

Anna-Liisa Leppäluoto

Laajennusosan perusmuurin toteutustapojen vertailu

Laajennusosan perusmuurin toteutustapojen vertailu

Anna-Liisa Leppäluoto
Opinnäytetyö
Kevät 2014
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikka, Rakennesuunnittelu

Tekijä: Anna-Liisa Leppäluoto
Opinnäytetyön nimi: Laajennusosan perusmuurin toteutustapojen vertailu
Työn ohjaaja: Pekka Nykyri, Oamk
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2014 Sivumäärä: 34 + 0 liitettä

Opinnäytetyössä selvitettiin Rakennus-Koskela Oy:n työkohteena olevan koulun laajennusosan sokkelin toteutusvaihtoehtoja. Työn tavoitteena oli vertailla elementti- ja paikallavalusokkelin valmistuksen etuja ja haittapuolia kyseisessä kohteessa sekä yleisesti.

Työ alkoi tiedon etsimisellä toteutustapojen työvaiheista ja niiden läpikäynnillä. Työn tarkoitus oli selvittää, kumpi tuotantovaihtoehto olisi kyseiseen kohteeseen soveliaampi. Materiaali- ja työmenekkilaskennassa käytettiin Ratu-kortteja. Niiden pohjalta tehtyjen kustannuslaskelmien materiaalihinnat saatiin Mittaviiva Oy:n rakennusosien kustannuksia –teoksesta. Lopuksi käytiin peruspiirteisesti läpi kohteen toteutus ja pohdittiin, mitä elementtirakentamisella olisi saavutettu.

Tehtyjen kustannuslaskelmien mukaan paikallavalusokkeli olisi edullisempi vaihtoehto tässä kohteessa. Elementtisokkelin vaatiessa uusia suunnitelmia olisi paikallavalu myös nopeampi vaihtoehto. Yleensä elementtirakentamisen edut ovat juuri sen nopeudessa ja työmaalle sijoittuvien työvaiheiden vähyydessä, mutta tässä kohteessa elementtejä olisi jouduttu odottamaan suunnitelmien muuttamisen vuoksi.

Asiasanat:
Betoni, paikallavalu, betonielementti, perusmuuri, sokkeli

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Civil Engineering, Structural Engineering

Author: Anna-Liisa Leppäluoto

Title of thesis: Method Comparison for Implementation of foundation Wall in Extension

Supervisor: Pekka Nykyri, Oulu UAS

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2014 Pages: 34 + 0 appendices

In this thesis the goal was to compare advantages and disadvantages of the making of foundation wall out of the concrete elements versus cast-in-place.

The purpose of the work was to clarify which one of the production alternatives would be more suitable for the subject in question. Ratu-cards were used in material- and labor input calculus. The Ratu card index is a databank published by The Building Information Foundation RTS and Building Information Ltd aimed at the professionals of the construction industry. Prices of materials used in cost calculation were found from the book "Rakennusosien kustannuksia" (costs of building parts). In the end the realization of the subject was described.

According to the cost calculation which were made for the subject cast-in-place foundation wall was a more affordable option. A foundation wall made of elements would have claimed new design so cast-in-place would also be a faster alternative. The ultimate benefit in constructing with prefabricated units is its speed but in this case waiting for a new design would have delayed the start.

Keywords:

Concrete, cast-in-place, concrete element, foundation wall, plinth

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ALKULAUSE

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 KOHTEEN ESITTELY	7
2.1 Perustukset	8
3 TOTEUTUSMENETELMIEN TYÖVAIHEET	10
3.1 Paikallavalusokkeli	10
3.1.1 Suunnittelu	10
3.1.2 Muottityö	10
3.1.3 Raudoitus	11
3.1.4 Betonointi	12
3.1.5 Lämmitys	13
3.1.6 Jälkihoito	14
3.1.7 Muottien purku ja puhdistus	14
3.2 Sokkelielementti	16
3.2.1 Elementtien kuljetus ja varastointi	17
3.2.2 Elementtien asennus	17
4 TOTEUTUSMENETELMIEN VERTAILU	20
4.1 Paikallavalurakentamisen edut	20
4.2 Paikallavalurakentamisen ongelmat	20
4.3 Elementtirakentamisen edut	20
4.4 Elementtirakentamisen ongelmat	21
5 PAIKALLAVALUTYÖN TYÖ- JA MATERIAALIMENEKIT	22
6 ELEMENTTITYÖN TYÖ- JA MATERIAALIMENEKIT	25
7 KOHTEEN TOTEUTUS	27
8 YHTEENVETO	32
LÄHTEET	

1 JOHDANTO

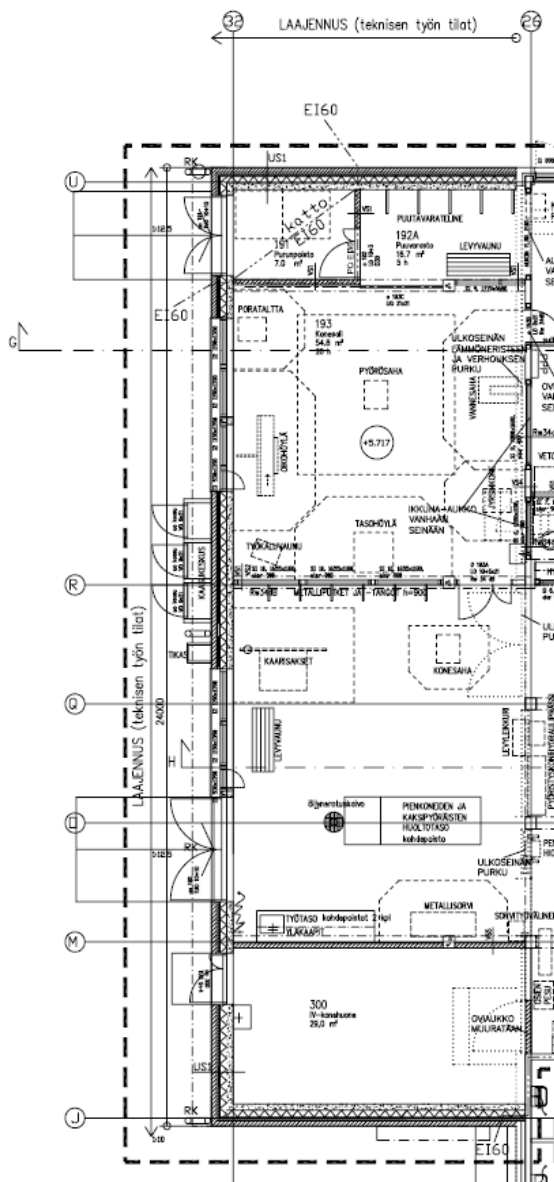
Tässä opinnäytetyössä perehdytään Terva-Toppilan koulun teknistentilojen laajennusosan perusmuuriin toteutukseen. Opinnäytetyö tehdään yhteistyössä Rakennus-Koskela oy:n kanssa. Rakennesuunnitelmien mukaan sokkeli toteutetaan paikalla valaen. Ennen työn aloittamista halutaan käydä läpi vaihtoehtoa, että sokkeli tehtäisiin elementeistä. Tämä olisi kuitenkin vaatinut uusia suunnitelmia, joten perusmuuri päätettiin kuitenkin toteuttaa olevien suunnitelmien mukaan.

Perusmuurin tehtävä on siirtää rakennuksen kuorma anturalle ja toimia ylärakenteiden jalustana. Perusmuuri voidaan jäykistää maanpainetta kestäväksi, ja sen avulla anturat voidaan ulottaa routasyvyyden alapuolelle. (12,s.293.)

Opinnäytetyössä käsitellään aluksi paikallavalu- ja elementtimenetelmien työvaihteita peruspiirteisesti, jonka jälkeen vertaillaan menetelmiä. Lopuksi käydään läpi kohteen toteutus ja pohditaan, olisiko toisella menettelytavalla ollut etunsa kyseisen perusmuurin toteutuksessa.

2 KOHTEEN ESITTELY

Kohde, johon opinnäytetyössä perehdytään, on Terva-Toppilan koulu, Ankkuriyksikkö. Kohde sijaitsee Toppilan kaupunginosassa, opetustoimintaa palvelevien rakennusten korttelialueella. Urakkaan kuuluu myös vanhojen teknistentilojen peruskorjaus, mutta tässä opinnäytetyössä keskitytään laajennusosan betonisokkeliin. Laajennuksen huoneistoala on 170 huom2 (1.krs).(1,s.4.)

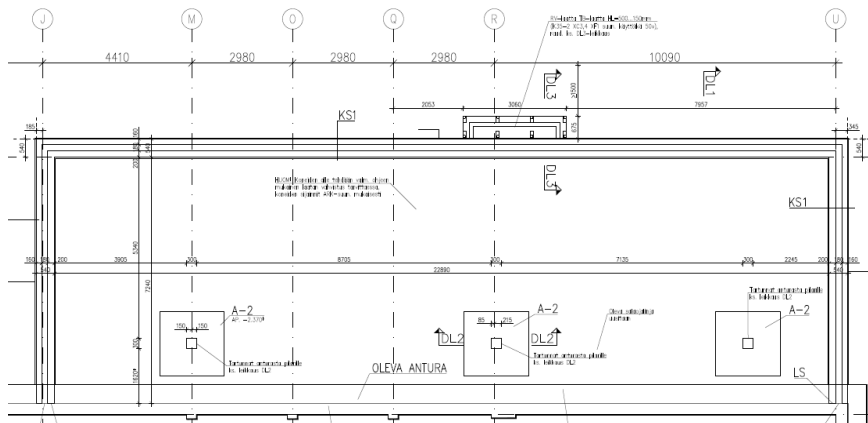


KUVA 1. 1.krs Pohjapiirustus, laajennusosa

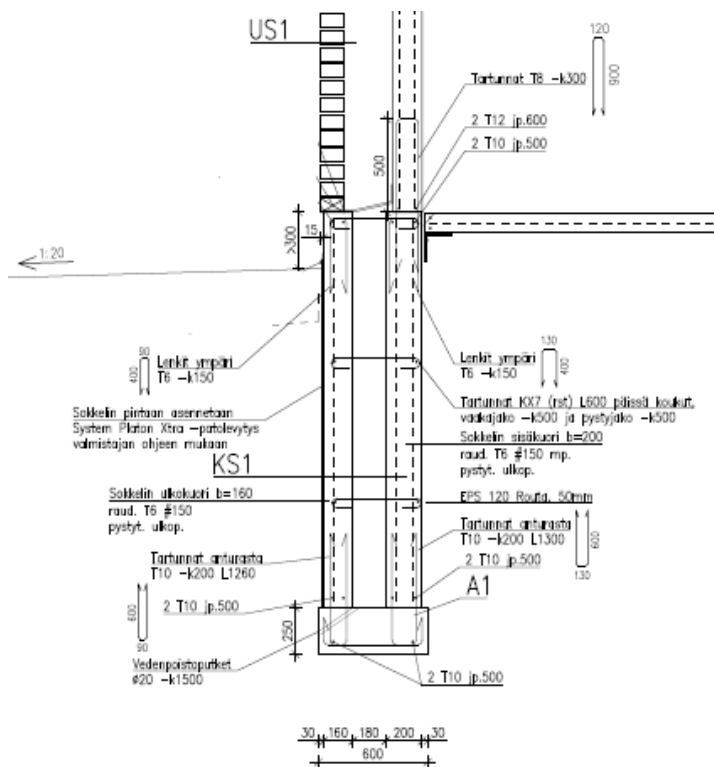
2.1 Perustukset

Rakennus perustetaan maanvaraisille anturoille. Pilari- ja seinäanturat sekä perusmuurit, peruspalkit ja peruspilarit tehdään teräsbetonista paikalla valaen.

Noudatetaan seuraavia ohjeita: Runko RYL, BY39, BY40, BY50-2004, Runko RYL 2010 41(Betonirunkorakentaminen), 42 (Betonielementtirakentaminen), 52 (Kiviverhous- ja päällystys). (1,s.9.) Kuvissa 2-4 esitellään sokkelirakenne.

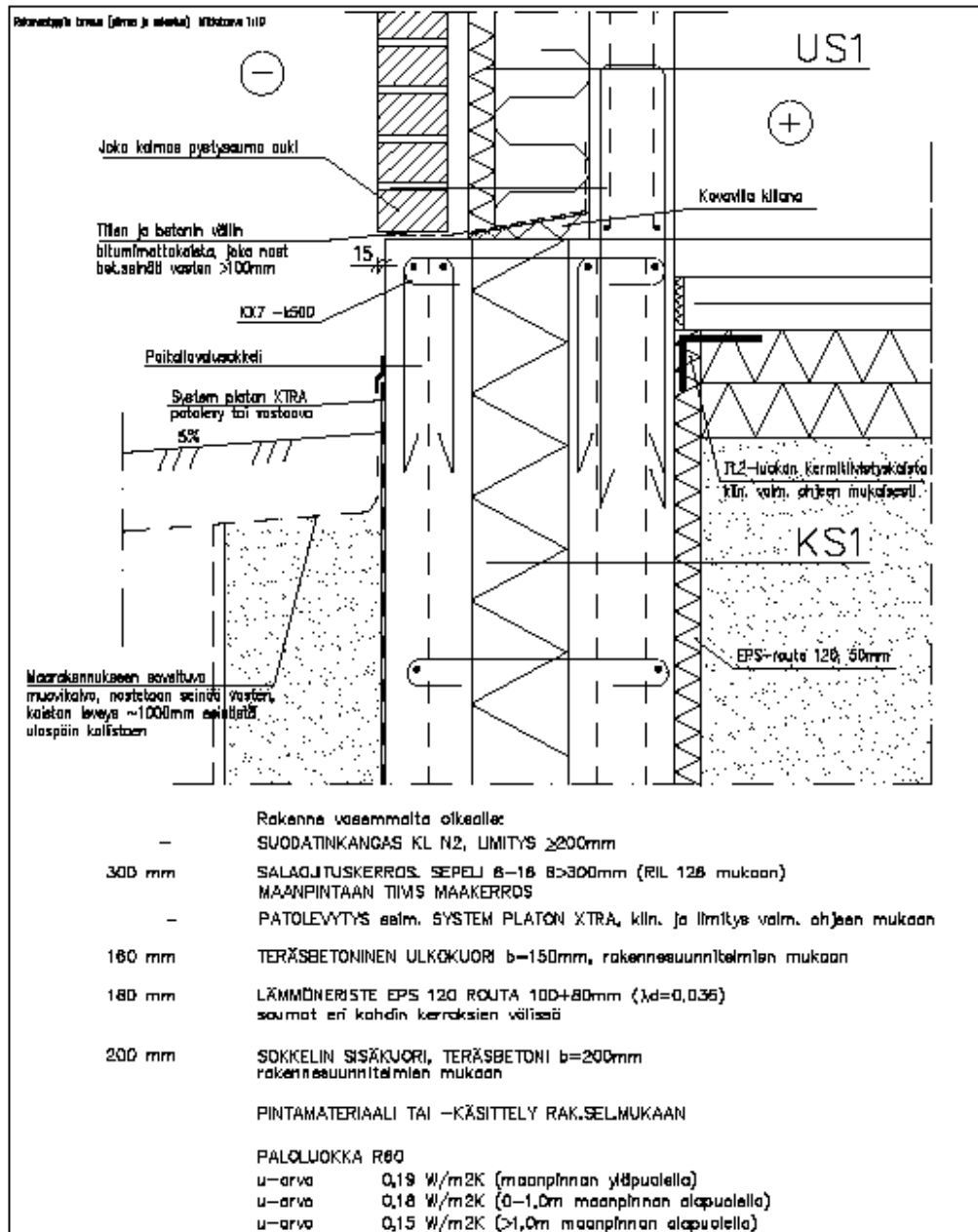


KUVA 2. Perustukset, tasopiirros



KUVA 3. Leikkaus DL1 - DL1

Luokka	Hyönteis	Pöly	Su	Maan
Rakennusliike	TERVA-TOPPILAN KOULU		Työn numero	Rakennusjärjestelmä
Rakennusjärjestelmä	Sokkelirakenne		RAK1306	KS1



KUVA 4. Sokkelirakenne

3 TOTEUTUSMENETELMIEN TYÖVAIHEET

3.1 Paikallavalusokkeli

3.1.1 Suunnittelu

Huolellisella betonointitöiden suunnittelulla vältetään ylimääräiset kustannukset, pysytään aikataulussa sekä saadaan aikaan laadukas betonirakenne. Ennen betonointitöiden aloittamista tulee rakenteeseen soveltuvan betonin lisäksi hankkia tarvittavat työvälineet ja koneet. Lisäksi pitää varmistaa, että betonin kuljetusauto pääsee aiottuun purkupaikkaan ja valmistetaan tarvittavat käärräystiet ja –telineet. Betonointia varten kootaan osaava työkuunta ja samalla arvioidaan valunopeus työkuunnan koon mukaan. (3,s.1.)

3.1.2 Muottityö

Perusmuurin muotit valmistetaan yleensä 22 x 100 mm:n sahatavarasta. Muottityötä nopeuttaa sen kasaaminen lastulevystä, vanerista tai kaseteista. Silloin lopputuloksena on sileä muottipinta, kun taas lautaa käytettäessä saadaan aikaan elävämpi sokkelipinta. Muotit tuetaan valupaineen takia. Muottipinta naulataan laudasta tehtyihin pystytukiin. Pystykoolaus taas tuetaan 50 x 100 mm:n vaakasoiroihin. Muottiseinämät sidotaan yhteen 5 - 6 mm:n teräslangalla tai muottilukoilla varustetuilla harjateräksillä. (2,s.1.)

Muotit tulee vielä tukea ympäröivään maahan riittäväillä tukirakenteilla. Muottien suorakulmaisuus tarkistetaan ottamalla ristimitta. Työn aikana tulee tehdä riittävät mittaukset, jotta muottien mittatarkkuus on varmistettu. Sementtiliiman ulospursuamisen estämiseksi ja valetun rakenteen nurkkien vaurioitumisriskin vähentämiseksi voidaan muottirakenteen nurkat tiivistää kolmiorimoilla. Toinen vaihtoehto on, että nurkat tiivistetään silikonilla. (9,s.7.)

Lautamuotteja on kasteltava ennen betonointityön aloittamista, jotta ne pysyisivät tasaisen kosteina. Kosteus parantaa muotin tiiveyttä ja auttaa irrottamaan muotin valmiista valusta. Levystä valmistetun muotin pintaa tulee öljytä. (4,s.1.)

Öljyä tulee olla huolellisesti koko muottipinnalla, mutta niin vähän kuin mahdollista. Liasta öljyn käytöstä voi seurata valumia, jotka huonontavat betonipinnan laatua. Öljy ruiskutetaan noin 50 cm:n etäisyydeltä paineruiskulla puhdistettua suutinta käyttäen. Ylimääräinen öljy pyyhitään pois, erityisesti varausten yms. kohdilta. Muottiöljyä ruiskutettaessa tulee välttää ruiskuttamista raudoitteisiin tai ympäröiviin rakenteisiin. (9,s.7.)

Ennen muottien tuplaamista tarkastetaan suunnitelmien mukaisten varausten, putkitusten, tartuntojen, raudoituksen ja lämmityksen sijainnit. Varausten kiinnitys tehdään alumiininauloja käyttäen. Talviolosuhteissa muotit suojataan lumelta ja jäältä. Tarvittaessa varaudutaan myös sulattamaan ja puhdistamaan jäisiä ja lumisia muotteja. Tuplauksen jälkeen tarkistetaan muotin suoruus, mittatarkkuus, riittävä tuenta ja tiiviys, siteiden lukitus ja kiristys sekä asennettujen lämmityslankojen paloturvallisuus. Jos muottiside halutaan irrottaa valusta, käytetään muottisiteiden ympärillä valuholkkeja. (9,s.8.)

3.1.3 Raudoitus

Betonirakennetta vahvistetaan raudoituksella, koska betonin vetolujuus ja kyky kestää leikkausvoimaa on melko pieni. Betoni ja teräkset täydentävät toistensa lujuusominaisuuksia, ja sen ansiosta teräsbetonirakenne kestää huomattavasti suurempia kuormituksia kuin kumpikaan materiaali yksinään. (8,s.75.)

Raudoitus voidaan tehdä valmiiksi pöydässä ja nostaa valmiina paikalleen tai suorittaa sijallaan ensimmäisen muotin valmistuttua. Raudoituksen tarkoituksena on vahvistaa betonin huonoa vetolujuuskestävyyttä ja näin ollen parantaa myös leikkauslujuutta. (5,s.16.)

Ennen raudoitustyön aloittamista tarkastetaan, että muoteissa on tarvittavat kotelot, läpimenot ja putkitukset ja että raudoitteet ovat puhtaat. Raudoitteet asennetaan suunnitelmien mukaan. Tankojako merkitään muotteihin ja sidelankojen päät taivutetaan raudoitteen sisäpuolelle. Raudoitustyön aikana seurataan työtuloksen suunnitelmienmukaisuutta, suoruutta ja mittatarkkuutta sekä riittävää jäykkyyttä. Pyritään raudoitukseen, joka ei liiku betonivalun tai tiivistyksen aikana. (9,s.8.)

Varmistetaan, että betonipeitteen paksuus täyttää määräykset. Betonipeitteen paksuuden tulee olla vähintään 50 mm, kun betonoidaan maata vasten. Jotta raudoitteet saadaan pysymään riittävän etäällä muottipinnasta koko valun ajan, käytetään suunnitelmienmukaisia välikkeitä. (9,s.8.)

Raudoitus ei saa estää suunnitelmienmukaista betonivalua tai valun riittävää tiivistystä. Valusukkaa tai betonipumppuletkua varten, tulee pystyrakenteiden yläosiin jättää aukkoja 1-1,5 metrin välein. (9,s.8.)

Turvallisuus syistä, kulkureittien läheisyyteen jäävien raudoitteiden päät suojataan tulppaamalla tai taivuttamalla. Hitsaustyö suoritetaan tuulelta ja kosteudelta suojassa. (9,s.8.)

3.1.4 Betonointi

Ennen betonoinnin aloittamista varmistetaan, että muotit ovat puhtaat, sulat ja lumettomat. Betonointi aloitetaan uloimmasta nurkasta ja valettua betonirintausta vasten. Kerralla valetaan aina suunnitelmien mukaiseen työ- tai liikunta- saumaan asti. (9,s.7-8.)

Jotta vesi ja kiviaines eivät erottuisi massasta, tulee betoni pudottaa alas suoraan ja mahdollisimman matalalta. Pudotuskorkeuden tulee olla enintään 1,5 m, ja massa ei saa osua muottiseinämään laskettaessa. (4,s.1.) Muottien tiiviyttä ja kestävyyttä tarkkaillaan koko betonoinnin ajan (9,s.8).

Valukorkeus saa olla enintään 40 cm, jotta muottipaine pysyy sallituissa rajoissa ja jotta betoni on vielä mahdollista tiivistää huolellisesti. Etenkin jos kyseessä on puhdasvalupinta, eli rakenteen betonipinta jää näkyviin, tiivistyksen merkitys kasvaa. Tiivistämisen tehtävä on täyttää muotti kokonaisuudessaan poistaen siitä ylimääräisen ilman, saada runkorakenteet lähemmäksi toisiaan ja ympäröidä muottiin asetetut teräkset. (4,s.1.)

Täryttimen tulee mahtua raudoitteiden läpi rakenteen joka kohdassa. Tärytin valitaan rakenteen mittojen mukaan ja sen annetaan painua omalla painollaan tiivistettävän valukerroksen läpi vähintään 200 mm alempaan valukerrokseen. Pystyrakenteissa täryytys tehdään 2-1,5 metrin etäisyydellä valurintauksesta.

Täryytin pidetään pystysuorassa, eikä sitä saa käyttää massan siirtelyyn. Pystyrakenteilla sopiva tärytysaika on 15–20 sekuntia. Tiivistys tehdään tasaisesti esim. 40 cm:n välein, ja se nostetaan ylös hitaasti 4 cm/s. Tärytystä ei saa tehdä varauksia tai raudoituksia vasten. Sauvan etäisyyden muottipinnasta tulee olla vähintään 10 cm. (9,s.8.)

On tärkeää huomioida, että tuorebetonimassa säilyy valukelpoisena 2-3 tuntia. Betonin voi tilata hidastettuna, jos oletetaan yhden kuorman valamisen kestävä kauemmin; sitoutumisen alkaminen siirtyy, jolloin betoni säilyy valukelpoisena pitempään. (4,s.1.)

Liikuntasaumat tehdään suunnitelmien mukaan. Pystysaumat tehdään työsauvamaverkkojen avulla ja kaikki raudoitteet katkaistaan liikuntasaumassa. Vaakatyösaumat tehdään karhentaen. Betonin kovettumisen jälkeen tehtävät reiät eivät saa katkaista raudoitusta tai huonontaa sen ankkurointia. Siksi on hyvä vielä valun yhteydessä tarkastaa varausten, tartuntojen yms. suunnitelmienmukaisuus. (9,s.8.)

Valun jälkeen tarkistetaan vielä, etteivät muotit ole liikkuneet ja että ne ovat vielä suorassa. Perusmuurin betonipinta puuhierretään oikeaan tasoon. Jos suunnitelmien mukaisia tartuntoja ei ole vielä asennettu raudoituksen yhteydessä, asennetaan ne valun yhteydessä. Tehdään suunnitelmien mukaiset koe-kappaleet. (9,s.8.)

3.1.5 Lämmitys

Jotta betoni kovettuisi ja saavuttaisi suunnitellun lujuutensa nopeasti, on myös talviolosuhteissa betonoitaessa massan lämpötila pidettävä riittävän korkeana. Tähän tarkoitukseen on useita menetelmiä ja oikea menetelmä tulee valita kohdekohtaisesti. Voidaan käyttää joko kuumabetonia ja lämpöeristettyä muottia tai sähköistä lämmitystä. Sähkövastuslangat asennetaan betonivaluun tai vaihtoehtoisesti muottia lämmitetään. (8,s.73.)

3.1.6 Jälkihoito

Betonin kovettuminen vaatii kosteutta, ja liian nopea kuivuminen aiheuttaa halkeilua. Näin ollen valua täytyy kastella, ja se tulee pitää asianmukaisesti suojattuna. Jälkihoitotoimenpiteet valitaan valun koon, betonilaadun sekä ympäröivien olosuhteiden ehdoilla. Olosuhteista on huomioitava muun muassa lämpötila ja ilman vaihtuvuus. Jälkihoitojen pituus ei juuri vaikuta betonin kutistumiseen. Kun jälkihoito lopetetaan, betoni kutistuu veden haihtumisen seurauksena. Tätä reaktiota kutsutaan kuivumiskutistumiseksi. Kutistuminen kuitenkin aiheuttaa rakenteeseen jännityksiä, joita rakenne kestää paremmin pitemmällä jälkihoidolla (vetolujuuden kehittyminen). (6,s.1.)

Jälkihoidon minimiaika on yleensä kolme vuorokautta, mutta pakkas-, kulutus- tai kemiallisen rasituksen alaiseksi joutuvilla rakenteilla sen tulee olla vähintään seitsemän vuorokautta. Halkeilun minimoimiseksi jälkihoito tulee aloittaa välittömästi betonoinnin jälkeen. Avoimet yläpinnat tulee kastella päivittäin, kun taas muottipintoja vasten olevat pinnat säilyttävät kosteuden itsestään. Talvella kastelua ei voida suorittaa, koska viileän veden aiheuttamat lämpötilavaihtelut aiheuttaisivat betonipinnan halkeilua. (6,s.1.)

Toinen vaihtoehto betonipinnan kastelulle on sen peittäminen. Muovin saumakohdat yms. tulee teipata tiiviiksi, jotta tuuli ei pääse puhaltamaan muovin alle. Pinta tulee peittää heti valun jälkeen. Betonista haihtuva kosteus tiivistyy muovin ja pinnan väliin, jolloin mekaanista kastelua ei enää tarvita. Peittämisellä on etunsa myös plastisten kutistumishalkeamien estämisen suhteen. Pinnan kastelu voitaisiin aloittaa vasta, kun vesi ei enää huuho sementtiä ja hienoainesta pinnasta, ja näin ollen heti valun jälkeen syntyviä plastisia kutistumishalkeamia ei voitaisi estää. Betonipintojen jälkihoitoon on olemassa myös lukuisia suihkuttavia jälkihoitoaineita, joiden tarkoitus on muodostaa pintaan kosteutta läpäisemätön kalvo. (6,s.1.)

3.1.7 Muottien purku ja puhdistus

Betonin saavutettua vähintään 60 % nimellislujuudestaan saa muotin purkaa. Kuitenkin muottien ei-kantavat osat saa purkaa jo betonin saavutettua 5MN/m²

keskimääräisen puristuslujuuden. Purkamisen tulee suorittaa sellaisessa järjestyksessä, ettei rakenteeseen kohdistu ylimääräisiä kuormia. Muottisiteet kaistaan 15-30 mm syvyydestä ja niiden kohdat paikataan muun pinnan kanssa samaan tasoon. Muotti tulee pestä painevedellä ja harjalla välittömästi purun jälkeen. (9,s.8.)

3.2 Sokkelielementti

Sokkelielementtejä on sandwich-elementtien lisäksi saatavilla eristämättöminä sokkelipalkkeina tai ontelolaattoina. Sandwich-sokkelielementit tuetaan seinä- tai pilarianturoiden päältä. (7,s.1.)

SOKKELITYYPPI	YLÄPUOLINEN SEINÄTYYPPI
	<p>Ei kantava sandwich-elementti</p> <ul style="list-style-type: none"> Sisäkuori 80mm Eriste mineraalvilla tai EPS 240mm Ulkokuori 70mm <p>Paksuus 390mm</p>
	<p>Ei kantava sandwich-elementti</p> <ul style="list-style-type: none"> Sisäkuori 80mm Eriste EPS 180mm $\lambda_c \leq 0,031$ W/mK Ulkokuori 70mm <p>Paksuus 330mm</p>
	<p>Kantava sandwich-elementti</p> <ul style="list-style-type: none"> Sisäkuori 150mm Eriste mineraalvilla tai EPS 240mm Ulkokuori 70mm <p>Paksuus 460mm</p>
	<p>Kantava sandwich-elementti</p> <ul style="list-style-type: none"> Sisäkuori 150mm Eriste EPS 180mm $\lambda_c \leq 0,031$ W/mK Ulkokuori 70mm <p>Paksuus 400mm</p>
	<p>Rapattu julkisivu</p> <ul style="list-style-type: none"> Sisäkuori 150mm Eriste mineraalvilla 240mm Ohutrappaus 10mm <p>Paksuus 400mm</p> <p>Rappausjärjestelmä voi vaihtoehtoisesti olla 220mm eriste ja 25 mm rappaus.</p>
	<p>Muurattu julkisivu</p> <ul style="list-style-type: none"> Sisäkuori 150mm Eriste mineraalvilla 220mm Ilmarako 40mm Muuraus 130 mm <p>Paksuus 540mm</p>

KUVA 5. Sandwich-sokkelielementtien mitoitus ja esimerkit niiden yläpuolelle soveltuvista seinistä (7.s. 1)

3.2.1 Elementtien kuljetus ja varastointi

On tärkeä laatia tarkka asennusaikataulu, josta käy ilmi, milloin asennetaan mitään elementtejä, jotta elementtien toimitukset työmaalle voidaan ajoittaa sujuvasti ja turhailta varastoinnilta työmaalla vältyttäisiin. Näin saadaan myös asennusrytmi pysymään häiriintymättömänä, koska tarvittavia elementtejä ei jää uupumaan. (8,s.97.)

Elementtien vaurioitumisen ja tapaturmien riski on suuri kuljetuksen ja kuorman purkamisen aikana. Elementtitoimittaja huolehtii, että kuorma on hyvin sidottu ja suojattu. Mahdollisuuksien mukaan kuljetusliikenne olisi hyvä järjestää yhteen suuntaan kulkeväksi eli niin, että työmaan ja asennuspaikan läpi olisi ympäriajo-mahdollisuus. (8,s.97.)

Elementtikuorman saapuessa on työmaalla oltava valmiina nostoväline, purku-alue ja tarvittavat työntekijät. Elementtikuorma puretaan elementtitoimittajan ohjeiden mukaisesti työmaalla käytössä olevalla nostolaitteella sille varatulle tilapäiselle varastointialueelle. (8,s.98.)

Mahdollisuuksien mukaan elementit voidaan asentaa suoraan kuormasta, mutta muutoin ne varastoidaan työmaalla esimerkiksi kampatelineisiin. Elementtien lämmöneristeet tulee suojata kastumiselta ja varastointialueen maan tulee olla kantava ja suora. Mahdollisia painumia estetään aluspuilla. (9,s.31.)

3.2.2 Elementtien asennus

Ennen asennuksen aloittamista laaditaan asennussuunnitelma. Suunnitelmaan tulee sisällyttää asennus- ja toimitusaikataulun lisäksi asennusjärjestys, nostokalusto ja -alueet, työryhmä ja tarvittavat työmaan aputoiminnot, asennusaikainen tuenta, lopullinen kiinnitys, sauma- ja juotosvalumenetelmät sekä niihin liittyvät materiaalit, mittatarkkuus ja muut asennustyön laatuvaatimukset. Mittaaminen on tärkeä osa elementtien asennuksen alkuvaiheessa, koska virheet korostuvat helposti asennuksen edetessä. Alkuvaiheessa tehty pienikin mittavirhe juoksee mukana koko loppu-urakan. (8,s.100–101.)

Työssä käytettävä nosturi valitaan työmaan sijainnin sekä laajuuden perusteella. Valintaan vaikuttaa lisäksi elementtien painot ja elementtien lukumäärä. Nosturien lisäksi asennusryhmällä on oltava käytössä myös muuta kalustoa, aina käsityökaluista ja turvavälineistä hitsauslaitteisiin. (8,s.102.)

Elementtejä nostetaan niihin asennetuista nostolenkeistä, joiden tulee olla lukkiutuneessa asennossa nostojen ajan. Tarpeen mukaan apuna voidaan käyttää ohjaukkyöttä tai nostopuomia. Kaikkiin apuvälineisiin ja nostolaitteisiin tulee olla merkitty sen enimmäiskuorma. Nostokoukut saa irrottaa elementeistä vasta, kun elementit on asianmukaisesti tuettu. (9,s.31.)

Jokainen sokkelielementti tuetaan vähintään kahden elementtituen avulla. Tukia asennettaessa tulee tarkistaa, etteivät ne ole jäätyneen maan varassa. Riittävä asennusaikaintuenta varmistetaan asennuspalojen ja asennuspulttien avulla. Sokkelielementtien pystysuoruus tarkistetaan vesivaa`an tai teodoliitin avulla. Teodoliitia ja vaaituskojetta käyttäen oiotaan elementtilinja suunnitelmia vastavaksi. (9,s.31.)

Juotosbetonin ominaisuuksien mukaan suunnitellaan betonimassan tiivistyksen ja elementtisaumojen tukkolaudoituksen tarve. Betonipumppumassa on valumantonta, joten käytettäväksi riittää ainoastaan toispuolinen tukkolaudoitus ja juotosvalu viimeistellään lastalla. Saumat tulee laudoittaa molemmiin puolin valuvaa betonimassaa käytettäessä, mutta juotosvalun tiivistystä ei tarvita. Ennen asennusaikaisten tukien poistoa on tarkastettava juotosbetonin riittävä kovuus. (9,s.31–32.)

Ennen saumavalua tarkistetaan saumaraudoituksen oikeellisuus, liitokset sekä sokkelielementin lämmöneristeen jatkuvuus. Saumaraudoituksen sidelankojen päät taivutetaan sisäänpäin betonipinnan ruostejälkien välttämiseksi. (9,s.31.)

Ennen hitsauksen tai juotosvalun aloittamista talviolosuhteissa tulee varmistaa, että liitospinnat ovat kuivat, puhtaat ja riittävän lämpimät. Myös elementtiasennuksen yhteydessä joudutaan suojaamaan ja lämmittämään saumavalua, jos sää on kylmä tai sateinen. Saumavaluja jälkihoidetaan kastelemalla. (9,s.32.)

Elementtien juotosten suunnitelmien mukainen kovettuminen tulee tarkistaa, ennen kuin elementtejä aletaan kuormittaa. Saumojen laatu voidaan tarkastaa esimerkiksi ottamalla porausnäyte tai suunnitelmien mukaiset koekappaleet juotosbetonista. (9,s.32.)

4 TOTEUTUSMENETELMIEN VERTAILU

4.1 Paikallavalurakentamisen edut

Paikalla valettaessa saadaan aikaan yhtenäinen ja tiivis rakenne, jossa ei ole vuotavia, rakennetta heikentäviä saumakohtia. Yleisesti paikallavalusokkeli on hinnaltaan edullisempi kuin elementtisokkeli. Kustannuksiin vaikuttavat kuitenkin useat seikat, kuten vuodenaika, elementtien määrä ja haasteellisuus. (5,s.34.)

Valetun perusmuurin etuja ovat lisäksi myös hyvä kestävyys painumien aiheuttamia halkeamia vastaan ja helppo eristettävyys kosteutta vastaan (12,s.293).

4.2 Paikallavalurakentamisen ongelmat

Paikalla valettaessa on paljon työvaiheita, jotka tulee suunnitella huolellisesti, jotta pysyttäisiin halutussa aikataulussa. Muottityö on hidasta ja vaatii myös enemmän apuvälineitä ja työkaluja kuin elementtiasennus.(5,s.34.) Myös vaikeahkot lämmöneristystyöt hidastavat paikallavalusokkelin tekoa (12,s.293).

Jo ainoastaan muottien varastointi työmaalla, niiden nosto, siirto ja tuenta voivat tuottaa ongelmia etenkin ahtaalla työmaalla (9,s.14). Muotit vaativat myös säännöllistä huoltoa. Muottien levyt vaihdetaan, puhdistetaan ja tarkastetaan yleensä neljän valukerran välein. (5,s.34.)

Paikalla rakennettaessa on kiinnitettävä erityisesti huomioita myös ympäröiviin olosuhteisiin. Vuodenajan merkitys on suuri. Valu tulee voida suojata sateelta, lumelta ja tuulelta sekä tarvittaessa pitää lämpimänä keinotekoisesti. (9,s.14.)

4.3 Elementtirakentamisen edut

Elementtirakentamisen suurimpia etuja ovat nopea toimitus, tasalaatuisuus ja työmaalle sijoittuvien työvaiheiden vähyyys. Lisäksi suurena plussana voidaan pitää sitä, että rakennetta päästään kuormittamaan heti, kun elementtien saumat on juotettu ja ne ovat saavuttaneet tarvittavan lujuuden. (5,s.36.)

Elementtirakentamisella säästetään aikaa, mikä taas vähentää kustannuksia. Kun työt kohteessa alkavat, voidaan elementtejä alkaa valmistaa, vaikka niille ei olisikaan heti tarvetta. Näin elementit ovat valmiina heti, kun työssä ollaan siinä vaiheessa, että niitä voitaisiin alkaa asentaa. (5,s.36.)

Kun elementit valmistetaan tehdasoloissa, saadaan elementeistä tasalaatuisia. Vaativat sääolosuhteet eivät pääse vaurioittamaan betonia sen lujuuden kehityksen alkupuolella. Pinnoista tulee hyvin säänkestävät, koska muotit tekevät pinnoista sileät ja kovat sekä suojabetonipeite on riittävän paksu. (5,s.36.)

4.4 Elementtirakentamisen ongelmat

Suhteessa elementtirakentamisen hyötyihin haittapuolia on vähän. Tällaisia ovat kuitenkin saumojen määrä, korkea hinta ja suuret hintaerot sekä rakenteen epästabilius asennuksen aikana. Usein jo ainoastaan saumojen paljous voi estää elementtirakentamisen. Kun saumoja on paljon, on mahdollisia vuotokohtia-kin enemmän, ja näin ollen rakenteen tiiviys ei riitä täyttämään vaatimuksia. Jäykkyytensä rakenne saavuttaa vasta, kun elementit on juotettu yhteen. Suhdanteet ja kilpailutilanne määräävät elementtien hinnan. Toki myös elementin rakenne ja tyyppi sanelevat kustannuksia.(5,s.37.)

Mittaustyöt ovat elementtityömaalla huomattavasti suuremmat ja haastavammat kuin paikallavalutyömaalla. Elementit tulisi voida asentaa ilman piikkauksia tai loveamisia, ja siksi pieninkin mittavirhe voi olla kohtalokas. (8,s.101.)

5 PAIKALLAVALUTYÖN TYÖ- JA MATERIAALIMENEKIT

Paikallavaletun perusmuurin työ- ja materiaalimenekit laskettiin Rakennusteollisuus RT ry:n suunnitteluohjeen 1198-S mukaan.

Työ toteutettaisiin niin, että ensinnä raudoitettaisiin, muotitettaisiin ja valettaisiin sisäkuori. Muottien purkamisen jälkeen asennettaisiin lämmöneriste väliin ja raudoitettaisiin ulkokuori. Lopuksi muotitettaisiin ulkokuoren ulkopinta ja valettaisiin eristeen ja muotin väli eli ulkokuori. Näin ollen jouduttaisiin kasaamaan kolmekertaa muottirivi sokkelin alalle sekä valamaan kahdessa erässä. Muottimateriaalia ei kuitenkaan tarvittaisi, kuin kahteen pintaan, koska sama materiaali voitaisiin käyttää uudelleen. Taulukossa 1 on laskettu paikallavaletun perusmuurin työmenekki.

TAULUKKO 1. Paikallavaletun perusmuurin työmenekki

Paikallavalettu perusmuuri	Työmenekki	
Muottityö (levymuotti)	tth/muotti-m ²	
Materiaalien siirrot	0,03	
Muotin esivalmistus	0,05	
Paikan mittaus ja merkintä	0,02	
Muotin pystytys, sidonta ja tuenta	0,2	
Muotin purku, materiaalin lajittelu ja karkea puhdistus	0,15	
Muottitarvikkeiden puhdistus, öljyäminen ja kokoaminen	0,07	Työmenekki kohteessa [tth]
Talven vaikutus	0,07	128,55

Sokkelin muottineliöt: 2,12m x 39,4m x 3 =251m²

Suoritemäärän vaikutus muottityön työmenekkiin: kerroin 0,90

Raudoitus	tth/1000 kg	
Materiaalien käsinsiirrot	2	Työmenekki kohteessa [tth]
T6 #150	7,5	8,91

Sokkelin raudoitus: 853 kg

Suoritemäärän vaikutus raudoitustyön työmenekkiin: kerroin 1,1

Betonointi	tth/m ³	tth/valukerta	
Valmistelevat työt (keskimäär. valu 30m ³)	0,03	0,75	
Pumppubetonointi	0,26		Työmenekki kohteessa [tth]
Lopettavat työt	0,02	0,6	13,11

Sokkelin betonimäärä:29m³

Suoritemäärän vaikutus betonoinnin työmenekkiin: kerroin 0,975

Talvihaitta- ja lisäprosentit betonoinnin työmenekissä: Lämpötila 0...-2,5astetta -> 15%

2 Valukertaa

Muotti-, raudoitus- ja betonointitöihin kuluu aikaa yhteensä 151 työntekijätuntia. Ratu-kortin mukaisen työryhmän koko on 2 työntekijää. Kahdella työntekijällä paikallavaletun perusmuurin toteutukseen menisi siis noin 10 työpäivää. Taulukossa 2 on laskettu materiaalimenekit.

TAULUKKO 2. Paikallavaletun perusmuurin materiaalimenekit/muotti-m²

	Teoreettinen menekki	kokonaishukka [%]	Menekki kohteessa
levy, m ²	1	15	288,19 m ²
lauta, m	3,5	40	1227,9 m
soiro, m	2,7	45	981,1 m
Raudoitteet		15...17	981..998 kg
Betoni		5...15	31...34 m ³

Suunnitteluohjeessa ei ole huomioitu lämmöneristettä. Rakennesuunnitelmissa on määrätty EPS 120 ROUTA 100+80 mm. Kyseistä eristettä ei ole saatavilla 80 mm:n paksuudessa, joten käytetään 100+100 mm. Eristeen menekki on $2 \times 80 \text{ m}^2 = 160 \text{ m}^2$. Taulukossa 3 on esitetty tarvittavien materiaalien hinnat, ja taulukossa 4 on laskettu työn kokonaiskustannus.

TAULUKKO 3. Talo 2000 mukaiset materiaalihinnat (11,s.235-247)

Betoni K35-2 #8mm	147,20 €/m ³
Teräs 10mmA 500HW	0,94 €/kg
Sahattu lauta, 22x100, muottipuutavara	0,48 €/jm
Soiro 50x100, muottipuutavara	1,52 €/jm
Vanerilevy 12mm, muottivaneri	7,60 €/ m ²
Lämmöneriste, EPS 120 ROUTA 100mm	9,61 €/ m ²

TAULUKKO 4. Paikallavalutyön kokonaiskustannukset

Betoni	$147,20 \text{ €/m}^3 \times 34 \text{ m}^3 =$	5 004,8 €
Teräs	$0,94 \text{ €/kg} \times 998 \text{ kg} =$	938,12 €
Lauta	$0,48 \text{ €/jm} \times 1227,9 \text{ jm} =$	589,39 €
Soiro	$1,52 \text{ €/jm} \times 981,1 \text{ jm} =$	1 491,27 €
Vanerilevy	$7,60 \text{ €/ m}^2 \times 288,19 \text{ m}^2 =$	2 190,24 €
Läm- möneriste	$9,61 \text{ €/ m}^2 \times 160 \text{ m}^2 =$	1 537,6 €
Työ	$16 \text{ €/tth} \times 1,78 \times 151 \text{ tth} =$	4 300,5 €
	Yhteensä	16 051,92 €

6 ELEMENTTITYÖN TYÖ- JA MATERIAALIMENEKIT

Elementtityön työmenekki on laskettu Ratu-ohjekortin 0396 mukaan. Työmenekki on 22 työntekijätuntia, mikä on huomattavasti vähemmän kuin paikallavaihtoehtossa. Ratu-kortin mukaan työryhmän koko on 3 elementtiasentajaa. Kyseisten sokkelielementtien asennuksessa työryhmällä kestäisi siis yksi työpäivä.

Yleensä elementtejä suositaan juurikin niiden nopean toteutuksen vuoksi. Tästäkin kohteessa elementtisokkeli olisi ollut huomattavasti nopeampi vaihtoehto, jos suunnitelmat olisi tehty paikallavalusokkelin sijasta elementtisokkelille. Kuitenkin elementtisuunnitelmien puuttuminen lykkäisi töiden aloitusta ja näinollen lisäisi kustannuksia. Taulukossa 5 on esitetty elementtityön työmenekki.

TAULUKKO 5. Elementtisokkelin asentamisen työmenekki

	tth/kpl	
Välivarastointi	0,15	
Mittaus	0,25	
Asennus	1	Työmenekki kohteessa [tth]
Juotos, laudoitus, rauditus ja laudoituksen purku	1	21,12

Elementtejä 8 kpl

Suoritemääräkerroin 1,1

Lujabetoni Oy:n elementtitarjous: 13 512,28€. Hinta ei sisällä asennustyötä.

Asennustyön hinnaksi voidaan laskea 20€/elementti-m².

Elementit tulee vielä juottaa yhteen. Siihen kohdistuvat materiaalikustannukset koostuvat saumabetonista, teräksistä ja laudoituksesta. Näiden hinnaksi voidaan arvioida 4,61€/m² (11,s.89).

Jos toteutusmenetelmä vaihdettaisiin paikallavalusta elementtirakentamiseen, jouduttaisiin suunnittelutyö tekemään siltä osin uusiksi. Tämäkin nostaisi ele-

menttirakentamisen kustannuksia arviolta 2000 €:lla. Suunnitelmien ja sen jälkeen elementtien valmistumisen odottaminen lykkäisi työn aloittamista. Taulukossa 6 on laskettu elementtisokkelin toteutuksen kokonaiskustannukset.

TAULUKKO 6. Elementtisokkelin kustannukset

Lujabetoni Oy	Elementtitarjous	13 512,28€
Asennustyö	$20€/m^2 \times 112,34m^2 =$	22 486,8 €
Juotosvalu	$4,61€/m^2 \times 112,34m^2 =$	517,9€
Suunnittelu-työ		2000 €
	Yhteensä	38 516,98 €

7 KOHTEEN TOTEUTUS

Rakennuksen kantavan rungon alle tehdyn anturan tehtävä on jakaa rakennuksen paino maapohjalle. Epätasaisten painumien välttämiseksi antura vaatii alleen kiinteän ja tasaisen maan.

Anturan alle tehtiin mursketäyttö rakennesuunnitelman mukaan. Anturan muotit valmistettiin laudasta esivalmistetuista siivuista. Valupaineen aiheuttamien muodonmuutosten estämiseksi asennettiin sidelaudat. Anturamuotin ollessa valmis ja raudoitettu voidaan muotti valaa betonilla. Kuvissa 6 ja 7 anturan muotitus ja tartunta sokkeliin.



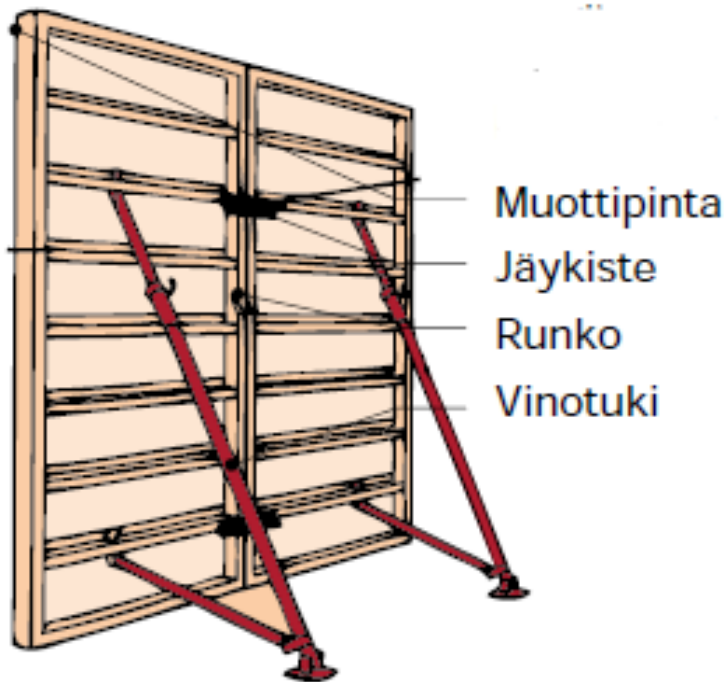
KUVA 6. Anturamuotit



KUVA 7. Tartunnat anturasta ja vanhasta sokkelista perusmuuriin

Sokkeli toteutettiin alihankintana kasettimuoteista. Kasettimuotit ovat teräs-, puu- tai alumiinirunkoon kiinnitettyjä vaneri- tai teräslevyjä (8,s.65). Muottityön hinta oli 50€/muotti-m². Kuvassa 8 on esitetty käytetyn muotin rakenne.

$$242 \text{ muotti-m}^2 \times 50\text{€/muotti-m}^2 = 12\,075 \text{ €}$$



KUVA 8. Kasettimuotti (8,s.65)

Sokkeli toteutettiin niin sanotusti halkaistuna. Ensinnä asennettiin muotit sisimpään pintaan. Sen jälkeen asennettiin sisäkuoren teräkset ja lämmityskaapelit. Tämä vaihe on esitetty kuvassa 9. Seuraava muottirivi asennettiin lämmöneristeen ja sisäkuoren rajapintaan, ja näin saatiin valettua ensinnä sisäkuori.



KUVA 9. Sisäkuoren sisin muottipinta, sekä raudoitus ja lämmityskaapelit.

Ensimmäisenvaiheen muottien purkamisen jälkeen asennettiin lämmöneriste ja ulkokuoren raudoitus. Ulkokuoren ulomman pinnan muotit asennettiin paikalleen ja muotin ja eristeen väli valettiin umpeen. Ulkokuoren muotin purkamisen jälkeen asennettiin patolevytys. Kuvassa 10 kuvattu sokkelin patolevytys, ja kuvassa 11 valmiin sokkelin pinta.



KUVA 10. Patolevytys



KUVA 11. Sokkelipinta

8 YHTEENVETO

Jos perusmuuri olisi päätetty toteuttaa elementtejä käyttäen, se olisi vaatinut rakennesuunnittelijalta uusia piirustuksia. Uusien suunnitelmien odottaminen olisi lykännyt työn aloitusta merkittävästi. Vaikkakin elementtien asennuksessa olisi mennyt vain yksi vuorokausi ja paikallavalussa menee kaksi viikkoa, olisi elementtisokkeli ollut hitaampi vaihtoehto. Myös elementtien valmistus ja niiden toimitus työmaalle olisi ottanut oman aikansa. Muottityö sen sijaan päästiin aloittamaan heti.

Elementtityön etuja on myös se, että rakennetta päästään kuormittamaan heti, kun juotosvalut ovat saavuttaneet riittävän lujuuden. Paikalla valettaessa taas joudutaan odottamaan koko massiivisen rakenteen kuivumista. Talvella valettaessa joudutaan myös huolehtimaan valun lämmityksestä, jottei se pääse jäätymään. Myös elementtityössä joudutaan lämmitystöihin, tosin vain juotosvalujen osalta.

Ratu-ohjekortin 0396, Ratu-suunnitteluohjeen 1198-S ja Mittaviiva Oy:n Rakennusosien kustannuksia -teoksen mukaan luvuissa 5 ja 6 laskettujen arvioitujen kustannusten mukaan paikallavaluvaihtoehto olisi huomattavasti elementtisokkeliä edullisempi. Kuitenkin laskelmista poiketen paikallavalun kustannukset voidaan ajatella hieman laskettua korkeammiksi, koska sokkeli on niin korkea, että muotteina kannattaa käyttää valmiita kasettimuotteja.

Uuden sokkelin tartunnat vanhaan seinään oli helpompi toteuttaa paikallavalurakenteella, kuin elementtirakenteella. Menettelytavan valinta ei ole yksiselitteinen. Rakennusratkaisut valitaan tapauskohtaisesti kuhunkin kohteeseen. Valintaan vaikuttaa muun muassa aikataulu, pohjaolosuhteet ja vuodenaika.

LÄHTEET

1. Tuomela, Hannu. 2013. Rakennusseloste Terva-Toppilan koulu, ankkuriyksikkö, teknisentyötilat. Oulu: Arkkitehtitoimisto Pekka Lukkaroinen oy.
2. Muottityö. 2012. Betoni. Saatavissa: <http://www.betoni.com/paikallavalurakentaminen/betonityot/muottityo>. Hakupäivä: 19.3.2014.
3. Betonointisuunnitelma.2012. Betoni. Saatavissa: <http://www.betoni.com/paikallavalurakentaminen/betonityot/betonointisuunnitelma>. Hakupäivä: 19.3.2014.
4. Betonointi.2012. Betoni. Saatavissa: <http://www.betoni.com/paikallavalurakentaminen/betonityot/betonointi>. Hakupäivä: 19.3.2014.
5. Sorvoja, Mikko 2011. Elementti- ja paikallavalurakentamisen kustannusvertailu. Opinnäytetyö. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, rakennustekniikan ko.
6. Jälkihoito. 2012. Betoni. Saatavissa: <http://www.betoni.com/paikallavalurakentaminen/betonityot/jalkihoito>. Hakupäivä: 19.3.2014.
7. Sokkelielementit. 2012. Elementtisuunnittelu. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/perustukset-ja-vaestonsuojat/sokkelielementit>. Hakupäivä: 20.3.2014.
8. Koski, Hannu – Koskenvesa, Anssi – Mäki, Tarja – Kivimäki, Christian. 2010. Rakentamisen tuotantotekniikka. Helsinki: Rakennustieto Oy
9. Ratu 1198-S. 2002. Perustukset: Tehtäväsuunnittelu - aliurakka, työkauppa. Saatavissa: <https://www-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/kortistot/tuotteet/RTU8500.html.stx> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä: 21.3.2014
10. Rakentajain kalenteri. 2010. Helsinki: Rakennustieto Oy.
11. Mittaviiva Oy. 2013. Rakennusosien kustannuksia. Helsinki: Rakennustieto Oy.

12. Kyyrönen, Keijo.2003. Talonrakennus 1. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Otava.