



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

TYÖMENETELMIEN KUS- TANNUSVERTAILU MAAN- PAINESEINISSÄ

TE -

Erkka Hirvelä

KIJÄ/T:

EMA15S

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Rakennusmestarin tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä(t) Erkka Hirvelä			
Työn nimi Työmenetelmien kustannusvertailu maanpainesoinissa			
Päiväys	28.11.2018	Sivumäärä/Liitteet	23
Ohjaaja(t) Hannu Haaranen lehtori, Matti Ylikärppä pt. tuntiopettaja			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Ps-Tasotyö Oy			
Tiivistelmä <p>Kesällä 2018 Ps-Tasotyö Oy:n työmaalla tehtiin neljä autokatosta, jotka toimivat samalla tukimuureina. Työmenetelmät tukimuurien tekoon olivat paikallavalu suurmuoteilla tai laakasiioelementtien käyttö, joista ensimmäisenä mainitulla työ suoritettiin. Opinnäytetyön tavoitteena oli vertailla näiden kahden eri työmenetelmän kustannuksia</p> <p>Työ aloitettiin määrä- ja kustannuslaskennalla Talo-80 -ohjeen mukaan, jonka jälkeen materiaalien ja työvaiheiden hinnat kysyttiin yritysmyyjiltä ja vastaavalta työnjohtajalta. Määrälaskennan jälkeen työvaiheille etsittiin työmenekit Rakennustöiden menekit 2015 -kirjasta. Kustannusten ja aikataulun valmistumisen jälkeen niistä koottiin vertailu raporttiin, jossa työvaiheita vertailtiin myös laatu ja turvallisuus huomioon ottaen.</p> <p>Työn tuloksena saatiin kustannusvertailu kahden eri työmenetelmän välille. Vertailusta selviää, että ero menetelmien välillä ei muodostunut kovin suureksi. Tämän opinnäytetyön tarkoitus on antaa yritykselle tietoa vastaaviin kohteisiin.</p>			
Avainsanat tukimuuri, suurmuotti, laakasiioelementti, määrälaskenta, kustannusvertailu			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Construction Management			
Author(s) Erkka Hirvelä			
Title of Thesis Cost Comparison of Working Methods in Retaining Walls			
Date	28 November 2018	Pages/Appendices	23
Supervisor(s) Mr Hannu Haaranen, Senior Lecturer, Mr Matti Ylikärppä, Lecturer			
Client Organisation /Partners Ps-Tasotyö Oy			
<p>Abstract</p> <p>In summer of 2018, four carports were constructed at the construction site of Ps-Tasotyö Oy. The working methods for retaining walls were in situ casting with ganged molds or use of elements from which the first mentioned work was performed. The aim of the thesis was to compare the costs of the two different working methods.</p> <p>The work was started by quantity surveying and cost accounting according to the Talo-80 guidelines, after which the prices of materials and work phases were asked from the dealers of local shops and the site manager. After the quantity surveying, labour inputs were searched from a book named Rakennustöiden Menekit 2015. After completing the costs and the timetable, they were compiled in a comparison report, which also included a quality and safety comparison of work phases.</p> <p>As a result of the thesis, a cost comparison was made between two different working methods. The comparison shows that the difference between the methods did not become very high. The goal of this thesis was to provide the company with information on similar subjects and it was achieved.</p>			
<p>Keywords in situ casting, retaining walls, cost calculation, cost comparison</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
1.1	Tausta ja tavoitteet.....	5
1.2	Ps-Tasotyö Oy	5
2	PAIKALLAVALU- JA LAAKASIIOELEMENTTIRAKENTAMINEN	6
2.1	Paikallavalurakentaminen	6
2.2	Laakasiioelementtirakentaminen	6
3	KUSTANNUKSET	8
3.1	Paikallavalun materiaalikustannukset.....	8
3.2	Laakasiioelementtien materiaalikustannukset	9
3.3	Työkustannukset.....	10
3.4	Paikallavalurakentamisen työkustannukset.....	10
3.5	Laakasiioelementtirakentamisessa	11
4	AIKATAULUN VERTAILU.....	14
4.1	Paikallavalurakentamisen aikataulu	14
4.2	Laakasiioelementtirakentamisen aikataulu.....	15
5	TYÖTURVALLISUUS JA LAATU	17
5.1	Työturvallisuus	17
5.1.1	Paikallavalurakentamisen työturvallisuus.....	17
5.1.2	Laakasiioelementtirakentamisen työturvallisuus.....	17
5.2	Laatu	18
5.2.1	Suurmuottityön laatu.....	18
5.2.2	Betonoinnin laatu	19
5.2.3	Elementtityön laatu	20
6	YHTEENVETO JA POHDINTA	21
6.1	Yhteenveto.....	21
6.2	Pohdinta.....	22
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	23

1 JOHDANTO

1.1 Tausta ja tavoitteet

Opinnäytetyöni aiheena on kahden eri työmenetelmän kustannus- ja aikatauluvertailu maanpaineisissa. Kyseessä on neljän autokatoksen seinät, joihin kohdistuu maanpainetta. Vertailen työssä paikallavalun ja laakasiiloelementtien käytön eroja kustannus, aikataulu, työturvallisuus ja laatu huomioon ottaen.

Olin kesällä töissä Ps-Tasotyö Oy:n suuressa luhtitalokohteessa, jossa alkukesästä mietimme työmenetelmää autokatoksien tekoon. Koska kyseessä oli maanpaineiseinät, oli meillä vaihtoehtoina tässä opinnäytetyössä käsittelemäni aiheet. Päädyimme tuolloin paikallavaluun suurmuoteilla, vaikka alkuun mietimme laakasiiloelementtien käyttöä. Opinnäytetyössäni lasken kustannukset paikallavaluun, sekä mitkä olisivat olleet laakasiiloelementtien käytön kustannukset. Työn tarkoitus on auttaa yritystä vastaavissa kohteissa.

1.2 Ps-Tasotyö Oy

Ps-Tasotyö Oy on Lauri Pohjosen vuonna 1996 perustama rakennusyritys, joka toimi vuoteen 2006 asti Pohjanmaalla. Tämän jälkeen yritys siirtyi Markus Pohjoselle, joka siirti toiminnan Kuopioon. Rivitaloasuntoihin alkuun keskittynyt toiminta alkoi Kuopion uudisrakennusalueella Saaristokaupungissa, jossa yritys nykyäänkin toimii. Suurimman kysynnän vuoksi rivitalokohteet ovat vieläkin isoin työllistäjä, mutta myös luhtitalot ovat yleistyneet huomattavasti. Ps-Tasotyö Oy:n ensimmäiset kerrostalokohteet valmistuivat vuonna 2017. Yrityksessä on noin 30 omaa työntekijää ja lisäksi se työllistää lukuisia aliurakoitsijoita. Kolme vastaavaa työnjohtajaa tarkoittavat käytännössä sitä, että kolme kohdetta on koko ajan rakenteilla. (ps-tasotyö.fi)

2 PAIKALLAVALU- JA LAAKASIIOELEMENTTIRAKENTAMINEN

2.1 Paikallavalurakentaminen

Paikallavalurakentaminen on rakennustapa, johon kuuluu muotti-, rauditus- ja betonointityö. Se sopii käytännössä kaikenlaiseen betonirakentamiseen ja paikallavaluna tehtäessä suunnitelmien muutokset onnistuvat helposti. Rakennustapana sitä voi käyttää esimerkiksi anturoiden, seinien ja pilareiden tekoon. Pienimmät paikallavalut onnistuvat helposti lauta- tai vanerimuoteilla, kun taas siniin ja muureihin käytetään yleensä muottikalustoa. Esimerkiksi suurmuoteilla (kuva 1) valetessa työsaavutus päivässä on suuri.



Kuva 1. Suurmuottipari (Hirvelä)

2.2 Laakasiioelementtirakentaminen

Laakasiioelementit ovat betonielementtejä, joissa elementin toisella puolella on 850 mm levike (kuva 2). L-muotoiset elementit soveltuvat seinä- ja tukimuurirakenteisiin. Elementin yleisin pituus on kolme metriä ja korkeus 1500 - 3000 mm. Toisella puolella levikettä elementissä on raudat, joiden päälle asennetaan verkko ennen valua. Laakasiioelementtejä käytettäessä ei tarvitse tehdä anturaa, vaan tasainen sorapeti riittää. Kyseisten elementtien varastointi onnistuu helposti tasaiselle maalle, sillä elementit pysyvät pystyssä jalkaosansa varassa. Laakasiilot erottuvat normaali seinäelementeistä jalkaosansa takia ja niitä käytetään pääosin maatalousrakentamisessa. Elementeissä on paljon terästä ja niiden päälle voi asentaa laattoja. (Laakasiilo Rakennustapaselostus, 2013)

Laakasiilojen alta poistetaan routiva maa-aines metrin syvyydeltä ja tilalle laitetaan kerroksittain tiivistettävää soraa. Tiivistetyn soran yläpintaan upotetaan 22 x 100 mm linjalauta, jonka ulkosyrjä on elementin ulkopinnan tasalla. Linjalangan asennuksen jälkeen elementit nostetaan joko autosta tai

välivarastosta autonosturilla. Laakasiilojen saumat valetaan samalla tavalla kuin muidenkin elementtien, eli saumat raudoitetaan, muotitetaan ja valetaan juotosbetonilla. (Laakasiilo Rakennustapaselostus, 2013). Saumat voidaan tehdä myös pumppaamalla niihin pystysaumabetonia, jolloin muotitusta ei tarvita. Tätä menetelmää olisi käytetty kyseisellä työmaalla aliurakoinnin kautta.



Kuva 2. Laakasiiloelementti (Juutinen, 2018)

3 KUSTANNUKSET

Paikallavalun ja elementtien käytön materiaalikustannuksien erot ovat aika suuret johtuen elementtien hinnoista. Pelkät elementit maksavat jo reilusti enemmän kuin paikallavaluun tarvittavat materiaalit kuten raudat, betonit ja muottien vuokraus. Materiaalikustannusten arviointi perustuu toimittajien ja yritysmyyjien antamiin hintoihin, jotta kustannuksista muodostuisi mahdollisimman tarkat. Suurmuottien käyttökustannukset ja laakasiioelementtien hinnat ovat saatu suoraan toimittajilta. Maanrakennustyöt olisivat olleet samat molemmissa työmenetelmissä, joten niistä ei kustannuseroa muodostu.

3.1 Paikallavalun materiaalikustannukset

Paikallavalun materiaalikustannukset aloitin laskemalla anturan muottityöhön tarvittavien materiaalien määrät. Anturoiden koko vaihteli usein eri tukimuureissa, joten muottiin tarvittavien materiaalien määrät heittelivät paljon. Tämän jälkeen katsoin rakennesuunnittelijoiden kuvista tarvittavat terästen määrät, jotka vaihtelivat eri anturoissa johtuen eri maanpaineista. Betonin toimittajan antamat hinnat sisälsivät kuljetuksen, pumppauksen ja aikaveloituksen. Lopuksi kasasin kaikista määristä ja hinnoista tiedot exceliin, joista sain anturan materiaalikustannukset (taulukko 1) selville.

Taulukko 1. Anturoiden materiaalikustannukset yritysmyyjien antamilla hinnoilla.

Taulukko 1 Salattu.

Tukimuurissa suurimman kustannuksen aiheutti betonin määrä. Neljässä tukimuurissa juoksumetrejä oli yhteensä vähän yli 200 metriä ja keskikorkeus oli noin 3 metriä. Käytimme luokan C 30/37 säännestävää betonia rakennesuunnittelijan kuvien mukaisesti. Verkkojen koko ja määrä vaihtelivat eri muureissa maanpaineen vuoksi.

Taulukko 2. Tukimuurien materiaalikustannukset yritysmyyjien antamilla hinnoilla.

Taulukko 2 Salattu.

Yläpuolella on esitetty (taulukko 2) tukimuurien materiaalikustannukset sisältäen hukkaprocentit. Yhteensä anturoiden ja tukimuurien materiaalien arvonlisäveroton yhteishinta on xxx euroa (salattu), mutta paikallavaluna tehtäessä työkustannusten määrä on huomattavasti isompi.

3.2 Laakasiioelementtien materiaalikustannukset

Elementtejä käytettäessä suurimmat kustannukset olisivat muodostuneet itse laakasiioelementeistä. Laakasiilot olisivat olleet normaalisti 3 metriä pitkiä, mutta tehtaalta olisi pyydettyä saanut myös 2 tai 2,5 metrin ”sovitepaloja”. Nämä olisivat olleet samanlaisia elementtejä, mutta joita tehdään vain tilauksesta. Elementtejä toimittava tehdas tarjosi meille 2,3 m ja 2,9 m korkeita elementtejä, joita molempia olisimme tarvinneet tukimuurista riippuen.

Johtuen elementtien mataluudesta, olisimme joutuneet tekemään kyllästetystä lankusta puurunkoa elementtien päälle ennen autokatoksen kattopeltien asennusta. Laakasiiloille olisi valettu laatta, joka olisi alkuun muotitettu ja raudoitettu toimittajien ohjeiden mukaan. Pystysaumat olisi voinut tehdä muotittamalla ja raudoittamalla saumat ennen juotosbetonointia. Toinen tapa olisi ollut pumpata saumat pystysaumabetonilla, jolloin muotitusta ei olisi tarvinnut. Yrityksellä viime kohteessa ollut aliurakoitsija olisi tehnyt elementtien asennuksen jälkeen kaikki pystysaumamat pumppaamalla. Alla olevasta taulukosta (taulukko 3) näkee, mitkä olisivat materiaalikustannukset olleet toimittajien tarjoamien hintojen perusteella.

Taulukko 3. Laakasiioelementtien materiaalikustannukset yritysmyyjien antamilla hinnoilla.

Taulukko 3 Salattu.

Alapuolella olevasta pylväsdiagrammista (kuvio 1) huomaa materiaalikustannusten erojen olevan melko suuret, joka johtuu käytännössä laakasiioelementtien hinnasta. Muut elementtien käyttöön tarvittavat materiaalit olisivat maksaneet yhteensä noin xxx euroa (salattu). Paikallavalun materiaalikustannuksissa isoimman osan hinnasta muodosti betoni kuljetuksineen ja pumppauksineen. Lopullinen materiaalikustannuksien hintaero oli xxx euroa (salattu).

Kuvio 1 Salattu.

Kuvio 1. Materiaalikustannusten vertailu. (Hirvelä 2018)

3.3 Työkustannukset

Käyttö- ja yhteiskustannuksien eroja ei työmenetelmien välille muodostunut muuten kuin ajoneuvonosturin tarpeessa. Työkustannukset muodostuivat eri menetelmiin kuuluvista työtavoista ja töiden hinnat sisältävät työntekijöiden sosiaalikulut. Molemmissa työtavoissa mittamiehen, työnjohdon ja kaivinkonekuskin työmäärä olisi ollut sama. Työryhmänä oli 2+2, joista toinen rakennusmies oli aikuisopiskelija. Sama työryhmä olisi tehnyt työn myös elementtien käytössä, rakennusammattimiehet olisivat asentaneet elementit ajoneuvonosturin kanssa ja rakennusmiehet olisivat tehneet muotit valulle sekä raudoittaneet ne. Työmenekit on otettu Rakennustöiden menekit 2015 -kirjasta. (Rakennustöiden menekit 2015, 2014)

Paikallavalussa työtä on paljon enemmän johtuen anturoiden ja itse tukimuurin muotituksesta ja raudoituksesta. Elementtien asennus suhteessa suurmuottien käyttöön on paljon nopeampaa. Paikallavaluna tukimuri saatiin tehtyä suoraan siihen korkoon, että siihen ei tarvittu muuta kuin kyllästetty lankku asennuspuuksi ennen peltikatetta. Laakasiiloilla tehtäessä olisi täytynyt tehdä paneloitu puurunko oikeaan korkoon. Käytimme suurmuottien asennuksessa ajoneuvonosturia, jota olisimme käyttäneet myös elementtien asennuksessa. Suurmuotteja asentaessa ajoneuvonosturi oli työmaalla neljä tuntia päivässä. Olimme sopineet joka iltapäivälle muurin betonoinnin ja seuraavana aamuna muotit purettiin sekä kasattiin heti uudestaan.

3.4 Paikallavalurakentamisen työkustannukset

Paikallavaluna tehdessämme työt alkoivat anturan muottisiivujen teolla ja paikalleen asennuksella. Anturoiden koko vaihteli eri tukimuurista riippuen ja isoimmat anturat olivat 1 200 mm leveitä ja 300mm korkeita johtuen kovasta maanpaineesta. Muottisiivujen asennuksen jälkeen anturat raudoitettiin ja tartunnat tukimuurille tulevalle valulle tehtiin rakennesuunnittelijan kuvien mukaisesti. Tärkeintä suurmuotteja käytettäessä oli, että seuraavan muurin anturat olivat valmiit ennen kuin edellinen muuri oli betonoitu. Meillä oli työmaalla yhteensä neljä hyvin osaavaa aikuisopiskelijaa, jotka olivat välillä mukana tekemässä anturoiden muotti- ja raudoitustyötä. Näin muottikierto saatiin tehokkaaksi. Anturoiden työkustannukset (taulukko 4) siis koostuivat muottisiivujen teosta ja niiden kasaamisesta, raudoituksesta ja valusta.

Taulukko 4. Anturoiden työkustannukset.

Taulukko 4 Salattu.

Suurmuottien työmenekki on otettu suoraan työmaalta menneestä työajasta. Rakennustöiden menekit olisivat antaneet tähän työsaavutuksen sekä -menekin, mutta halutessani mahdollisimman realistisen hinnan työkustannuksille laskin työntekijätunnit sen mukaan, kuinka paikallavalu kesällä eteni. Kaksi rakennusammattimiestä asensi suurmuotit ajoneuvonosturin kanssa, jonka jälkeen rakennusmiehet raudoittivat muotit ennen tuplausta. Neljän miehen työryhmässä käytännössä kaikki tekivät

kaikkea. Kun rakennusmiehet raudoittivat muottia (kuva 3), olivat rakennusammattimiehet auttamaassa heitä tai valmistelemassa seuraavaa muottikiertoa tekemällä tarvittaessa viisteitä.



Kuva 3. Suurmuottien raudoitusta (Hirvelä)

Kyseisellä työryhmällä työ eteni nopeasti ja vaivattomasti. Muottien tuplauksen jälkeen rakennusmiehet betonoivat muurin, toinen oli betonoijana ja toinen vibrasi. Seuraavana aamuna muotit purettiin ja siirrettiin seuraavaan kohtaan. Suurmuotit olivat 3,6 m * 3 m ja 4,8 m * 3 m kokoisia ja molempia kokoja oli kaksi paria, joten päivässä tukimuuria saatiin parhaimmillaan betonoitua 16,8 metriä. Kaikki neljä työmiestä olivat käytännössä koko päivän tukimuureja tekemässä, joten laskin päivän hinnaksi työntekijöiden palkat sosiaalikuluneen. Näin työkustannuksesta saatiin mahdollisimman realistinen siihen nähden, mitä paikallavaluna työ tuli maksamaan (taulukko 5).

Taulukko 5. Tukimuurien työkustannukset. Muottikiertoon kuului muottien purku, asennus, raudoitus ja tuplaus.

Taulukko 5 Salattu.

3.5 Laakasiiloelementtirakentamisessa

Laakasiilojen työkustannusten laskenta perustui Rakennustöiden menakit 2015 -kirjan antamiin tietoihin. Itse laakasiilojen asennukselle ei löytynyt työmenekkiä, joten laskin ne sokkielementin asennuksen työmenekillä, joka oli 1 tth/kpl. (Rakennustöiden menakit 2015) Elementit pysyvät itsestään pystyssä toisella puolella olevan levikkeen avulla, joka helpottaa niiden asennusta seinäelementteihin verrattuna. Asennuksen laskin kahdella rakennusammattimiehellä, jolloin työmenekiksi jäi realist-

tiselta vaikuttava 0,5 tth/kpl. Elementtejä olisi tarvittu 68 kappaletta, jolloin asennukseen olisi kulu-
nut 4,25 työvuoroa. Laakasiilojen asennuksen jälkeen niiden toiselle puolelle tulevan laatan kohta
piti muotittaa ja raudoittaa. Työkustannukset on laskettu siten, että rakennusammattimiehet asenta-
vat ajoneuvonosturin kanssa elementtejä päivittäin ja rakennusmiehet tekevät muotin, raudoituksen
ja valun aina kun yhden tukimuurin elementit olisivat olleet asennettu. Näin itse elementtien asen-
nus ja jälkityöt oltaisiin saatu suoritettua nopeasti.

Kaikkien elementtien ollessa paikallaan oltaisiin pystysaumamat valettu pystysaumabetonilla aliurakoit-
sijan toimesta. Tämän jälkeen elementtien päälle olisi tehty tarvittaviin kohtiin puurunko, joka olisi
paneloitu. Verrattuna paikallavalun hintaan, elementeillä teko olisi ollut työkustannuksiltaan huomattavasti halvempaa. Alla olevassa taulukossa (taulukko 6) on eritelty laakasiioelementtien käytön työ-
kustannukset.

Taulukko 6. Laakasiioelementtien arvioidut työkustannukset.

Taulukko 6 Salattu.

Alapuolelta selviää (kuvio 2) työkustannusten erot kyseisten työmenetelmien välillä. Kun materiaalikustannukset olivat laakasiioelementtien kohdalla suuremmat, niin työkustannukset ovat taas paikallavalussa huomattavasti isommat. Paikallavalu suurmuoteilla on melko työläs, kun taas elementit olisivat olleet vajaan viikossa asennettu. Tukimuurien tekoon kului 3,5 viikkoa, joka nostattaa paitsi työntekijöiden kustannuksia, myös ajoneuvonosturin tarvetta työmaalla. Laakasiioelementit oltaisiin päästy asentamaan suoraan, kun taas tukimuureille täytyi tehdä anturat. Suurmuoteilla tehtäessä etuna oli se, että muurien valujen jälkeen ne olivat käytännössä valmiit, kun taas laakasiioelementtien asennuksen jälkeen niille olisi täytynyt valaa laatat, pumpata pystysaumot ja tehdä puurunko tarvittaviin kohtiin.

Lopulliseksi hintaeroksi työkustannuksien välille muodostui noin xxx euroa (salattu), joka tasoittaa vähän materiaalikustannuksien eroa. Kun ottaa huomioon materiaali- ja työkustannusten erot, lopulliseksi summaksi jää noin 4700 euroa paikallavalun ollessa halvempi. Tosin laakasiioelementtien työkustannukset ovat arvioita ja ei tiedä olisiko työmaalla syntyneet kustannukset täsmänneet täysin laskemiani.

Kuvio 2 Salattu.

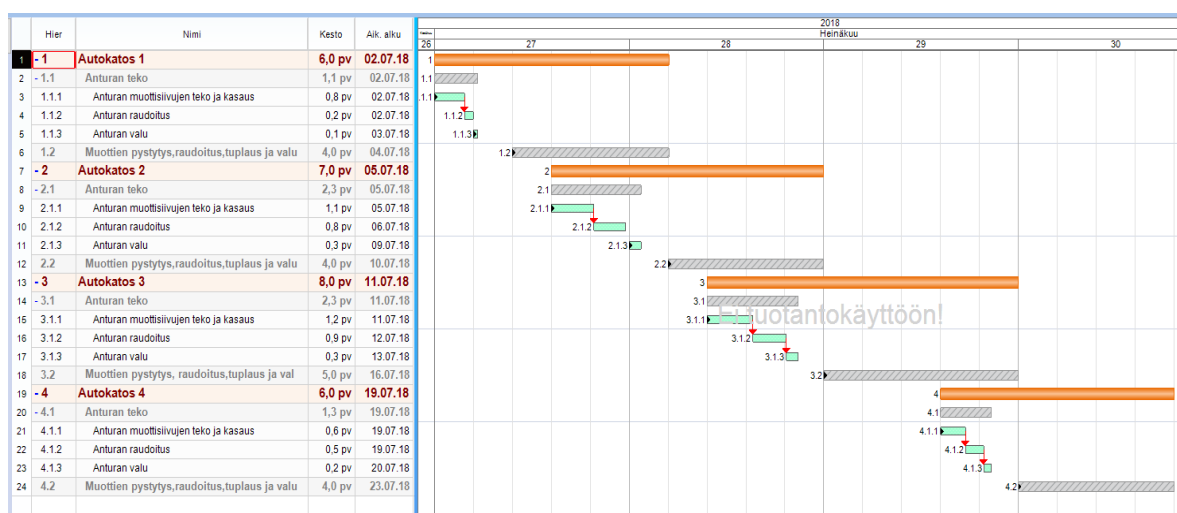
Kuvio 2. Työkustannusten vertailu. (Hirvelä 2018)

4 AIKATAULUN VERTAILU

Aikataulullisesti laakasiiloelementtien käytöllä tukimuurit olisivat valmistuneet reilun viikon aiemmin kuin paikallavaluna tehtäessä. Täytyy toki ymmärtää, että laakasiilot olisivat olleet suurimmalle osalle täysin uusi käsite, joten ei tiedä kuinka hyvin tekemäni aikataulu olisi täsmännyt työmaalla. Elementtien käytön aikataulua tehdessäni silmäni pisti se, että itse elementtien asennus ja niihin kuuluvien laattojen valut olisivat olleet viikossa tehtyjä. Uskon kuitenkin, että hyvin työt rytmittä-mällä tämä olisi onnistunut. Tällöin olisimme tarvinneet ajoneuvonosturia työmaalla vain noin neljä ja puoli päivää.

4.1 Paikallavalurakentamisen aikataulu

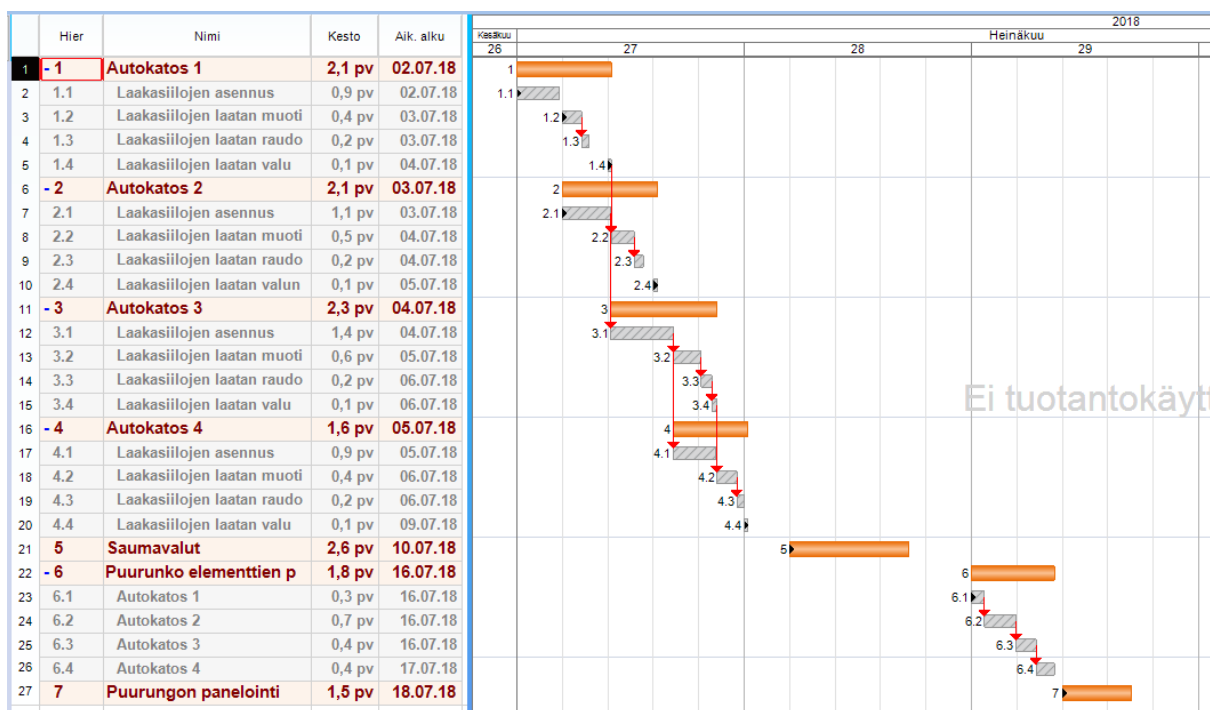
Suurmuottien käytöllä tukimuurien teon kestoksi muodostui 3,5 viikkoa. Tämä on mielestäni vähän, kun kyseessä oli neljä autokatosta ja yli 200 juoksumetriä muuria, johon kohdistui maanpainetta. Aikataulun sujuvuuden ja eri työvaiheiden suorittaminen ongelmitta perustui hyvään suunnitteluun ja työntekijöiden ammattitaitoon. Tärkeintä aikataulun nopeuden saavuttamisessa oli, että saimme tehtyä aina seuraavan anturan valmiiksi ennen kuin edellinen tukimuri oli betonoitu. Näin saimme muottikierron jatkumaan joka päivä tehokkaasti. Sovimme betonin toimittajan kanssa joka päivälle valun samaan aikaan, joten riitti kun ilmoitimme heille samana aamuna tarvittavan betonin määrän. Tukimuurien teon aloitimme 2.7 ja viimeinen muuri oli betonoitu 27.7. Tocoman-aikatauluohjelmalla tekemästäni jana-aikataulusta (kuva 4) huomaa, kuinka työt rytmitimme.



Kuva 4. Paikallavalun aikataulu Tocoman-ohjelmalla (Hirvelä)

4.2 Laakasiioelementtirakentamisen aikataulu

Tein laakasiioelementtien aikataulun puhtaasti Rakennustöiden menekit 2015 -kirjan mukaan. Itse laakasiioelementtien asennukselle ei löytynyt työmenekkiä, joten sovimme vastaavan työnjohtajan kanssa, että käytän sokkielementin asennuksen menekkiä. Kahdella rakennusammattimiehellä ja ajoneuvonosturilla yhden elementin asennukseen olisi kulunut puoli tuntia, mikä kuulosti melko realistiselta. Rakennusammattimiehet ja ajoneuvonosturi olisivat asentaneet kaikkien tukimuurien elementit kerralla ja rakennusmiehet olisivat muotittaneet, raudoittaneet ja betonoineet elementeille tulevat laatat sitä mukaan, kun yhden muurin elementit olisivat olleet asennettu. Näin elementtien asennus ja laattojen valu olisi ollut vajaassa viikossa tehty. Tämän jälkeen aliurakoitsija olisi tehnyt pystysaumot pumpaamalla vajaassa kolmessa päivässä. Pystysaumojen työmenekin sain vastaavalta työnjohtajalta ja menekki perustui aliurakoitsijan viime kohteessa suorittamiin pystysauma-pumppauksiin. Lopuksi elementtien päälle olisi tehty tarvittaviin kohtiin puurunko, joka olisi pane-loitu. Puurunko olisi täytynyt tehdä sen takia, että elementit eivät itsessään olisi olleet tarpeeksi korkeita autokatoksille. Arvioidun aikataulun (kuva 5) mukaan kyseisellä työmenetelmällä aikaa tukimuurien teon aloituksesta valmistumiseen olisi kulunut kolme viikkoa.

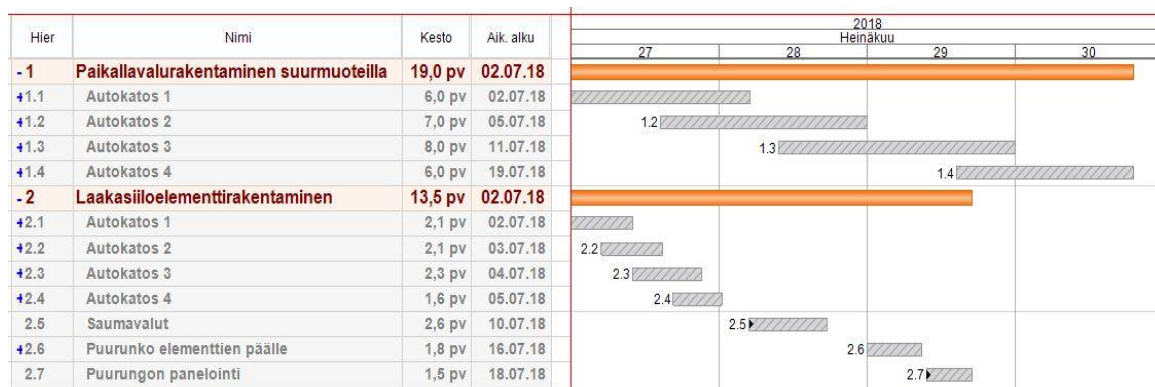


Kuva 5. Arvioi laakasiiloilla tehdyn tukimuurin aikataulusta (Hirvelä)

Aikataulullisesti siis laakasiioelementtien käytöllä tukimuurit olisivat valmistuneet noin 4,5 työvuoraa aiemmin. Alapuolella (kuva 6) näkyy aikataulujen ero jana-aikataulussa. Laakasiioelementtien asennus ja niihin kuuluvat valut olisivat olleet tehtyinä vajaassa kuudessa työvuorossa. Kaksi rakennusammattimiestä sekä ajoneuvonosturi olisivat asentaneet elementit ja kaksi rakennusmiestä olisivat muotittaneet, raudoittaneet ja betoineet elementeille tulevat laatat. Paikallavaluna tukimuurien valun olisi kulunut 19 työvuoraa. Ero kuulostaa suurelta, mutta paikallavaluna tehtäessä tukimuurit

olisivat olleet 19 työvuoron jälkeen kokonaan valmiita. Elementtien asennuksen jälkeen taas olisi täynyt pumpata vielä pystysaumot ja tehdä tarvittaviin kohtiin paneloitu puurunko.

Paikallavaluna tehtäessä työt alkoivat anturoiden teolla, joihin kului anturan koosta riippuen noin kaksi työvuoroa. Anturat toimivat tahdistavina siinä mielessä, että seuraavan tukimuurin anturan piti olla valmis ennen kuin edellisen muottikierto oli valmis. Näin joka päivä saatiin muottikiertoa eteenpäin. Suurmuottityöllä päiväsaavutus on suuri ja kesällä saimmekin yleensä kaikki muottiparit käyttöön päivittäin, toki valettavan muurin pituus ja työsaumat vaikuttivat asiaan. Vaikka suurmuoteilla päivittäinen työsaavutus on suuri, on laakasiioelementtien asennus siltikin huomattavasti nopeampaa. Tämä onkin suurin syy aikataulujen eroissa. Suurmuottityö perustuu kesällä menneeseen työaikaan, kun taas laakasiioelementtien käytön aikataulu on arvioitu.



Kuva 6. Aikataulujen vertailu (Hirvelä)

5 TYÖTURVALLISUUS JA LAATU

5.1 Työturvallisuus

Molemmissa työmenetelmissä on kiinnitettävä huomiota rakennustyömaan yleiseen turvallisuuteen. Työntekijöiden tulee olla perehdytettyjä työmaalle ja erikseen kyseessä olevaan työvaiheeseen. Työmaan liikenne ja erilaiset vaara-alueet on käytävä tarkkaan läpi, jonka lisäksi työntekijöillä tulee olla tiedossa, milloin ja kenelle erilaisista turvallisuusriskeistä tulee ilmoittaa. Rakennustyömailla on tarkat ohjeet henkilökohtaisista varusteista joihin kuuluvat kypärä, turvakengät, suojalasit ja huomiovärinen työasu. Työstä riippuen tulee käyttää kuulosuojaimia sekä valjaita.

5.1.1 Paikallavalurakentamisen työturvallisuus

Suurmuoteilla paikallavalua tehtäessä on otettava huomioon monta työturvallisuuteen liittyvää tekijää. Mahdolliset riskit saadaan minimoitua, kun työt on suunniteltu tarkkaan ja työntekijät ovat perehdytetty työhön. Työmaan laatusuunnitelmasta tulee löytyä riskien kartoitusten toteutus ja työturvallisuustoimet. Putoamissuojaussuunnitelmasta tulee selvittää, miten putoamissuojaus on tarkoitus toteuttaa. Suurmuottien käytössä putoamissuojaussuunnitelmaa täydennetään tarkemmin tehtäväsuunnitelmassa sekä muottisuunnitelmassa. Henkilökohtaisten suojavarusteiden lisäksi suurmuottien tuentaan ja kaiteiden riittävyteen on kiinnitettävä tarkkaa huomiota. (Ratu 0401, Suur- ja erikoismuottityö, 2012)

Suurimmat riskit suurmuottityössä ovat muottien kaatuminen tai putoaminen, niiden väliin puristuksiin jääminen ja muottien päältä putoaminen. Suurmuotteja asennettaessa on kiinnitettävä erityistä huomiota muottien pystyssä pysymiseen ennen nostolenkkien irroitusta. Pari tuhatta kiloa painavat muotit asennetaan anturan päälle, mutta kaatumisriski on aina olemassa. Lisäksi kolme metriä korkeiden muottien päällä suoritetaan betonointityötä, jonka vuoksi putoamissuojaukseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Muoteissa on mukana kaiteet, jotka tulee aina tarkastaa ennen betonointia.

Muottien siirroissa ja nostoissa on käytettävä suoristuskyvyltään riittävää ajoneuvonosturia. Kuljettajalla on oltava jatkuva näköyhteys nostotilanteessa, sekä nostettavan elementin läheisyydessä liikkuminen on estettävä. Nostoketjujen ja -lenkkien kuntoon on kiinnitettävä päivittäin huomiota (Ratu 0401, Suur- ja erikoismuottityö, 2012).

5.1.2 Laakasiiloelementtirakentamisen työturvallisuus

Laakasiiloelementit voidaan varastoida tasaiselle maalle jalkaosansa varaan, jonka takia varastoidessa on kiinnitettävä huomiota elementtien kaatumisriskiin. Tarvittaessa elementit voidaan tukea vinositeillä. Tehtäväsuunnitelmassa tulee ilmetä mahdolliset riskit ja työntekijöiden täytyy olla hyvin

perehdyttejä kyseiseen työhön. Nostotyössä nosturin kuljettajalla on oltava suora näköyhteys elementtiin, sekä elementin läheisyyteen pääsy on estettävä.

Merkittävimmät riskit elementtejä käytettäessä ovat elementtien kaatuminen varastoitaessa sekä niiden putoaminen asennettaessa. Asennustyön aikana elementtien väliin voi jäädä myös puristuksiin. Jos elementtejä ei asenneta suoraan autosta paikalleen, tulee varastointialueen sijainti valita tarkkaan. Varastointialueen oltava tasainen eikä elementtien läheisyydessä saa työskennellä. Ennen elementtien asennustyötä tulee päivittäin tarkastaa nostoketjujen ja -lenkkien kunto, jotta elementit eivät pääse putoamaan. Työntekijöille tulee kertoa työvaiheen perhdytyksessä nostoalueella liikuttamisen kielloista, sekä puristukseen jäämisen vaarasta.

5.2 Laatu

Rakentamisessa laatu käsitteenä sisältää monta erilaista määritelmää ja usein laatu jaetaan tuotteen, palvelun tai toiminnan laatuun. Lopulliseen laatuun vaikuttavia tekijöitä ovat suunnittelu, valmistus, ympäristökeskeisyys ja asiakkaan havaitsema laatu. (Rakennustöiden laatu 2017, 2016)

Suunnittelun laadun ideana on tavoittaa asiakkaan laadulle määrittämät odotukset. Hyvin suunnitellut työvaiheet takaavat laadullisesti ja turvallisesti onnistuneen kokonaisuuden. Valmistuksen laatu käsittää ne vaatimukset, joita sille suunnittelussa on määritetty. Ympäristökeskeiseen laatuun kuuluu muiden sidosryhmien kuin asiakkaiden antamat vaatimukset yritykselle. Näitä ovat esimerkiksi työturvallisuuteen liittyvät tekijät ja esimerkiksi sisäilmaluokituksen huomioiminen. Toiminnan laadulla kuvataan pääosin asiakkaiden tyytyväisyyttä, mutta se tarkoittaa myös yrityksen sisäisiä asiakkaita, kuten seuraavia työvaiheita ja niiden tekijöitä. Hyvällä toiminnan laadulla saadaan parannettua yrityksen tuottavuutta ja edistämällä sen kilpailukykyä. (Rakennustöiden laatu 2017, 2016)

5.2.1 Suurmuottityön laatu

Ennen suurmuottien asennusta pidetään aloituspalaveri, jossa sovitaan työhön liittyvät keskeisimmät laadunvarmistustoimet. Ennen työn aloitusta varmistetaan, että tilattujen suurmuottien kunto on hyvä, sekä että ne täyttävät sopimuksenmukaisuuden. Ensimmäinen osakohde tehdään mallityönä, jonka tulee sisältää työlle asetetut laatuvaatimukset. Mahdolliset puutteet ja virheet on kirjattava ylös. Sama työryhmä suorittaa suurmuottien asennusta urakoitsijan ja suunnittelijan hyväksynnän jälkeen. (Ratu 0401, Suur- ja erikoismuottityö, 2012)

Työn aikana on kiinnitettävä huomiota muottityön toteutumiseen mallityöhön nähden. Muottipinnan riittävä öljyäminen, raudoitusten suojaetäisyydet ja muottien pohjan puhtaus tulee tarkistaa ennen tuplausta. Ennen valua tulee tarkastaa muottien suoruus, muottisiteiden kireys ja muottien tiiveys. Betonin on oltava 60 % nimellislujuudestaan, ennen kuin muotit saa purkaa. Valmis työ arvioidaan laatuvaatimuksien mukaisesti. (Ratu 0401, Suur- ja erikoismuottityö, 2012)

Suurmuottien asennuksen tarkkuus vaikuttaa täysin valmiin betonipinnan laatuun, jonka takia on kiinnitettävä tarkkaa huomiota muottityön mittatarkkuusvaatimuksiin. Normaaliluokan vaatimuksissa paksuuksien erot saavat olla +/- 8 mm ja sivusijainti +/- 15 mm. Betonoidun pinnan poikkeama pystysuorasta saa olla h/300. (Rakennustöiden laatu 2017, 2016)

5.2.2 Betonoinnin laatu

Ennen betonointityötä on tehtävä betonointisuunnitelma, jossa käydään läpi muottien ja raudoitusten lisäksi betonin laatu sekä betonointimenetelmä. Lisäksi suunnitelmassa tulee ilmetä betonoinnin nopeus, aikataulu, henkilövahvuus ja mahdollisiin häiriöihin varautuminen. Rakennesuunnittelija ilmoittaa työsaumojen sijainnin ja määrittää betonin laadun siihen vaikuttavien tekijöiden perusteella. Ennen työn aloittamista on varmistettava, että tarvittava kalusto on saatavilla.

Valutyön aikana on varmistettava, että kaiteet ja työntekijöiden henkilökohtaiset suojaimet ovat kunnossa. Tukimuureja ja seiniä betonoidessa edetään koko ajan samaan suuntaan, jotta tuloksesta tulisi mahdollisimman tasalaatuinen. Seinärakenteita betonoitaessa pudotuskorkeus saa olla enintään yhden metrin. Suurempi pudotuskorkeus lisää massan erottumisriskiä, joka vaikuttaa lopullisen betonin ominaisuuksiin. Betonia valetaan kohtisuoraan muotin pohjalle tasaisina 30-50 cm:n kerroksina, jotka tiivistetään heti perästä sauvatäryttimellä eli "vibrataan". Sauvatärytyksen pistojen väli on enintään 40 cm ja yhden piston tärytysajan tulisi olla noin 20 sekuntia. Tärytyksen tulisi tapahtua muotissa keskeisesti, eikä missään nimessä raudoitusta vasten. Betonoinnin jälkeen huolehditaan betonin rasitusluokkien vaatimasta jälkihoidosta nimellislujuuteen asti. (Rakennustöiden laatu 2017, 2016)

Seinärakenteita betonoitaessa pudotuskorkeus saa olla enintään yhden metrin. Suurempi pudotuskorkeus lisää massan erottumisriskiä, joka vaikuttaa lopullisen betonin ominaisuuksiin. Betonia valetaan kohtisuoraan muotin pohjalle tasaisina 30-50 cm:n kerroksina, jotka tiivistetään heti perästä sauvatäryttimellä eli "vibrataan". Sauvatärytyksen pistojen väli on enintään 40 cm ja yhden piston tärytysajan tulisi olla noin 20 sekuntia. Tärytyksen tulisi tapahtua muotissa keskeisesti, eikä missään nimessä raudoitusta vasten.

Betonipinnoille on neljä laatuluokkaa, jotka ovat AA, A, B ja C. Näistä vaativin on AA ja vähiten vaatimuksia kohdistuu luokkaan C. Suurmuoteilla voi tehdä luokkien A ja B vaatimusten mukaisia pintoja. Koska kesällä tukimuurit toimivat samalla autokatoksen seininä, ne kuuluvat luokkaan B, joka käsittää maan peittoon osittain jäävät rakennuksen ulkopuoliset betonipinnat. Luokan B suurin sallittu hammastus on +/- 5 mm ja suurin mittapoikkeama pinnan käyryydessä ja aaltoilussa on +/- 8 mm. Syvennyksen eli valmiissa pinnassa olevan niin sanotun kolon suurin syvyys saa olla 7 mm ja leveys 15 mm. (Pahkala ja Vuorinen)

5.2.3 Elementtityön laatu

Laakasiioelementtityötä aloittaessa on tarkistettava suunnitelmien täsmällisyys. Elementtien asennuksesta on oltava asennussuunnitelma, joka käsittää asennusjärjestyksen ja mittatoleranssit. Työmaalla turhaa varastointia voidaan välttää ajoittamalla tilaukset oikein suunnitelmien ja aikataulun pohjalta, mutta mahdolliselle elementtien varastoinnille on varattava tilaa. Lisäksi on varmistettava, että elementtien nostoille ja siirroille on riittävästi tilaa työn turvallisuuden kannalta. Ennen työn aloittamista elementtien kunto, laatu ja sopimuksenmukaisuus tarkastetaan, sekä varmistetaan alustan kunto, korot ja mittalinjat. (Rakennustöiden laatu 2017, 2016)

Työnaikaisessa laadunvarmistuksessa tulee tarkistaa työntekijöiden asennuskaaviot sekä elementtien kiinnitys nostorakseihin ennen niiden nostamista. Asennustyön aikana nosturin kuljettajan ja asentajan välillä on oltava jatkuva näkö- tai puhelinyhteys ja nostoalueella työskentely on estettävä. Elementtejä asentaessa niiden sijainti, korot ja mittatarkkuus on tarkastettava sekä niiden tuentaan on kiinnitettävä tarkkuutta. Laakasiioelementeille parhaiten sopivat rakentamistoleranssit ovat samat kuin seinäelementeillä. Seinäelementtien sallittu sivusijainti on +/- 15 mm, hammastus 8 mm ja poikkeama pystysuorasta h/400. (Rakennustöiden laatu 2017, 2016)

Elementtiasennuksen jälkeen tarkastetaan, että asennus täyttää sopimusasiakirjoissa esitetyt vaatimukset, joita laakasiioelementtejä asentaessa ovat elementtien kunto, mittatarkkuudet ja korot. Laakasiioelementtien asennuksen laatuvaatimuksia on hieman hankala verrata ulko- tai väliseinäelementtien vaatimuksiin, sillä niitä ei käytetä asuinrakennuksiin. Laakasiilot asennetaan sorapedille ja esimerkiksi autokatoksia tehtäessä 8 mm hammastus on melko vähän.

6 YHTEENVETO JA POHDINTA

6.1 Yhteenveto

Opinnäytetyöni lähtökohtana oli tutkia kahden eri työmenetelmän kustannus- ja aikataulueroja. Lisäksi kävin läpi työmenetelmiä laadun ja työturvallisuuden kannalta. Työn tavoitteena oli oppia kustannuslaskentaa ja saada yritykselle tietoa työmenetelmien eroista jatkoa varten. Isoin työllistävä tekijä opinnäytetyössäni oli määrälaskenta, jonka jälkeen pääsin selvittämään työmenekit ja materiaalien hinnat. Kustannuslaskelmista huomaa työmenetelmien välisten taloudellisten erojen olevan pienehköjä. Lopullinen arvonlisäveroton ero hinnoissa oli noin 4700 euroa (taulukko 7), mikä on keskiarvolle yritykselle aika vähän. Kustannuksista syntyvän eron lisäksi voi miettiä, mitä työmaalla oltaisiin voitu tehdä ajassa, jonka laakasiiloelementtejä käyttäessä olisi voittanut.

Taulukko 7. Työmenetelmien kokonaiskustannusten yhteenveto.

Taulukko 7 Salattu.

Työmenetelmien valintaan usein vaikuttaa työnjohtajien ja työntekijöiden aikaisempi kokemus eri työmenetelmistä. Kokemuksen avulla työ saadaan laadullisesti, taloudellisesti, aikataulullisesti ja turvallisesti tehtyä. Päätöksemme suurmuottien käytön valintaan perustui osittain siihen, että yhdellä työntekijällämme oli paljon kokemusta kyseisestä työmenetelmästä, kun taas laakasiiloelementit olivat suurimmalle osalle täysin uusi käsite. Tämä myös osittain vaikutti suurmuottien valintaan, sillä niistä työmaalla oli kokemusta ja tavallaan tiesimme täysin, miten niiden kanssa työ saadaan eteneväksi. Yhdessä tukimuurissa toisella puolella oleva maanpinta olisi noussut niin korkealle, että 2,9 m korkea elementti ei olisi riittänyt, vaan olisimme joutuneet tekemään elementin päälle jälkivalun. Tukimuurit olivat tahdistava työvaihe maarakennustöihin liittyen, joten aikataulun mukaan elementtien käytöllä voitettu viikko olisi nopeuttanut maarakennustöiden alkua.

Kuvio 3 Salattu.

Kuvio 3. Kokonaiskustannusten vertailu (Hirvelä 2018)

Paikallavaluna tehtäessä työn hinta oli suuri, kun taas laakasiiloilla tehtäessä itse elementit olisivat tehneet ison osan kustannuksista. Laakasiiloelementtien kustannuslaskelmat tosin ovat ennakoivia ja emme saa tietää mikä olisi ollut työmaalla lopullinen hinta työmenetelmälle. Lopullinen hintaero on eroteltu yläpuolella (kuvio 3) ja tästä huomaa, että kustannuserot eivät muodostuneet kovin suuriksi.

6.2 Pohdinta

Työtä tehdessäni opin mielestäni paljon kustannuslaskennasta ylipäättäen. Määrien laskeminen anturan muottitarpeista aina tukimuurin betoniin asti oli aika työllistävää ja aikaa vievää, mutta varmasti auttaa jatkossa työelämässä. Työni alkoi pääotsikoiden keksimisellä ja sitä kautta sisällysluettelo alkoi hahmottua. Sisällysluettelon ollessa valmis, helpottui työn jakaminen huomattavasti. Ensimmäiset viikot käytin käytännössä kokonaan määrien ja työmenekkien laskentaan, josta kustannukset alkoivat vähitellen rakentua. Olin paljon yhteydessä työmaan vastaavaan työnjohtajaan, sekä kävin usein työmaalla paikan päällä keskustelemassa opinnäytetyöhön liittyvistä asioista.

Tarvittavat materiaalien hinnat sain vaivatta yritymyyjiltämme puhelimen välityksellä ja työntekijöiden sekä aliurakoitsijoiden hinnat kysyin työnjohtajalta. Vaikeinta työssä oli itse laskentatyö, sillä vaihe oli erittäin työllistävä mutta mielestäni suoriuduin määrälaskennasta kunnialla, vaikka aikaa vievää se olikin. Tavoitteenani oli saada paikallavalun työn kustannuksista mahdollisimman realistiset, jonka takia en käyttänyt Ratu:n työmenekkejä joka kohtaan. Laakasiiloelementtien käytön kustannusarvion uskon olevan melko realistinen, vaikkakin itse työmenetelmä olisi ollut melko tuntematon työmaalla. Tästä johtuen työkustannuksien hinnassa todennäköisesti ilmenisi pientä eroa. Jälkikäteen voi miettiä, että jos olisin jo kesällä tiennyt kyseisen kustannusvertailun olevan opinnäytetyöaiheeni, olisin kiinnittänyt tukimuurien tekoon kuluvaan aikaan ja materiaalimenekkiin tarkempaa huomiota.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

JUUTINEN, Timo. (2018). Laakasiiloelementti. [*Valokuva*].

Laakasiilo Rakennustapaselostus. (2013). *Lujabetoni*. Noudettu osoitteesta
http://www.farmipeli.fi/user_files/FTP/Pykalikko/LUJARakennustapaselostus18.11.2013.pdf

PAHKALA, Pekka ja VUORINEN, Mirja. (ei pvm). Paikallavaletut betonipinnat. Noudettu osoitteesta <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK030401.pdf>

Ps-Tasotyö.fi. (ei pvm). Haettu 7. 11 2018 osoitteesta <http://www.ps-tasotyö.fi/fi/yritys>

Rakennustöiden laatu 2017. (2016). *Rakennustieto Oy*. Helsinki: Talonrakennusteollisuus ry. Haettu 7. 11 2018
osoitteesta <https://kortistot.rakennustieto.fi/resource/juha/content/22013#page=1>

Rakennustöiden menekit 2015. (2014). *Rakennustieto Oy*. Helsinki: Talonrakennusteollisuus ry. Haettu 7. 11 2018
osoitteesta <https://kortistot.rakennustieto.fi/resource/juha/content/18056#page=1>

Ratu 0401, Suur- ja erikoismuottityö. (Kesäkuu 2012). *Rakennustieto*. Haettu 7. 11 2018 osoitteesta
<https://kortistot.rakennustieto.fi/resource/juha/content/18269#page=1>