointia. Pohjalaatan valussa käytetty työryhmä on kooltaan kolme rakennusammattimiestä, joilta aikaa yhden laatan betonointiin menee noin tunti. Valun yhteydessä betoni vibrataan huolellisesti, jonka jälkeen betonin pinta hierretään puuhierimillä. Hiertämisen jälkeen betonin pinta on käsitelty jälkihoitoaineella ja suojattu kevytpeitteellä. Kolmen vuorokauden jälkeen valusta muotti on purettavissa. Jokaisesta valusta tehdään betonointipöytäkirja. [1; 14.]



Kuva 7. Elementin pohjalaatan betonointi käynnissä. Kuva Otto Miettinen, Kreate Oy.

3.2.2 AL-elementin seinä

Elementin seinällä tarkoitetaan elementin pystysuoraa osuutta. Elementtien seinän teko lähtee liikkeelle seinän raudoituksesta. Seinissä raudoituksen paksuus vaihtelee 12 mm ja 25mm välillä. Myös seinää raudoittaessa elementtiin asennetaan nostovaijerin. Yhdeltä raudoittajalta menee seinäosan raudoitukseen noin neljä tuntia. Kuvassa 8 on pohjalaatallisia elementtejä, joissa pohjalaatta on valettu ja seinän alaosan raudointi on valmis. Muotin asennuksen jälkeen kyseiset elementit ovat valukunnossa. [1; 14.]



Kuva 8. AL-elementtien seinäraudoituksia. Kuva Otto Miettinen, Kreate Oy.

Raudoituksen jälkeen asennetaan seinäosan muotit. Seinien betonipeitteen paksuuden tulee olla vähintään 60 mm. [1.]

Seinän betonin tulee olla lujuusluokkaa C35/45-3. Betonin tulee olla myös P70-luokkaa. Muita ympäristö- ja rasitusluokan vaatimuksia betonille ovat Ro16, R4/XC4, XS3 sekä XF4. Yhteen seinään betonia menee keskimäärin noin yhdeksän kuutiota. Betonointinopeus seinävaluissa on ollut noin 16 m³ tunnissa, joten yhden seinän valun menee aikaa hieman yli puolituntia. Valun nousunopeus saa olla maksimissaan puoli metriä tunnissa. Valun jälkeen betoni tiivistetään huolellisesti vibraamalla. Seinän yläosa jätetään tässä vaiheessa vielä valamatta verhouksen asennuksen takia. [1; 14.]

3.2.3 AV-elementin seinä

Ensimmäisenä AV-elementin tuotannon alkaessa asennetaan takaseinän muotti. Tämän jälkeen koko elementti raudoitetaan. Maata vasten betonipeitteen paksuuden tulee olla 100 mm ja seiniä vasten 60 mm. Raudoituksen korotukseen maata vasten on käytetty betonilaattoja ja seiniä vasten muovisia nappuloita. AV-elementin raudoitus on hieman hitaampaa kuin AL-elementtien. Yhden AV-elementin raudoitukseen menee kahdelta rakennusmieheltä noin 12 tuntia. Raudoituksen valmistuttua loput muotista asennetaan paikoilleen. [14.]

Muotin valmistuttua elementin seinän alaosa valetaan siihen korkoon, että verhouskivi päästään asentamaan. Seinän betonin tulee olla lujuusluokkaa C35/45-3. Betonin tulee olla myös P70-luokkaa. Muita ympäristö- ja rasitusluokan vaatimuksia betonille ovat Ro16, R4/XC4, XS3 sekä XF4. Yhden elementin valuun menee kahdelta rakennusmieheltä noin kaksi tuntia. Betonoinnin nousunopeus seinän valussa on 0,8-1 m tunnissa [14.]

3.2.4 Verhouskiven asennus

Verhouskivet asennetaan joka tyyppiseen elementtiin samalla tavalla. Verhouskivet pystytään asentamaan, kun seinän alaosan valu on kuivunut. Verhouskiville hitsataan seinän yläosan raudoitukseen harjateräksestä tartuntatapit. Verhouskiviin porataan oikeille kohdille reiät, ja kivet asennetaan niitä varten asennettuihin tartuntatappeihin. Verhouskiven asennuksessa käytetty työryhmä on kooltaan kolme rakennusmiestä. Kivien nostoissa apuna on käytetty Hiab-nostimella varustettua kuorma-autoa. Kyseiseltä työryhmältä menee yhden elementin verhouskivien asennukseen noin kolme tuntia. Verhouskivien asennuksen yhteydessä kivien saumat tukitaan vaahtomuovista valmistetuilla saumamakkarilla. Kun verhouskivet on asennettu ja saumat tukittu, tehdään myös seinän yläosaan muotti. Tämän jälkeen seinän yläosa valetaan. Vaatimukset betonille ovat samat, kuin seinän alaosan valussa. Betonin kuivamisen jälkeen muotti puretaan ja verhouskivet saumataan. Saumauksen jälkeen elementti on valmis asennettavaksi. Kuvassa 9 näkyy lähes valmis pohjalaatallinen elementti, jossa verhouskiveä on asennettuna ja saumattuna. Kuvan elementistä puuttuu verhouskiven sovitekivet sekä seinän yläosan valu. [14.]



Kuva 9. Kuvassa lähes valmis pohjalaatallinen elementti. Kuva Vertti Eloranta.

3.3 Elementtien asennus

Ensimmäisenä työvaiheena elementtien pohjat tehdään veden alle. Pohjat tehdään rannalta käsin pitkäpuomisella kaivinkoneella, jolla mereen nostellaan täyttömaata. Veden päällä proomun kyydissä on toinen kaivinkone, jonka kauhassa on metallipalkki, jolla pohjaa tasataan. Kaivinkoneessa on 3D-laitteet, joiden avulla pohja saadaan oikeaan korkoon. [14.]

Elementit kiinnitetään nostolenkeistä mobiilnosturin ketjuihin. Ensin elementtiä nostetaan hieman ilmaan, ja sen pohjasta poistetaan laudat ja suodatinkangas, jotka estävät maan jäämisen elementin pohjaan. Pohjalaatallinen elementti asennetaan ensin. Kun pohjalaatallinen elementti on paikoillaan, vesityöryhmä ajaa asennuslautan kiinni asennetun elementin kylkeen. Asennuslautassa on kiinni AV-elementin levyinen raudasta valmistettu muottikappale. Kun muottikappale on kiinni jo asennetussa elementissä, saadaan toinen AL-elementti laskettua muottia vasten oikealle etäisyydelle, jolloin AV-elementti saadaan jälkeinpäin laskettua asennettujen elementtien väliin. [14.]

Kun elementti on asennettu paikoilleen, sukeltajat käyvät irrottamassa nosturin ketjut elementtien nostolenkeistä. Elementtien asennuksen työryhmään on kuulunut nosturin

lisäksi kuuden hengen asennusporukka, joka on hoitanut kaikki asennukseen liittyvät työt lukuun ottamatta pohjien tekoa. Elementtien asennukset on tehty elementtikohtaisella urakkahinnalla. Mobiilinosturin kustannuksista on vastannut pääurakoitsija. Liitteessä 3 on avattu elementtien asennukseen liittyvät kustannukset. [14.]

Elementtien asennuksesta on tehty InfraRyl:in ohjeiden mukainen asennussuunnitelma. Elementtien asennukset tulee aina suunnitella etukäteen. Asennussuunnitelmassa tulee olla muun muassa seuraavat asiat; työnjohto, asennuskalusto, elementtien asennusjärjestys ja aikataulu, asennustapa ja asennustoleranssit sekä asennuksen laadunvalvonta. [16.]

3.4 Elementtien nostokalusto

Elementtien siirtelyyn ja nostoihin tarvitaan hyvän nostokyvyn omaavaa kalustoa. Nosturin tulee pystyä nostamaan painavia kuormia myös melko pitkän matkan päähän. Työmaalla elementtien siirtämisessä ja asennuksissa on käytetty tela-alustaista Liebherrin LR 1300 mobiilinosturia. Nosturin maksiminostokyky on 300 tonnia. Ristikko- puomia saa jatkettua sopivan mittaiseksi. Suoralla 50 metriä pitkällä puomilla sekä 57 tonnia painavalla vastapainolla nosturin nostokyky on 12 metrin päähän nosturista vielä 120,3 tonnia. Tämä riittää hyvin elementtien siirtelyyn ja asennukseen. Kuvassa 9 on elementtien asennus käynnissä. Elementti on nostoketjuissa kiinni ja sitä ollaan parhaillaan asentamassa paikoilleen. Nosturin perässä näkyy kiinni olevat vastapainot. [10.]



Kuva 10. Elementtien nostoissa Sompasaaren työmaalla käytetty Liebherr LR 1300 telialustainen mobiilnosturi. Kuva Vertti Eloranta.

Ongelmia elementtien nostoissa on aiheuttanut se, että elementtien painot vaihtelevat hyvin paljon. Suurempia ja painavampia AL-elementtejä nostellessa nosturissa täytyy olla sen perään kiinni tuleva vastapaino. Muuten nosturin nostokyky ei ole riittävä. Kevyempiä AV-elementtejä nostellessa vastapainoa ei taas pysty käyttämään. Vastapainon kanssa nosturin paino tulee liaksi taakse. Koska elementtien painot vaihtelevat elementtien asennuksessa jatkuvasti, myös vastapainoa joudutaan jatkuvasti irrottamaan ja kiinnittämään takaisin paikoilleen. Tämä hidastaa nosturin työskentelyä huomattavasti. [10; 14.]

Toinen elementtien nostoihin ja siirtoihin liittyvä ongelma on massiivisen nosturin hitaus. Etäisyydet työmaalla ovat pitkiä ja nosturi joutuu siirtämään elementit yksi kerrallaan. Nosturin liikkumisnopeus on ainoastaan 1,30 km/h. Nosturi painaa itsessään 41 800 kg. Nosturin paino aiheuttaa maanpohjaan 1,45 kg paineen neliösenttimetrin koiselle alueelle. Alueen, jolla nosturi liikkuu, tulee siis olla hyvin kantavaa maata. [10.]

4 Kustannustehokkaammat tuotantotavat

Elementtien tuotannon vaihtoehtoisena kustannustehokkaampana tapana on käsitelty elementtien tilaamista elementtitehtaalta. Elementtien tuotannon hintoja on selvitetty suomalaisilta sekä ulkomaalaisilta betonielementtitehtailta. Oman ongelmansa elementtien tilaamiseen tuo elementin yläpintaan tuleva verhouskivi, jonka täytyy olla suomalaista graniittia. [1.]

Urakan rakennesuunnittelijalta on myös selvitetty mahdollisuutta elementtien koon pienentämiselle. Kappaleessa on käsitelty myös elementtien kuljetuksia elementtitehtaalta työmaalle. Elementtien koon pienentämisellä kuljetuksista saataisiin helpompia toteuttaa ainakin maanteitse rahtaamalla. [21; 22.]

4.1 Suomalaiselta elementtitehtaalta tilaaminen

Jo lähtökohtaisesti vaihtoehtona elementtien tilaaminen suomalaiselta elementtitehtaalta on haastava. Haasteen asiaan tekee elementtien kuljetukset työmaalle. Pääasiassa myös lähes aina työmaalla elementin valaminen itse on kustannustehokkaampaa kuin tilaaminen elementtitehtaalta. [15.]

Suomalaiselta elementtitehtaalta saatu hinta yhdistettynä elementtien kalliisiin erikoiskuljetuksiin tehtaalta työmaalle osoittautui kalliiksi vaihtoehdoksi. Myös elementtien verhouskiven asennuksen mahdollisuutta tehtaalla kysyttiin. Verhouskiven ehjänä pysymistä elementin muotista nostamisen yhteydessä pidettiin epävarmana. Todennäköisin vaihtoehto olisi, että verhouskivi jouduttaisiin asentamaan vielä erikseen jälkepäin työmaalla. Myös tämä lisää vaihtoehdon kustannuksia. Elementtien tuotanto työmaalla on ainakin saatujen tarjousten perusteella huomattavasti kustannustehokkaampi vaihtoehto, kuin tuotannon ulkoistaminen suomalaiselle elementtitehtaalte. [21; 25.]

4.2 Elementtien tilaaminen ulkomailta

Yksi vaihtoehtoinen menetelmä elementtien tuotannolle on niiden tilaaminen ulkomailta elementtitehtailta. Työn kustannusvertailun pohjana olevasta 31 elementin erästä lähetettiin tarjouspyynnöt kolmeen virolaiseen, kahteen puolalaiseen sekä yhteen lat-

vialaiseen elementtitehtaaseen. Jos elementit tilataan ulkomaiselta elementtitehtaalta, kustannuksiin tulevat vaikuttamaan merkittävästi myös elementtien rahdit ja tuontitapa suomeen. Tässä tapauksessa elementtien toimitustapa tulee vaikuttamaan myös kustannustehokkaimpaan asennustapaan. Potentiaalisiin vaihtoehtoihin ulkomailta tilattaessa olisi tilata suuri erä elementtejä kerralla, joka kuljetettaisiin meriteitse proomulla suomeen. Elementtien suuren koon ja painon takia muut kuljetusvaihtoehdot ovat miltei poissuljettuja. [15.]

Haasteen elementtien tilaamiselle ulkomailta tekee myös elementtien yläpintaan tuleva verhouskivi. Suunnitelmissa on määritetty, että verhouskivenä tulee käyttää suomalaista graniittikiveä. Sompasaaren esirakentaminen osa kahden valmistetuissa elementeissä verhouskivenä on käytetty Korpilahden mustaa graniittia. Verhouskiveä on useaa eri kokoista ja niissä on tietty ennalta määrätty asennusmalli. Verhouskivien etupinta on lohkottu ja sivut sahattu. Tämä tarkoittaa sitä, että kiven sivut ovat sahattu mittatarkasti oikean kokoisiksi ja etupinta on lohkottu. Esimerkkinä käytettävässä työmaalla tehdyssä erässä verhouskiveä kyseisiin elementteihin tuli kokonaisuudessaan noin 150 neliötä. Korpilahden mustan graniittikiven paino on 2840 kg/m^3 . Verhouskivien kuutiolla ja graniitin kuutiopainolla laskettuna tämä erä kiviä on painanut noin 64 000 kilogrammaa. Se tarkoittaa noin kolmea rekkakuormallista. [1; 8; 15.]

Vaihtoja verhouskiviasennuksille on kaksi. Toinen vaihtoehto on tilata kivet suomalaiselta kivitoimittajalta ja kuljettaa ne täältä ulkomaalaiselle elementtitehtaalle, jossa verhouskivet kiinnitetään elementtien teon yhteydessä. Näin toimittaessa verhouskivien rahtaaminen ulkomaille tulee vaikuttamaan tuotantokustannusten hintaan. Toinen vaihtoehto on tilata elementit niin, että elementin yläpintaan jätetään betonitehtaalla hylly, johon verhouskivi voidaan kiinnittää jälkeinpäin. Näin tehtäessä elementit voidaan toimittaa suomeen ja verhouskivi asentaa vasta työmaalla, jolloin kivien rahtaamiselta ulkomaille vältyttäisiin. Jälkimmäisellä vaihtoehdolla tehtäessä elementit jouduttaisiin työmaalla purkamaan paikkaan, jossa kivet saadaan asennettua paikoilleen. Kyseinen toimenpide vaikuttaa myös huomattavasti tuotannon kustannustehokkuuteen. Elementtien nosteluun ja siirtelyyn tarvitaan massiivista nosturia ja kyseinen työ on hidasta sekä kallista. Tämä vaihtoehto estää myös sen, että elementtejä tuotaisiin vesiteitse proomulla suuri määrä kerrallaan ja elementit asennettaisiin suoraan proomun päältä, ilman että niitä täytyisi välillä nostaa rantaan. [14; 15.]

Elementtien betonilaatu on tarkkaan määritelty. Myös betonin laadunvarmistusta koskevat testit on tarkasti määritelty työn vaatimuksissa. Ulkomaiset betonin standardit saattavat vaihdella maittain. Myös laadunvarmistustoimenpiteiden toimivuus sekä betonin laatu ovat ulkomailta tilattaessa asioita, jotka täytyy ottaa huomioon.

Ulkomaalaisia betonitehtaita pyydettiin ottamaan tarjouksissaan huomioon, että hinta pyydetään samojen 31 elementin mukaan jotka työmaalla on tehty, mutta todellinen tilattava määrä tulisi olemaan noin sadan elementin luokkaa. Tarjouspyynnössä kyseisten elementtien kerrottiin olevan perusmallisia, ja myös suuremmassa erässä kaikki elementit olisivat melkein samanlaisia. Kun tehtaalta saadaan hinta jo valmistetuille elementeille, vertailukohta toteutuneisiin tuotantokustannuksiin on hyvä ja luotettava. [1; 14; 15.]

Ulkomaalaisia vaihtoehtoja kartoittaessa apua asiaan saatiin Kreate Oy:n hankintapäälliköltä. Hänellä on vankka kokemus hankinnoista ulkomailta ja hänellä on mittavat kontaktiverkostot muun muassa Baltian maihin. Liitteessä 1 on sähköpostiviesti, joka lähetettiin ulkomaalaisille betonielementtitehtaille. Sähköpostiviesti on laadittu yhdessä Kreate Oy:n hankintapäällikön kanssa. [15.]

4.2.1 Virolaiset elementtitehtaat

Tarjouspyyntö elementeistä lähetettiin kolmeen Virolaiseen elementtitehtaaseen. Tehtaat, joista tarjousta elementtien valmistuksesta pyydettiin, olivat Lasbet Tootmine AS, AS Muuga Betonelement sekä OÜ TMB Element.

Lasbet Tootmine AS on osakeyhtiö, jonka päätoimialaa ovat teräsbetonielementtien valmistus sekä toteutus. Yrityksen betonielementtitehdas sijaitsee Tallinnassa Virossa. Yritys on yksi koko Viron isoimmista teräsbetonituotteiden valmistajista. Tehdas sijaitsee ainoastaan noin kuuden kilometrin päässä Tallinnan satamasta, joten logistisilta yhteyksiltään sijainti on erinomainen. [2; 9.]

AS Muuga Betonelement on AS Ehitusfirma Rand & Tuulberg and Astlanda Ehitus OÜ -nimisen yrityksen tytäryhtiö, joka perustettiin vuonna 2006. Yrityksen toimialaa ovat raudoitettujen betonielementtien valmistus. Yrityksen elementtien valmistusteollisuutta mainostetaan hyvin modernina. Yrityksen tavoitteena on laajentua yhdeksi pohjoismaiden johtavista betonivalmistajista. Yritys on toimittanut betonielementtejä moniin

kerrostalokohteisiin suomeen. Tehdas sijaitsee Harjumaan maakunnassa Virossa. Tallinnan keskustaan tehtaalta on noin 20 kilometrin matka ja Tallinnan satamaan matkaa on noin 22 kilometrin matka. Tehdas sijaitsee meren rannalla. [3; 9.]

OÜ TMB Element on toimintansa vuonna 1961 aloittanut betonielementtien valmistukseen erikoistunut yritys. Yhtiön betonielementtitehdas sijaitsee Virossa Tartun kaupungissa. Tallinnaan matkaa tehtaalta on noin 185 kilometriä. Tehdas sijaitsee sisämaassa, joten logistisilta yhteyksiltään meriteitse kuljetusta ajatellen sijainti on huonompi kuin muiden Virolaisten tehtaiden. Yhtiön tuotantokapasiteetti on noin 60 000 kuutiota betonielementtejä vuodessa. Vuonna 2017 yhtiön liikevaihto oli 27 miljoonaa euroa. Yhtiöllä on myös suomalainen FI-sertifikaatti. Yhtiö kuuluu TMB Groupiin yhdessä Latvialaisen SIA TMB Elementsin, Suomalaisen Betonimestarit Oy:n sekä Ruotsalaisen Bygg Element Sverige AB:n kanssa. [4; 9.]

4.2.2 Puolalaiset elementtitehtaat

Elementeistä kysyttiin tarjousta kahdelta puolalaiselta elementtitehtaalta. Yritykset, joihin kyselyt laitettiin, olivat Pekabex BET S.A. sekä Reckli Poland.

Pekabex BET S.A. on yksi Puolan johtavista toimijoista betonielementtien valmistajana. Yrityksellä on toimintaa myös Saksassa sekä Skandinavian maissa. Pekabexillä on useampia tehtaita Puolassa. Yksi tehtaista sijaitsee Gdanskin kaupungissa Puolan pohjoisosissa. Kaupunki sijaitsee Itämeren rannalla, joten kaupunki on logistisilta yhteyksiltään hyvällä sijainnilla. Kaupungissa on myös kaksi satamaa, joista uusi satama on telakoiden ja teollisuuden keskus. [5; 9.]

Reckli on suuri kansainvälinen yhtiö. Yhtiö toimii tällä hetkellä 65 maassa. Yhtiön Puolan toimipiste sekä betonitehdas löytyy Krakovasta [6; 9.]

4.2.3 Latvialaiset elementtitehtaat

Tarjouspyyntö elementeistä lähetettiin yhteen latvialaiseen yritykseen. Kyseinen yritys on nimeltään Skonto Prefab SIA. Heidän betonielementtitehtaansa sijaitsee Riikassa. Tehdas sijaitsee lähellä meren rantaa ja olisi logistisilta yhteyksiltään sopivan matkan päässä, jos kuljetus elementeille toteutettaisiin mereltä käsin. [7.]

4.3 Elementtien koon pienentäminen

Elementtien koon pienentäminen olisi etenkin elementtien rahteja ajatellen tuotantoa helpottava asia. Jos elementtien kokoa pystyisi pienentämään esimerkiksi puoleen, rahdeista tulisi huomattavasti helpompia. Monilla elementtitehtailla myös työssä tarvittavien nostureiden nostokapasiteetti ei riitä nykyisten elementtien nostoihin ja siirtoihin.

Elementtien koon pienentämisen mahdollisuutta kysyttiin Sompasaaren esirakentaminen osa kaksi- urakan rakennesuunnittelijalta. Elementtejä olisi mahdollista pienentää leveyssuunnassa. Kyseinen koon muutos täytyisi tässä tapauksessa hyväksyttäväksi työn tilaajalla. Muokkauksen johdosta elementit täytyisi myös suunnitella uudestaan. Suunnitelmien tekemisestä aiheutuvat kustannukset tulisivat urakoitsijan maksettavaksi. Suoran linjan uudelleen suunnittelu olisi kuitenkin rakennesuunnittelijan mukaan helppoa. Nykyisen urakan rantamurielementeistä suurin osa on suoraa linjaa. Ongelmia elementtien koon pienentäminen taas aiheuttaisi elementtilinjassa olevien mutkien ja ulokkeiden suunnittelussa. Myös verhouskivien suunnittelu elementteihin täytyy toteuttaa niin, että asennuksen jälkeen saumojen tulisi näyttää yhtenäisiltä. Verhouskivien koot on suunniteltu tämän mukaan. Saumojen sovittaminen on toinen asia, josta aiheutuisi ongelmia uudelleen suunnittelussa. [1; 24.]

Elementit voisi puolittamaan, mikä tekisi niistä puolet kevyempiä. Jos elementtien paino tippuisi niin paljon, se mahdollistaisi pienemmän asennuskaluston käytön. Suuri nosturi vähentää urakan kustannustehokkuutta ja se on hidas liikkeissään. Jos nosturin kokoa saataisiin merkittävästi pienennettyä, voisi kahden asennusporukan käyttö samaan aikaan olla myös mahdollista ja kustannustehokkaampaa. Elementtien puolitus tarkoittaisi myös sitä, että elementtejä täytyisi asentaa puolet enemmän kuin nykyisessä urakassa. Samaa asennusryhmää käyttämällä elementtien asennusnopeuden täytyisi kokomuutoksen myötä tuplaantua, että pysyttäisiin nykyisessä aikataulussa asennusten kanssa. [24.]

Jos urakoitsija pääsisi vaikuttamaan tuleviin suunnitelmiin jo siinä vaiheessa, kun tilaaja valmistelee tarjouspyyntöä urakasta, elementtien koon pienentämisestä aiheutuvat suunnittelukustannukset menisivät tilaajalle. Tarjouspyyntöön liittyvien suunnitelmien julkistamisen jälkeen suunnitelmien muokkaaminen tulisi urakoitsijan maksettavaksi. Elementtien koon pienentäminen kannattaisi siis ottaa puheeksi jo ennen tarjouspyynnön jättämistä. [24.]

4.4 Elementtien kuljetukset

Elementit ovat suuri kokoisia ja niitä tarvitaan kerralla suuria määriä. Asennustahti rantamuurielementeille Sompasaaren esirakentaminen 2-vaiheen urakassa on ollut keskimäärin neljä elementtiä päivässä. Elementtejä pitäisi näin ollen olla useampia työmaalla, kun asennusta aloitetaan. [14.]

Liitteessä 4 on taulukko, johon on eritelty elementtien painot sekä niiden mitat. Taulukkoa on käytetty hyväksi kuljetuksia suunniteltaessa ja kuljetusten tarjouspyyntöjä kysellessä. Elementtien painon ja suuren koon takia kuljetukset ovat hyvin merkittävässä osassa siinä, mistä elementit saadaan kustannustehokkaimmin hankittua työmaalle.

4.4.1 Rahti maanteitse

Elementtien rahtaaminen maanteitse on lähtökohtaisesti hyvin haastava vaihtoehto. Elementtien toimitukset täytyisi niiden suuren koon ja painon takia tehdä erikoiskuljetuksina. Erikoiskuljetuksia ovat tavaran kuljetukset, jotka ylittävät normaaliliikenteelle sallitut mitta- ja massarajat. Erikoiskuljetusten reitti tulee aina suunnitella hyvin etukäteen ja kaikki erikoiskuljetukset tulee hyväksyttävä ELY-keskuksella. Pirkanmaan ELY-keskus myöntää kaikki erikoiskuljetuksien luvat Suomessa Ahvenanmaata lukuun ottamatta. [22.]

Elementtien siirroista pyydettiin tarjousta AT Special Transport Oy Ab:lta. Mahdolliset paikat, joista elementit tultaisiin siirtämään Sompasaaren työmaalle, olivat Rudus Oy:n betonielementtitehtaat Nurmijärvellä tai Kurikassa. Mitä pidempi matka täytyy suunnitella, sitä hankalampaa erikoiskuljetuksen toteuttaminen on. Reittiä suunniteltaessa täytyy ottaa huomioon muun muassa jokainen matkalla oleva silta sekä tunneli. Kuljetuksen paino ei saa ylittää sillan painorajaa. Lastin mitat eivät myöskään voi olla liian suuria matkalla olevaan tunneliin. [21; 22.]

4.4.2 Rahti meriteitse

Jos elementit päädytään tilaamaan ulkomailta, kustannustehokkaimpana rahtitapana pidettiin lähtökohtaisesti niiden hinaamista proomulla meriteitse. Proomut ovat suuria ja omaavat hyvän kantavuuden. Proomulla hinaaminen mahdollistaisi todella suuren ele-

menttierän tuomisen yhdellä kertaa. Sompasaaren työmaa sijaitsee meren rannalla. Elementit pitäisi saada hinattua proomulla suoraan työmaalle. Myös elementtitehtaan sijainnilla, josta elementit tuotaisiin, on merkitystä. Elementtien rahti maanteitse on ongelma myös ulkomailla. Jos elementtitehdas sijaitsee meren rannalla ja elementit saadaan lastattua tehtaalta helposti proomun kyytiin, on toimitus meriteitse erinomainen vaihtoehto. Todennäköisesti elementit jouduttaisiin kuitenkin rahtaamaan ensin tehtaalta satamaan, jossa tarvittaisiin suurta nosturia elementtien saamiseksi proomun kyytiin. Myös tämä asia täytyy ottaa kustannuksia laskiessa huomioon. [15; 18; 19; 20.]

Tarjouspyyntöjä elementtien rahdeista meriteitse pyydettiin neljältä yritykseltä. Kyseiset yritykset olivat Boskalis Terramare, Alfons Håkans, Rauma Cata Oy sekä Tallship OÜ. Rahti meriteitse osoittautui myös hyvin kalliiksi vaihtoehdoksi. Kuljetettava matka lisää luonnollisesti myös rahdin hintaa. Hinaukselle pyydettiin hintaa Tallinnasta, Riikasta sekä Gdanskista. Tallinnasta on lyhin matka Helsinkiin, joten kuljetuksen hinta sieltä oli halvin. Kauimmaisena sijaitsevasta Gdanskista hinauksen hinta oli keskimäärin kaksinkertainen Tallinnaan verrattuna. [18; 19; 20.]



Kuva 11. Proomu, jolla elementit voitaisiin hinata meriteitse työmaalle. Kuvan lähde Rauma Cata Oy:n verkkosivut. [17.]

Saatuihin tarjouksiin sisältyi proomu sekä hinaaja, joka vetää lastin mukanaan. Kuvassa 10 näkyvä proomu olisi yksi vaihtoehto elementtien kuljetukselle. Kyseisen proomun maksimikantavuus on 5 300 tonnia ja sen kannen pinta-ala on noin 1600 m². Kuvan mukaisella proomulla saataisiin kerralla tuotua monta kymmentä elementtiä. [1; 17; 19.]

5 Kustannustehokkaammat asennustavat

Elementtien tuotantotapa vaikuttaa myös asennustavan valintaan. Asennustavan kustannustehokkuus on siis hyvin paljon kiinni siitä, missä elementtien tuotanto tehdään. Suuret mobiilnosturit ovat liikkeissään erittäin hitaita ja kustannuksiltaan kalliita. Elementtien siirtely paikasta toiseen työmaan sisällä täytyy pyrkiä pitämään mahdollisimman vähäisenä kustannustehokkuuden saavuttamiseksi. [10; 14.]

Jos elementit tuodaan työmaalle proomulla meriteitse, lähtökohtaisesti niitä ei kannata nostaa välissä rantaan. Elementtejä pitäisi tuoda proomulla suuri määrä kerralla, ja lastin purkaminen rantaan mobiilnosturilla olisi todella hidasta ja elementtejä täytyisi pystyä siirtelemään mahdollisesti pitkiä matkoja purkupaikalta asennuskohteeseen. Tässä tapauksessa elementtien asennus mereltä käsin olisi paras vaihtoehto. Mereltä käsin asentaessa elementit voisi pitää ankkuroidun proomun kyydissä, josta ne pystytäisiin asentamaan suoraan proomun päältä yksitellen. Tämän vaihtoehdon kustannustehokkuutta taas huonontaa proomun kallis vuokrahinta. Elementtejä saataisiin tuotua kerralla noin 50-100 kappaleen erä. Jos elementtien asennusvauhti pysyisi samana myös mereltä käsin asentaessa, proomun täytyisi seisoa useampi viikko. Tästä aiheutuvat vuokratulot huonontavat menetelmän kustannustehokkuutta huomattavasti. [1; 10; 14; 18; 19; 20.]

Jos elementit tuotetaan jatkossakin työmaalla tai ne tuodaan työmaalle maanteitä pitkin, nykyiseen asennustapaan on vaikea saada lisää kustannustehokkuutta. Nykyisen asennusryhmän kokoonpanosta on vaikea tehdä kustannustehokkaampaa. Muun muassa vedenalaiset työt ovat kalliita, mutta niistä ei pystytä luopumaan työn tekemisessä. Elementtien nostolenkit täytyy käydä irrottamassa veden alla, eikä kyseistä työtä voi tehdä muuten kuin sukeltajaa käyttämällä. [14; 23.]

6 Lopputulokset

Tutkimuksen lopputulokseksi voidaan todeta, että suunnitelmissa esitettyjen elementtien koon ja painon takia kustannustehokkain tapa niiden tuotannolle on paikallavaluna tekeminen työmaalla. Elementtien asennustapa kulkee myös hyvin pitkälti käsi kädessä elementtien tuotantotavan kanssa. Jos elementit tehdään jatkossa samalla menetelmällä työmaalla, asennuksen kustannustehokkuutta ei saada ainakaan merkittävästi parannettua.

Elementit osoittautuivat liian suuriksi lähes jokaiselle elementtitehtaalle, joilta niiden valmistusta kysyttiin. Tehtaiden nosturin ovat liian pieniä näin raskaiden elementtien siirtelyyn ja nostoihin. Tästä johtuen elementtien tuotannon ulkoistaminen ei osoittautunut mahdolliseksi vaihtoehdoksi ainakaan nykyisen kokoisilla elementeillä.

Elementtien koon pienentäminen osoittautui työn perusteella potentiaalisimmaksi ratkaisuksi tuotannon kustannustehokkuuden lisäämiseksi. Vaihtoehdon kustannuksia lisää kuitenkin elementtien uudelleen suunnittelu. Elementtien koon muutos täytyisi myös hyväksyttää työn tilaajalla, ennen kuin sitä voi lähteä viemään eteenpäin. Koon pienentämisellä ainakin elementtien rahdeista tulisi helpompia. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että tuotannosta tulisi välttämättä kustannustehokkaampaa. Jos elementtien koko esimerkiksi puolitettaisiin, asennusvauhdin pitäisi tuplaantua, että pysyttäisiin nykyisessä aikataulussa. Elementtien koon pienentäminen voisi kuitenkin mahdollistaa kahden asennusporukan käyttämisen kustannustehokkaasti.

7 Yhteenveto

Tutkimuksella ei löydetty tapoja, joilla kustannustehokkuutta olisi merkittävästi pystytty parantamaan. Lähtökohtaisesti hyviltä vaikuttaneet tavat ja ideat osoittautuivat ajateltua haastavimmiksi ja kalliimmiksi. Yksittäisiä työvaiheita ja aliurakoitsijoita voitaisiin kilpailuttaa ja sillä saada mahdollisesti säästöjä, mutta kyseiset asiat eivät vaikuta siihen, että koko tuotanto- ja asennusprosessi kannattaisi toteuttaa eri tavalla.

Elementtien tuotantoon liittyviä kustannuksia voitaisiin pyrkiä pienentämään kilpailuttamalla niihin käytettyjä materiaaleja myös ulkomaisilla toimittajilla. Esimerkiksi raudotukset voisi saada ulkomailta tilaamalla halvemmalla. Tällä saataisiin nykyistä tapaa hieman kustannustehokkaammaksi.

Tutkimuksella saatiin myös aikaiseksi tarkat laskennat siitä, mitä elementtien tuotanto on yritykselle maksanut ja mistä kustannukset ovat syntyneet. Myös tämä laskenta voi osoittautua yritykselle hyödylliseksi. Laskennasta pystytään myös tarkastelemaan jokaisen työvaiheen kustannuksia. Tämä auttaa yksittäisen työvaiheen kilpailutuksessa.

Työn tekemisessä saatiin paljon apua Sompasaaren esirakentaminen osa kahden työmaan sekä yrityksen toimihenkilöiltä. Selvityksen lopputulokset ovat yrityksen kannalta hyödyllisiä tulevia urakoita ajatellen.

Lähteet

- 1 Sompasaaren esirakentamisen osa kahden suunnitelmat.
- 2 Lasbet Tootmine AS. Yrityksen verkkosivut. Luettu 16.10.2018. www.lasbet.ee.
- 3 AS Muuga Betoonelement. Yrityksen verkkosivut. Luettu 16.10.2018. www.mbe.ee.
- 4 OÜ TMB Element. Yrityksen verkkosivut. Luettu 16.10.2018. www.tmbelement.ee.
- 5 Pekabex BET S.A. Yrityksen verkkosivut. Luettu 16.10.2018. www.pekabex.pl.
- 6 Reckli. Yrityksen verkkosivut. Luettu 16.10.2018 www.reckli.com.
- 7 Skonto Prefab SIA. Yrityksen verkkosivut. Luettu 28.9.2018. www.skontoprefab.lv.
- 8 Korpilahden mustan graniittikiven tekniset tiedot. Kiviteollisuusliitto Ry:n www-sivut. Luettu 22.10.2018. <https://www.suomalainenkivi.fi/suomalaiset-luonnonkivet/korpi-black-suomen-kivivalmiste/>
- 9 Google Maps- karttapalvelu. www.google.com/maps.
- 10 Liebherr LR 1300 nosturin tekniset tiedot. Luettu 23.10.2018. <https://www.liebherr.com/en/cze/products/mobile-and-crawler-cranes/crawler-cranes/lr-crawler-cranes/details/lr1300.html>
- 11 Kreate Oy:n verkkosivut. Luettu 26.9.2018. www.kreate.fi.
- 12 Helsingin kaupungin katusuunnitelman selostus Sompasaaren Aallonhalkojan alueesta. Luettu 24.10.2018. https://www.hel.fi/static/hkr/nahtavilla/300615/aallonhalkoja_s.pdf.
- 13 Havainnekuva Aallonhalkojan alueesta Helsingin kaupungin verkkosivuilta. Luettu 24.10.2018. <https://www.hel.fi/static/hkr/nahtavilla/300615/aallonhalkoja.jpg>.
- 14 Sompasaaren työmaan Kreate Oy:n työnjohdon haastattelut.
- 15 Kreate Oy:n hankintapäällikön haastattelut.

- 16 InfraRyl 2006 osa kolme: sillat ja rakennustekniset osat. RT-kortti 14-10920. Luettu 17.10.2018.
- 17 Rauma Cata Oy. Yrityksen verkkosivut. Luettu 29.9.2018. www.raumacata.fi.
- 18 Sähköpostikeskustelu 31.10.-5.11.2018 Terramare Boskaliuksen edustajan kanssa koskien elementtien kuljetuksia meriteitse.
- 19 Sähköpostikeskustelu 1.-5.11.2018 Rauma Cata Oy:n edustajan kanssa koskien elementtien kuljetuksia meriteitse.
- 20 Sähköpostikeskustelu 1.-5.11.2018 Alfons Håkansin edustajan kanssa koskien elementtien kuljetuksia meriteitse.
- 21 Sähköpostikeskustelu 2.-9.11.2018 At Special Transportin edustajan kanssa koskien elementtien kuljetuksia maanteitse.
- 22 ELY-Keskuksen ohjeet erikoiskuljetuksista. ELY-keskuksen verkkosivut. Luettu 24.10.2018. www.ely-keskus.fi/web/ely/erikoiskuljetukset.
- 23 Kreate Oy:n työmaan kustannustenseurannan ohjelma.
- 24 Sompasaaren esirakentaminen osa kahden rakennesuunnittelijan haastattelu. Puhelinhaastattelu 7.11.2018.
- 25 Sähköpostikeskustelu 31.10.-7.11.2018 Rudus Oy:n edustajan kanssa koskien tarjouspyyntöä rantamuurielementeistä.

Ulkomaalaisille betonielementtivalmistajille lähetetty tarjouspyyntö

Tämä sähköposti lähetettiin seitsemälle ulkomaalaiselle betonielementtivalmistajalle. Sähköpostin tarkoitus oli saada kustannusvertailuun hintoja, mitä elementtien tuotanto ulkomailla maksaisi. Sähköpostiviesti on laadittu yhteistyössä Kreate Oy:n hankintapäällikkö kanssa.

Vertti Eloranta

Lähettäjä: Vertti Eloranta
Lähetetty: maanantai 8. lokakuuta 2018 18.43
Vastaanottaja: 'sales@skontoprefab.lv'
Aihe: INQUIRY - CONCRETE ELEMENTS

Dear Sirs!

Kreate Oy is fast growing and innovative Infrastructure building construction company operating in Finland.

We are considering the benefits of large factory casted concrete elements compared to on-site casted concrete elements. Phase number 1 was executed with on-site casted elements and phase number 2 will start soon.

Therefore, we would like to have Your best offer for elements.

Details:

Total quantity is about 100 pcs. Attached You can find drawings for 31 most typical elements. You shall offer to us. Please note that contract will be signed for total amount so take it into account while making the offer calculation.

Element numbers and weights:

AV30, AV32, AV33, AV34, AV38, AV39, AV40, AV41 & AV42 (46 700 kg).

AV31 (41400 kg).

AV35 (33 400 kg).

AV36 & AV37 (35 800 kg)

AL32, AL33, AL34, AL35, AL36, AL37, AL38, AL39, AL40, AL41, AL42, AL43 & AL44 (96 000 kg).

AL45 (117 000 kg).

AP13 (67 500 kg)

AP14 (53 000 kg)

AP15 & AP16 (82 000 kg)

Please give us price separately for concrete elements and granite stone installation. Granite stone must be from Finland, so we will deliver the stones to your factory.

Delivery: FCA Your factory. We will transport the elements with barge to Finland.

Offer to be received 26.10.2018.

Delivery time: Spring 2019.

You can download the drawings from here: <https://we.tl/t-p2uiZRnnjW>

Look forward to receiving Your best offer soonest. It will be excellent opportunity to start co-operation with one of the quickest growing Finnish Infrastructure construction company!

Please inform us ASAP if You are going to or not prepare us an offer.

Ystävällisin terveisin

Vertti Eloranta

Elementtien tuotannon toteutuneet kustannukset

Taulukossa on avattu työmaalla valmistettujen elementtien toteutuneisiin kustannuksiin vaikuttaneet resurssit. Kustannusten avaamiseen on käytetty Kreate Oy:llä työmaan kustannusten seurantaan tarkoitettua ohjelmaa. Ohjelmasta on saatu kaikki työmaan ostolaskut, joista on pystytty kasaamaan ja erittelemään työssä tarkasteltavien elementtien tuotantoon liittyvät kustannukset. Taulukosta on poistettu yrityksen hinnat ja toteutunut loppusumma.

Elementtien tuotannon toteutuneet kustannukset

Elementtien valmistuksen toteutuneet kustannukset on laskettu 31

Aallonhalkojaan valmistetun elementin mukaan.

Elementit on valmistettu aikavälillä 10.1.2018-17.5.2018.

Kaikki hinnat Alv 0 %

Työt ja materiaalit	Määrä	Yksikkö
Muottityö, valutyöt, talvityöt yms. (littera 17)	1,00	erä
Muottien materiaalit	1,00	erä
Muottikaluston vuokrat (Doka Finland Oy)	1,00	erä
Raudoitustyö aliurakoitsijat (tuntitöinä)	347,00	h
Raudoitustyö Kreateen työntekijät (tuntitöinä)	118,00	h
Raudoitustyö (kilohinnalla)	86128,00	kg
Nappulat raudoituksiin	1,00	erä
Raudoitus B500B #12...#32mm	210 962,00	kg
Pyöröteräs 32mm	662,00	kg
Sinkityt nostovaijerit raudoitusten toimituksiin	361,00	kpl
Raudoitusten rahdit	9,00	kpl
Elementtien nostolenkit SWL > 25 tn	34,00	kpl
Elementtien nostolenkit SWL > 55 tn	28,00	kpl
Sidelangat	1,00	erä
Muottien ja raudoitusten nostot (Koiviston Kuljetus)	286,00	h
Vedentasausputket elementtien läpi 159mm	17,00	kpl
Hulevesiputki 508mm elementin läpi	1,00	kpl
Hulevesiputki 356mm elementin läpi	1,00	kpl
Betoni C35/45-3, R4/XC2, XS2	437,00	m3
Betoni C35/45-3, P70, R4/XC4, XS3, XF4	463,70	m3
Betonin runkoaineen lämmityslisä	805,50	m3
Betonin lämmityslisä 1 LK	676,50	m3
Betonin laadunvalvonta (Kuutioveloitus)	904,50	m3
Betonin kuljetus työmaalle sekoitussäiliössä	904,50	m3
Betonipumpun siirto työmaalle	20,00	kpl
Betonipumpun perusvuokra	104,50	h
Betonipumpun määräveloitus	860,50	m3
Betonoinnin palveluaikakorvaus	107,00	yks
Lämpölangat valuihin	62,00	kpl
Kestopeitteet sääsuojaksi	10,00	kpl
Verhouskivi + rahti	150,70	m2
Verhouskivien asennukset	150,70	m2
Henkilönostin kivasennuksiin (vuokra)	50,00	pv
Kivien nostot (Transhelp Simonsen)	162,00	h
Asennuspalat kivasennuksiin (1000kpl säkki)	1,50	kpl
Ankkurimassa kivasennuksiin (Winter V-Plus 400ml tuubi)	110,00	kpl
Verhouskivien saumaustyö	150,70	m2
Kivien saumausmassa (Masteremaco S5400 25kg säkki)	62,00	kpl
Saumamakkarat kivien valuun	465,00	jm
Kramer pyöräkuormaaja aputoissa (vuokra)	5,00	pv
Työnjohtokulut	1,00	erä

Elementtien asennuksen toteutuneet kustannukset

Taulukossa on avattu työmaalla asennettujen elementtien toteutuneisiin kustannuksiin vaikuttaneet asiat. Taulukosta on poistettu Kreate Oy:n hinnat sekä toteutunut loppusumma. Elementtien asennus on suoritettu urakkahintaisena työnä.

Elementtien asennuksen toteutuneet kustannukset

Elementtien asennusten toteutuneet kustannukset on laskettu 31 Aallonhalkojaan asennetun elementin mukaan.

Elementtien asennusten kustannuksia on laskettu sen mukaan, että elementtejä asennetaan keskimäärin neljä päivässä.

Elementtien asennusnopeuden lähde Sompasaaren työnjohto.

Alla asennetut elementit;

AV30, AV32, AV33, AV34, AV38, AV39, AV40, AV41 & AV42 (46 700 kg).

AV31 (41400 kg).

AV35 (33 400 kg).

AV36 & AV37 (35 800 kg)

AL32, AL33, AL34, AL35, AL36, AL37, AL38, AL39, AL40, AL41, AL42, AL43 & AL44 (96 000 kg).

AL45 (117 000 kg).

AP13 (67 500 kg)

AP14 (53 000 kg)

AP15 & AP16 (82 000 kg)

Asennettujen elementtien painot yhteensä 2 216 200 kg.

Nimike	Määrä	Yksikkö
Nosturin mobilisaatio (Nostokonepalvelu RN Oy)	1,00	erä
Nosturi asennuksessa (Nostokonepalvelu RN Oy)	8,00	pv
Asennustyö (Divecon Oy)	31,00	kpl
Työnjohto (Kreate Oy)	1,00	erä
Mittamies (Kreate Oy)	1,00	erä

Tarkasteltavan elementtieron painot ja koot

Taulukosta näkyy jokaisen elementtityypin paino sekä mitat. Tietojen lähde on ollut Sompasaaren esirakentaminen osa kahden suunnitelmat. Painoja ja mittoja on hyödynnetty elementtien kuljetuksen tarjouspyyntöjen kyselyssä sekä mahdollisten kuljetustapojen kartoituksessa.

Elementtien numerot	Paino (tonnia)	Leveys (m)	Syvyys (m)	Korkeus (m)
AV30, AV32, AV33, AV34, AV38, AV39, AV40, AV41 & AV42	46,7	6	1,3	3,9
AV31	41,4	5,3	1,3	3,9
AV35	33,4	4,2	1,3	3,9
AV36 & AV 37	35,8	4,5	1,3	3,9
AL32, AL33, AL34, AL35, AL36, AL37, AL38, AL39, AL40, AL41, AL42, AL43 & AL44	96	5	8,5	4
AL45	117	7,55	7,65	4
AP13	67,5	5,5	5	4
AP14	53	5,5	5	4
AP15 & AP16	82	6,3	3,6	4