

PAIKALLAVALUHOIVIN JA ELEMENTTIRAKENTEISEN HOIVIN KUSTANNUSVAIKUTUKSET KERROSTALORAKENTAMISESSA

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Pekka Hartikainen	
Työn nimi Paikallavaluholvin ja elementtirakenteisen holvin kustannusvaikutukset kerrostalorakentamisessa	
Päiväys	14.2.2016
Sivumäärä/Liitteet	37/4
Ohjaaja(t) Hannu Haaranen, tuntiopettaja, Savonia-ammattikorkeakoulu Harry Dunkel, lehtori, Savonia-ammattikorkeakoulu	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Rakennusliike Lapti Oy / Jussi Heikkilä, rakennuspäällikkö	
Tiivistelmä Opinnäytetyön tarkoituksena oli vertailla kahden erityyppisen runkorakennustuotantotavan kustannuksia ja aika- tauluja, toisessa väli- ja yläpohjat on tehty paikallavalettuna. Toisessa kohteessa käytettiin ontelolaattoja. Las- kuissa otettiin huomioon työ-, aine- ja ylläpitokustannukset. Ohjeistus kustannusten sisältöön saatiin toimeksian- tajalta Lapti Oy:n rakennuspäällikkö Jussi Heikkilältä ja opinnäytetyön ohjaajalta Hannu Haaraselta. Kohteena opinnäytetyölle oli Pihlajapuun työmaa, Pihlajalaakson kaupunginosassa Kuopiossa. Työmaa oli lasken- nan aikaan kesken, joten jälkilaskentaa ei saatu suoritettua, mutta työmaa toteutetaan käyttämällä täyselementti- tekniikkaa. Paikallavaluholvissa laskennan pohjana toimi Lapti Oy:n kaksi aikaisempaa työmaata. Ontelolaattojen kustannuksissa käytettiin laskennan pohjana Pihlajapuun tavoitehintalaskelmia. Laskenta suoritettiin Microsoft Excel -ohjelmalla uudelle taulukolle. Työssä käytettiin aikataulukirjaa ja Lapti Oy:n laskennassa käytettyjä menek- kejä. Kustannuslaskenta runkotyyppien välillä kertoo tärkeimmät työ-, aine- ja työmaan ylläpitokustannukset. Lasken- nassa käytetyillä lähtötiedoilla täyselementtirunko on paikallavaluholvillista runkoa neljä prosenttia halvempi. Ai- kaa täyselementtirunkoon kuluu samalla työmiesten määrällä 38 % vähemmän. Työssä laskettiin myös talven vaikutusta kustannuksiin. Opinnäytetyön toimeksiantaja sai hyvää tietoa kustannusten jakautumisista eri runko- vaihtoehtoissa. Jatkossa taulukkolaskentapohjaa voi soveltaa niin, että sitä voidaan käyttää muissakin vastaa- vissa kohteissa. Taulukkolaskentapohja sisältää työ-, aine- ja ylläpitokustannuksille omat välilehdet, joissa tietoja muuttamalla on mahdollista laskea kustannukset myös muille samakaltaisille kohteille.	
Avainsanat elementti, paikallavalu, kustannuslaskenta, kustannusvertailu, kerrostalo	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme In Construction Engineering			
Author(s) Pekka Hartikainen			
Title of Thesis Comparison of Costs Between Full Element and Part Element Frame			
Date	14 February 2016	Pages/Appendices	62/7
Supervisor(s) Mr Hannu Haaranen, Lecturer, Savonia University of Applied Sciences and Mr Harry Dunkel, Lecturer, Savonia University of Applied Sciences			
Client Organisation /Partners Lapti Oy, Kuopio			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to compare costs between two different frame types. One frame has only elements and the other has elements and cast in situ floors. Another goal was to evaluate which one is more economical for the client, Lapti Oy. Calculations were only performed for the frame, not the whole building. The calculations consisted of work, materials and maintenance costs for the construction site.</p> <p>The calculations were performed for a block of flats called Pihlajapuu, located in the district of Pihlajalaakso in Kuopio, Finland. The costs of the cast in situ floor were received from three different construction sites and the median of these prices was used. The costs of elements were received from this construction site, Pihlajapuu. The calculations were done by using Microsoft Excel and the spreadsheets that Lapti Oy provided.</p> <p>The calculations consisted of work, material and maintenance costs of the construction site. The element frame with hollow core slabs was 4 per cent cheaper than the frame with cast in situ. The frame with cast in situ floor takes 61 per cent longer to build with the same amount of workforce. This means that the company can move on to other projects sooner. As a result, the client company got calculations for this type of construction site. The company also got a Microsoft Excel spreadsheet which can be used and edited for different types of construction sites. This spreadsheet provides information on how the expenses of the construction site divide.</p>			
Keywords element, cast in situ, frame, block of flats, calculation of costs			

ESIPUHE

Haluan kiittää Rakennusliike Lapti Oy:n henkilökuntaa mahdollisuudesta suorittaa työnjohtoharjoittelun ja tehdä heille opinnäytetyön tärkeästä ja opettavaisesta aiheesta. Laptin toimihenkilöiden kanssa on ollut ilo työskennellä ja oppia heiltä. Ilmapiiri työntekijöiden ja toimihenkilöiden kanssa on hyvä ja avoin, jolloin opinnäytetyötä varten voi esittää monenlaisia kysymyksiä. Erityskiitokset kuuluvat myös Pentti Leskiselälle, joka on jaksanut uskoa ja luottaa kykyihini.

Haluan kiittää myös opinnäytetyön ohjaajaani Hannu Haarasta kiinnostuksesta tulla mukaan rakennetekniikan opiskelijan ohjaajaksi. Hannu Haaranen on osannut ohjeistaa ja neuvoa aina tarvittaessa niin pienissä kuin suurissakin pulmissa.

Kuopiossa 14.2.2016

Pekka Hartikainen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
1.1	Lyhenteet ja määritelmät	8
1.2	Termejä	8
2	KUSTANNUSLASKENTA RAKENTAMISESSA	9
2.1	Määrälaskenta	9
2.2	Kustannusarviolaskenta.....	10
3	YLEISTÄ BETONIRAKENTAMISESTA	11
3.1	Paikallavalurakentaminen	11
3.2	Teollinen valmisosarakentaminen	12
4	PAIKALLAVALUHOIVIN VAIHEET	14
4.1	Aloittelevat työt.....	14
4.2	Muotin pystytys.....	14
4.3	LVIS-työt.....	14
4.4	Raudoitus.....	15
4.5	Betonointi.....	15
4.6	Jälkihoito.....	16
4.7	Muotin purkaminen.....	16
5	ERI ELEMENTTITYYPPIEN TYÖVAIHEITA.....	18
5.1	Ontelolaatasto	18
5.2	Seinäelementit	23
5.3	Porraselementit.....	27
5.4	Parveke-elementit	28
5.5	Hormielementti	30
6	TALVIRAKENTAMINEN	31
6.1	Talven vaikutus töiden suunnitteluun.....	31
6.2	Lisäkustannukset.....	32
7	KUSTANNUSTEN VERTAILU ESIMERKKIKOHOHEESSA	35
7.1	Työkustannukset esimerkkikohteessa	35
7.2	Materiaalikustannukset esimerkkikohteessa	35
7.3	Työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset esimerkkikohteessa.....	35
7.4	Talven lisätyömenekki.....	35

8 YHTEENVETO.....	36
LÄHTEET	37
LIITTEET	39
LIITE 1: PIHLAJAPUUN TAVOITELASKELMA.....	39
LIITE 2: NIKU, RUUTIKELLARINKATU, HOLVILASKELMA.....	40
LIITE 3: TA, POUKAMANKATU, HOLVILASKELMA.....	41

Tämän opinnäytetyöni tarkoituksena on laskea esimerkikohteelle kustannusvertailun kautta kustannustehokkaampi ja tuotantoteknisesti parempi runkovaihtoehto. Työssä vertaillaan kahta rakentamisessa käytettävää runkoratkaisua, paikallavaluholvillista elementtirakennetta ja täyselementtirakennetta. Täyselementtirakenteinen runko sisältää pääasiassa elementtejä. Paikallavaluholvillinen elementtirakenne koostuu muutoin elementeistä, mutta väli- ja yläpohja ovat tehty paikallavalurakenteisena betoniholvina. Opinnäytetyössä vertaillaan näiden kahden runkoratkaisujen työkustannuksia, materiaalikustannuksia sekä työmaanylläpitokustannuksia. Vertailussa lasketaan myös talven vaikutus kustannuksiin. Opinnäytetyössä lasketaan optimitilanteessa ja riskien toteutuessa kokonaiskustannukset molemmille runkovaihtoehdoille. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Rakennusliike Lapti Oy ja opinnäytetyön esimerkikohteena on Pihlajapuun työmaa Kuopion Pihlajalaaksossa. Opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa kustannuslaskelmat edellä mainituille runkoratkaisuille, soveltamalla voidaan valita kannattavampi runkoratkaisu myös tulevaisuudessa.

Kerrostalarakentamisessa paikallavalurakentaminen on Kuopion alueella vielä elementtirakentamista yleisempää, mutta joissain tilanteissa elementtirakentaminen voi olla paikallavalurakentamista kannattavampaa. Talven kesto on Kuopion korkeudella 130 - 140 päivään vuodesta (Ilmatieteenlaitos 2016), mikä aiheuttaa rakentamisen eri vaiheisiin lisätoita. Lisätöiden määrä eri runkoratkaisuissa vaihtelee, joten talvella voi olla runkoratkaisusta riippuen suuri vaikutus aikatauluihin. Rakennusliike Lapti Oy halusi kustannusvertailun, eri runkoratkaisuista yhdelle työmaalle, jota voidaan soveltaa myös tulevaisuudessa. Laskenta suoritetaan tietoja paikallavalurakentamisen esimerkikohteista, Ruutikellarinkatu Iisalmessa ja Poukamankatu Kuopiossa. Lisäksi elementtirakentamisen laskennan apuna toimii Pihlajapuun tavoitearvio. Vertailu tehdään käyttäen kohteen määrälaskentatietoja ja aikataulukirjan työmenekkejä. Näin saadaan laskettua työnkesto esimerkikohteen työmäärille. Molempiin runkoihin sovelletaan myös Ratu-kortistosta saatuja lisätyöaikoja talvelle.

Opinnäytetyön ensimmäinen osio käsittelee yleisesti työn toteutusta ja tarkoitusta, se myös sisältää lyhenteitä ja termejä, joita laskennassa ja tekstiosassa on käytetty. Toinen luku käsittelee kustannusvertailun sisältöä ja toimintaa. Kolmannessa luvussa käsitellään yleisesti molempia runkotyyppisiä sekä kerrotaan niiden historiasta. Neljäs ja viides luku kertovat molemmille tavoille yleisiä vaiheita, mitä eri vaiheisiin kuuluu työmaalla. Kuudes luku sisältää yleistietoa talvirakentamisesta. Seitsemäs luku avaa tekemäni laskentapohjan lukijalle. Viimeinen luku kokoaa yhteen runkoratkaisun valintaan vaikuttavat tekijät.

Rakennusliike Lapti Oy on perustettu 1990-luvulla ja se kuuluu nykyisin Harjavalta-konserniin. Lapti Oy työllistää Suomessa noin 260 henkilöä ja sen liikevaihto vuonna 2014 oli 82 miljoonaa euroa. Rakennusliike Lapti on mukana asuntorakentamisessa sekä hoivarakentamisessa, kuten päiväkodeissa. Vuonna 2012 Lapti valittiin Pohjois-Suomen kasvuyritykseksi. (Lapti Oy 2015)

1.1 Lyhenteet ja määritelmät

m2 = neliometri
jm = juoksumetri
kg = kilogramma
m3 = kuutiometri
tth = työntekijätunti
KTA = keskituntiansio
US = ulkoseinä
VS = väliseinä
RAM = rakennusammattimies
RM = rakennusmies
OE = Osaelementti
TE = Täyselementti

1.2 Termejä

RATU	rakennustuotannon tietopankki
ELPO	hormielementti (LVIS)
LVIS	lämpö, vesi, ilmanvaihto, sähkö
paikallavalu	betonin valamista työmaalla
takymetri	mittalaite, jolla voidaan mitata korkeuksia ja mittapisteitä
valuastia	nosturilla nostettava astia, josta voidaan valaa betonia
elementti	teollisesti valmistettu tuote
elementtituki	elementin tuentaan soveltuva metallituki
kampateline	elementtien säilömiseen työmaalla käytettävä teline
torninosturi	kasattava nosturityyppi
ajoneuvonosturi	itseänsä kuljettava nosturi
sauvatärytin	betonin tiivistämiseen soveltuva työkalu
BES-järjestelmä	Betonielementtistandardi, kantavat rakenteet ovat väli- ja päätyseinät, välipohjana ontelolaatat ja ulkoseinä ei-kantavat sandwich-elementit
muotti-suunnitelma	muottitarvikkeiden (esimerkiksi Doka) toimittajan tekemä suunnitelma yhdelle holville tarvittavista muottitarvikkeista ja niiden jaoista (Valmisbetoni 2016)
8-9 litterat	työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset

2 KUSTANNUSLASKENTA RAKENTAMISESSA

Kustannuslaskennassa lasketaan tuotteiden kannattavuutta ja selvitetään yksittäisiin suorituksiin meneviä kustannuksia. Kustannukset tiettyyn hankintaan tai valmistukseen on voitava selvittää kustannuslaskelmien avulla. (Taloussanommat 2015.) Kustannuslaskennan avulla ennustetaan ja arvioidaan suunnitelmien perusteella rakennuskohteen kustannuksia. Kaikkiin rakennusprojekteihin tulisi käyttää kustannuslaskentaa, pienempiin projekteihin päässä laskentaa ja isompiin projekteihin taulukkolaskentaa tai muita vastaavia tapoja. Kustannuslaskentaa käytetään apuna aina tarveselvityksestä käyttöönottoon asti. (Haataja ja Anttonen)

2.1 Määrälaskenta

Määrälaskenta suoritetaan käyttäen tilaajalta saatuja suunnitelmia ja asiakirjoja. Määrien mittaus tapahtuu Talo 80-, Talo 90-, tai Talo 2000-määrälaskentaohjeen mukaan. Määrämittauksessa järjestelmät ja rakennusosat luetteloidaan tyypeittäin. (Lindholm 2009, 24) Määräluettelo sisältää nimikekuvaukset, määrät ja yksiköt, jotka on jaettu osakohteittain. Osakohte on fyysinen osa rakenteesta, joka voidaan tehdä yhtenä kokonaisuutena. (Vuorela, Urpola ja Kankainen 2001, 120)

Yleisimpiä määrälaskentamenettelyjä ovat arvio-, mittaus- ja perusosamenettely. Arviomenettelyssä tarkasteltavana olevaa kohdetta verrataan muihin vastaaviin toteutuneisiin kohteisiin. Mittausmenettelyssä mitataan asiakirjoista kaikki tarpeelliset mitat, joiden avulla lasketaan suoritemäärät. Perusosamenettelyssä lasketaan toistuvien perusosien suoritemäärät ja kerrotaan nämä perusosien kappalemäärällä. (Vuorela, Urpola ja Kankainen 2001, 120–121)

Määrälaskennassa suoritetaan seuraavia vaiheita käyttäen (Vuorela ym. 2001, 121):

- asiakirjojen käsittely
- kustannusarviopyyntöjen tuottaminen aliurakoitsijoille
- nimikkeistön täsmennys
- kohteen jakaminen osakohteiksi
- laskennan jakaminen määrälaskijoille nimikkeiden ja osakohteiden mukaan
- määrämittausohjeen ja menettelytavan valinta
- alustavan työsuunnitelman valmistus
- määrien laskenta
- määrälaskennan tarkastus.

2.2 Kustannusarviolaskenta

Kustannusarvion tekeminen on urakoitsijalle kustannuslaskennan tärkein osa. Kustannusarvio auttaa yritystä tarjouksen muodostamisessa, työn ja hankintojen suunnittelussa ja toimii tietolähteenä budjetoinnissa. Arvio kohdistuu hankkeen muuttuviin kustannuksiin eli työvoimakustannuksiin, hankintoihin ja työmaatekniikkaan. (Vuorela, Urpola ja Kankainen 2001, 114)

Laskennan vaiheita ovat (Vuorela, Urpola ja Kankainen 2001, 115):

- tarjouspyyntöasiakirjoihin perehtyminen
- hankkeen osakohdejaon muodostaminen
- määrämittaus (määräluettelo)
- hinnoittelu
- kustannusarviomuiston teko
- kustannusarvion tarkastus.

Kustannusarviolaskennan tuloksena saadaan määräluettelo ja hinnoittelu. Kustannusarviolaskelmissa hinnoitellaan määrät tuotantorakenteiden avulla käyttäen niille tarkoitettuja panoshintoja. Laskenta kohdistuu työmaakustannuksiin eli varsinaisesta rakennustyöstä aiheutuviin työ-, materiaali- ja kalustokustannuksiin, sekä työmaankäyttökustannuksiin. Kustannusarvio laaditaan käyttäen päivän hintatasoa ja ilman mahdollisesti saatavia alennuksia. Arvion tarkkuus on keskeinen tekijä kilpailulle ja edellytys järkevään hintojen valvontaan. Arvion tarkkuuteen vaikuttaa laskentamenetelmien laatu, tarkkuus ja laskijoiden ammattitaito. (Vuorela, Urpola ja Kankainen 2001, 119)

$(\text{Panoshinta}) * (\text{Tuotannonrakenteiden määrä}) = (\text{Kustannukset})$

3 YLEISTÄ BETONIRAKENTAMISESTA

Betonirakentamisen historia alkaa jo antiikin Roomasta. Tunnetuimpana rakennuksena Rooman Pantheon, joka on raudoittamaton betonirakennus. Betonin käyttö yleistyi 1800-luvulla Portland-sementin keksimisen jälkeen. Suomessa 1800-luvulla betonista valettiin esimerkiksi hienoja portaikoita. Raudoitettun betonin käyttöönotto mahdollisti laajojen ja avariin rakennusten ja siltojen tekemisen. Vuonna 1900 järjestetty Pariisin maailmannäyttely lisäsi paljon tietoutta betonin käytöstä runkorakenteena. (Hytönen ja Seppänen 2009)

Betonirakentaminen kehittyi vauhdilla 1900-luvulla Suomessa todella nopeasti. 1920–50-luvuilla teollistuminen ja kaupungistuminen edellyttivät nopeaa rakentamista, johon betonirakentaminen soveltui hyvin. Elementtitekniikkaa alettiin kehittää 1950-luvun alussa. 60- ja 70-luvun taitteessa kehitettiin asuinrakentamiselle sopiva BES-järjestelmä, joka mahdollisti 1970-luvun ennätysmäisen asuntotuotannon. BES-järjestelmä perustuu kantaviin pääty- ja väliseiniin, ei-kantaviin sandwich-ulkoseiniin ja välipohjissa olleisiin pitkälaattoihin. Tiukat budjetit ja kiire aikataulu vaikuttivat talojen visuaalisuuteen, joten sen ajan talot jäivät myös hyvin laatikkomaisiksi. (Hytönen ja Seppänen 2009)

Betonirakentamiseen liittyvä tietoisuus perustui lyhytaikaiseen kokemukseen vielä 1970-luvulla. Raudotteiden ruostumisen, pakkasen vaikutuksen ja lämpökäsittelyn takia julkisivuja onkin jouduttu peruskorjaamaan jo 30–40 käyttövuoden jälkeen. 1980-luvulla laadittiin Runko-BES, joka oli tarkoitettu toimitila- ja teollisuusrakentamiseen. Runko-BES perustuu pilari-palkkirunkoon ja niiden mitta- ja tyyppisuosituksiin. 2000-luvun aikana mallintaminen ja matalaenergiarakentaminen ovat kehittäneet betonirakentamisen tuottavuutta ja laatua. (Hytönen ja Seppänen 2009)

3.1 Paikallavalurakentaminen

Valmisbetonin suurin käyttökohde on runkorakenteet. Paikallavalurakenteet sopivat asuinkerrostaloihin, toimisto- ja liikerakennuksiin sekä pysäköintirakennuksiin. Tärkein etu paikallavalurakentamisessa on suunnittelun vapaus, jonka betonin plastinen ominaisuus mahdollistaa. Paikallavaletut julkisivut ovat saumattomia ja muutenkin teknisesti toimivia. (Betoni 2016)

Paikallavalurakentamisen vahvuudet (Betoni 2016):

- suunnittelun vapaus
- muunneltavuus suunnittelu- ja rakennusvaiheessa
- rakenteiden jatkuvuus
- talotekniikan sopeutus.

Rakenteen ominaisuuksia (Valmisbetoni 2016):

- massiivinen
- tiivis
- energiatehokas
- luja
- kestävä
- ääntä eristävä
- pitkäikäinen
- paloturvallinen
- helppohoitoinen
- kosteudenkestävä.

Maksimaalinen paikallavalurakentamisen hyöty saadaan huolellisella suunnittelulla jokaisella osa-alueella. Tuotannosuunnittelun työkalujen, ajantasaisen muottitekniikan, nopean teollisen raudoittamisen, betonin nopean kovettumisen ja kuivumisen avulla paikallavalaminen on kilpailukykyinen ja laadukas tuotantomenetelmä. Paikallavalamisessa hankkeen suunnittelu on suhteellisen nopeaa ja tekninen suunnittelu voidaan osaltaan suorittaa hankkeen etenemisen myötä. Tärkeä ominaisuus on talotekniikan helppo integrointi. Vesi-, viemäri- ja lämpöputkistot voidaan helposti sijoittaa välipohjarakenteeseen. Huoneistokohtaiset tekniikkaratkaisut helpottavat äänieristyksessä ja paloteknisyydessä. (Hytönen ja Seppänen 2009)

3.2 Teollinen valmisosarakentaminen

Rakentaminen tulisi tehdä resursseja säästävasti. Tutkimuksien mukaan jopa kolmasosa rakentamiseen liittyvistä resursseista voi tulla huonon valmistelun seurauksena. Teollisen valmisosarakentamisen idea on pitkälle tehtaalla esivalmistettujen valmisosien nopea asennus työmaalla. Kun vaippa saadaan nopeasti tehtyä, nopeutuu sisävalmistusvaihe, kun kuivatukset jäävät vähemmäksi. Tämä säästää kustannuksia ja työturvallisuuskin paranee. (Elementtisuunnittelu 2016)

Valmisosarakentamisen etuja

- toteutuksen parempi suunnittelu etukäteen
- rakentaminen voidaan pilkkoa pienempiin tuotesatoimituksiin
- toimitukset saadaan oikeaan aikaan ja aikataulunhallinta parantuu
- tuoteosien suunnittelu kokonaisuudeksi
- rakennusaika lyhenee
- työolosuhteiden parantuminen
- hukan minimointi ja parempi materiaalitehokkuus
- työmaatoimintojen vakiointi ja mekanisointi

Valmisosarakentamisen parempi kustannustehokkuus perustuu parempaan tuottavuuteen tehtaassa ja työmenekin pienentymiseen työmaalla. Rakennusajan lyhentyminen johtaa yhteiskustannuksien pienentymiseen. Eri rakennustekniikoita ei voi verrata vain rakennusosien hinnan perusteella vaan on otettava huomioon myös yhteis- ja aikakustannukset. Suurin hyöty saadaan, kun mahdollisimman paljon rakennuksesta tehdään esivalmisteisena. Rakentamiskustannuksia tulee vertailla projektikohtaisesti, runkovaihtoehtoja tulee vertailla projektin alkuvaiheessa, jotta tehokkain rakenneratkaisu löytyy. (Elementtisuunnittelu 2016)

4 PAIKALLAVALUHOLOVIN VAIHEET

4.1 Aloittelevat työt

Kun työmaan ylä- ja välipohjien suunnittelu on valmis, hankitaan holveille muotit. Holvimuottien vuokraamisen yhteydessä toimittaja tekee myös muottisuunnitelman, tätä suunnitelmaa tulee noudattaa, jotta tukirakenne kestää betonin painon eikä romahda. Holvin muottityö aloitetaan mittaamisella ja kalustoon liittyvällä valmistelulla. Aluksi holvin korkeus mitataan ja merkitään seiniin ja holvituille. Holvituet voidaan säätää aluksi lähelle oikeaa korkeutta, jonka jälkeen ne siirretään varsinaiseen tuentapaikkaan. (Ratu 0398 levymuottityö 2012, 8)

4.2 Muotin pystytys

Aluksi muottituet siirretään varsinaiseen asennuspaikkaan. Muottitukien alle asennetaan lankut, jotta pohja olisi tasainen ja tukevampi. Jäätynyt maa ei kelpaa tukevaksi alustaksi, se voi painua helposti, kun lämmitys aloitetaan. Tuet säädetään niin, että ne ovat lopullisessa korossa. Tämän jälkeen asennetaan teräksiset tai alumiiniset tukijalat eli ns. kolmijalat. Muottitukien suoruuden ja korkeuden tarkastamisen jälkeen asennetaan puiset vino- ja vaakasiteet. (Ratu 0398 levymuottityö 2012, 11)

Muotti on mahdollista joissakin tapauksissa asentaa keskeltä hieman korkeammaksi kuin vaadittava korko, koska betonoinnin muotti saattaa painua keskeltä. Muotin pystytyksen jälkeen on hyvä tarkastaa vielä seuraavat asiat: pohjan kantavuus ja mahdollinen suojaus, mittauksien oikeus ja tukien kunto. (Leskinen, 2016)

Seuraavaksi asennetaan vaakatukiin eli niskapalkkeihin tarvittavat pudotuspäahaarukat. Pudotuspäahaarukat asennetaan vain niihin kohtiin missä palkit limittyvät tai palkit loppuvat. Limitys on hyvä olla ainakin 0,5m yli haarukasta. Lisätukia voidaan asentaa tarvittavin välimatkoin niskapalkkien alle. Lisätukien asennuksen jälkeen asennetaan koolauspalkit kohtisuoraan niskapalkkien kanssa. Tarvittava koolauspalkkien määrä selviää muottisuunnitelmasta. (Rami 20 holvimuottijärjestelmä, 6)

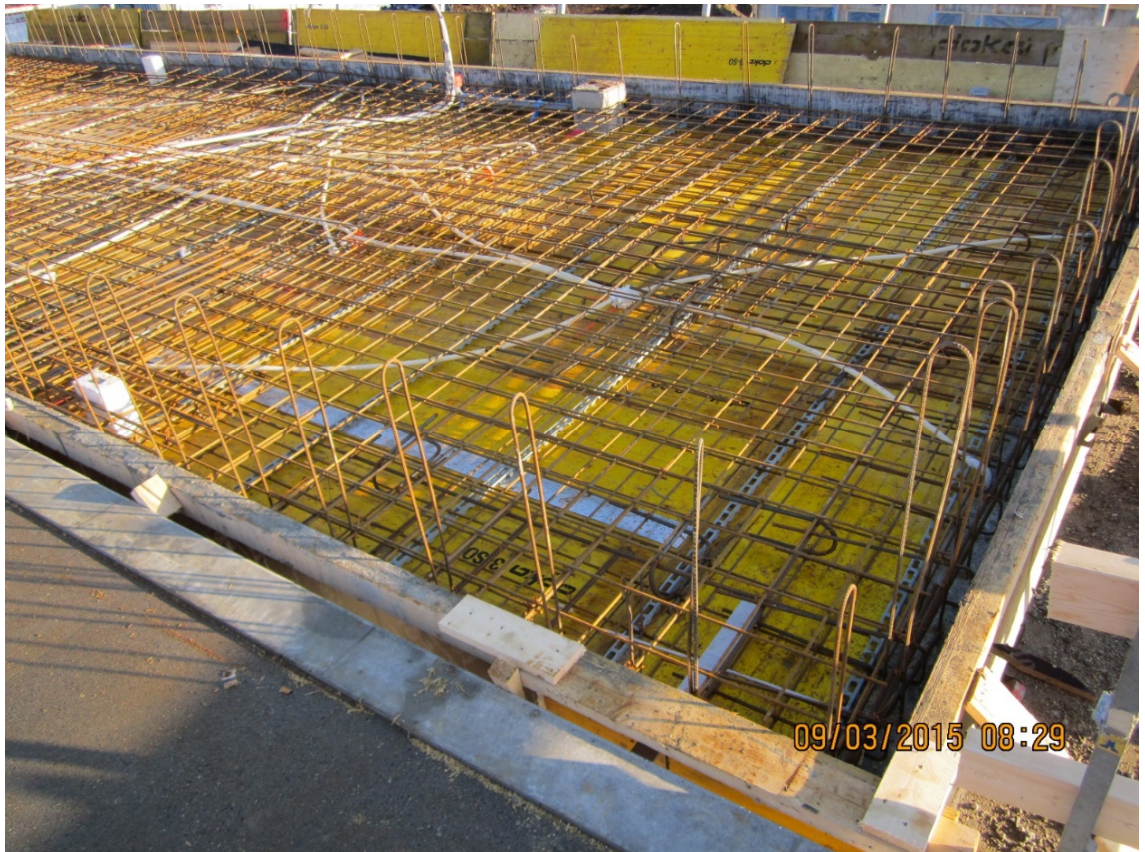
Muottivaneri laitetaan tiiviisti koolauspalkkien päälle ja naulataan paikoilleen. Muottivanerin päälle levitetään muottiöljy, jotta betoni ei tartu levyihin kiinni ja jättää betoniin hyvän pinnan. Tässä vaiheessa on vielä hyvä tarkastaa korkojen virheettömyys, sekä kaikki tuennat. (Ratu 0398 levymuottityö 2012, 12)

4.3 LVIS-työt

Kun muotti on valmis, voidaan aloittaa laattaan tulevien LVIS-asennuksien ja varauksien tekeminen. LVIS asennuksiin kuuluu sähkövedot, esim. alakerran valaisimille, viemäri- ja putkivedot. Lattialämmitystä ei asenneta vielä tässä vaiheessa, vaan se tulee raudoitusverkon päälle. (Leskinen 2012)

4.4 Raudoitus

Irtotangot valmistellaan raudoituksien valmisteluun varatulla alueella työmaalla, ja nostetaan muotille valmiiksi leikattuina ja taivutettuina. Alapinnalle tulevat verkkoraidotukset asennetaan jännevälin suuntaisesti. Verkot nostetaan korokkeilla muotista, jotta alapinta saa tarvittavan betonipeitteen. Yläpintaan tulevat raudoitukset asennetaan niille tehdyille tukipukeille. Laatan reunalle asennetaan vahvistettu raudoitus kuvan 1 mukaisesti. Lopuksi leikataan varauksille tarvittavat aukot raudoituksiin. (Ratu 0402 Raudoitus 2012, 12)



KUVA 1. Holvin LVIS työt ja raudoitus valmiina (Hyvönen 2015-03-09)

4.5 Betonointi

Betonointi suoritetaan pumppuautolla tai nostoastialla. Jos betonointi suoritetaan pumppuautolla, on varmistettava pystytyspaikan tukevuus ja sieltä ulottuvuus. Nostoastialla tehtävässä betonoinnissa nostoastia täytetään välisiilosta tai betoniautosta. Pudotuskorkeus betonoinnilla saa olla maksimissaan 1,0–1,5 m, jotta betoniaineksen erottumiselta vältytään. (Ratu 0403 Betonointi 2012, 9)

Holvit aloitetaan yhdestä laidasta, edetään yksi sivu kerrallaan suoraviivaisesti toiseen laitaan. Betoni tasoitetaan lapiolla ja tiivistetään sauvatäryttimellä, jonka jälkeen tarkastetaan korko esimerkiksi tasolaserin avulla. Raakavalussa on riittävää pitkällä varrella varustetulla hiertimellä tai oikolaudalla tasaaminen. Vaatimattomat pinnat voidaan tehdä runkobetonista suoraan hiertämällä. Betoniin on mahdollista laittaa tartuntoja tuleville rakenteille betonoinnin aikana. (Ratu 0403 Betonointi 2012, 10)

4.6 Jälkihoito

Jälkihoidolla varmistetaan, että betoni täyttää siltä vaadittavat ominaisuudet. Näitä kovettumiseen vaikuttavia tekijöitä ovat riittävä kosteus, oikea lämpötila, suojaus sateelta, auringonpaisteelta ja muilta ulkoisilta vaikutuksilta. Betonipinnan jälkihoitoaika riippuu tarvittavista ominaisuuksista ja valitsevista olosuhteista. (Ratu 0403 Betonointi 2012, 11)

Betonin päälle suihkutetaan yleensä jälkihoitoaine, jonka jälkeen se peitetään muovilla, jotta kosteus ei pääse haihtumaan. Betonia voidaan kastella muovin alta sen kuivuessa. Betonin jälkihoito on aloitettava heti holvin valamisen jälkeen, koska betoni kuivuu eniten ensimmäisten 24 tunnin aikana. (Ratu 0403 Betonointi 2012, 11)

4.7 Muotin purkaminen

Kun betoni on saavuttanut tarvittavan lujuutensa, voidaan muotti purkaa betonin alta. On huolehdittava, ettei muotteja poisteta koko alueelta kerralla, vaan tuennan on oltava kokoajan toimivana muottivanerien alla. Muotti pudotetaan käyttämällä pudotuspäähaarukka olevaa pikapudotustoimintoa. Tällä toiminnolla muotti putoaa noin kuusi senttiä alaspäin. (Ratu 0398 levymuottityö 2012, 12)

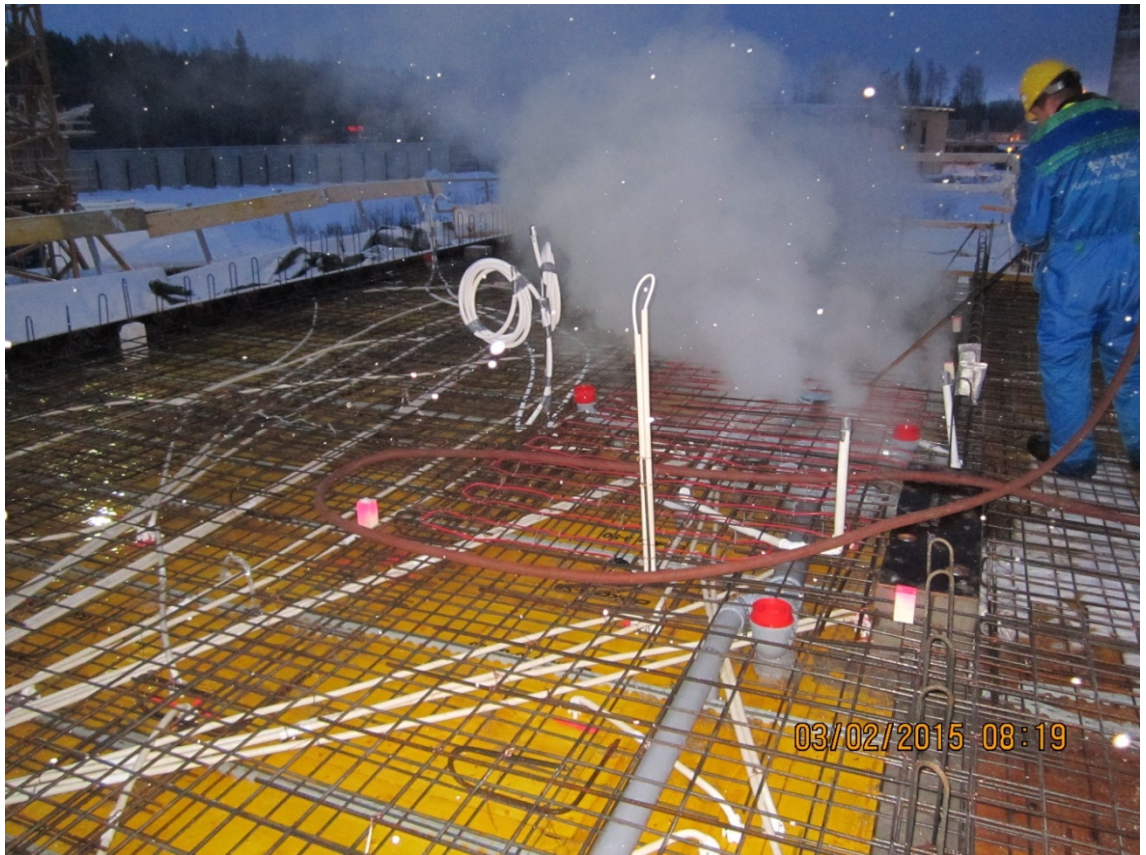
Koolauspalkit kaadetaan kyljelleen, jonka jälkeen ne poistetaan siirtämällä ne yhteen toisten koolauspalkkien kanssa. Tämän avulla muottivanerit saadaan poistettua, jotta koolauspalkit saadaan siististi pois. Lopuksi koolauspalkkien ja muottivanerien poistamisen jälkeen puretaan tuet ja niskapalkit. On huomioitava, että koko purun ajan holvi olisi hyvä olla tuettuna. Tuet jätetään paljaalle holvipinnalle vielä tukemaan rakennetta, koska muotti ei ole vielä saavuttanut tarvittavaa nimellislujuuutta. (Ratu 0398 levymuottityö 2012, 12)

Talvella huomioitavia asioita (Ratu 0398 levymuottityö 2012, 12):

- lumen ja jään poisto muotilta (kuva 2)
- massan lämpötila
- lisälämmityksen tarve
- varalämmitys
- suojaus
- lujuuden kehitys.

(Suomen betoniyhdistys ry 2004, 347):

- betonimassan valinta
- ei täyttä kuormitusta ennen nimellislujuuksen saavuttamista
- ei saa jäätyä ennen 5MN/m² saavuttamista
- muotteja ja tukia ei saa poistaa ennen purkamislujuuksen saavuttamista (0,6*nimellislujuus).



KUVA 2. Muotti puhdistetaan jäätä ja lumesta käyttäen höyryä (Hyvönen 2015-02-03)

5 ERI ELEMENTTITYYPPIEN TYÖVAIHEITA

Elementtirakentamisessa rakennus kasataan käyttäen erilaisia elementtejä. Elementtirunko voi koostua esimerkiksi BES-järjestelmän mukaisista kantavista väli- ja päätyseinistä, ontelolaatoista ja eikantavista sandwich-elementeistä. Elementit liitetään toisiinsa käyttäen hitsi- tai pulttiliitoksia ja elementtien saumat valetaan betonilla. Tässä kappaleessa esitetään erilaisten elementtien asennuksessa käytäviä vaiheita.

5.1 Ontelolaatasto

Elementtien vastaanotto ja varastointi

Saapuvien elementtien kunto tarkastetaan niiden saavuttua työmaalle. Mahdolliset rikkoutuneet elementit merkitään rahtikirjaan. Elementeistä voidaan ottaa myös kuvat todisteeksi. Laattaelementit varastoidaan päällekkäin niin, että aluspuut tulevat samalle kohti koko pinon matkalla. Eripituiset elementit laitetaan eri pinoihin. Laattaelementtien asennus on kuitenkin nopeaa ja ne pyritään asentamaan suoraan kuormasta. (Ratu 0389 Ontelo- ja laattaelementtityö 2012, 6)

Ensin elementti mitataan paikoilleen käyttäen esimerkiksi tasolaseria tai takymetriä. Asennuslinjat tai paikat on oltava nähtävissä asennustyön aikana. Elementin oikea korkeusasema tarkistetaan esimerkiksi tasolaserilla. Ontelolaatat saadaan oikeaan korkoon asentamalla niiden alle ruostumattomat asennuspalat. Asennuspalat sijoitetaan ripojen kohdalle. Asennusalustan on oltava puhdas. (Ratu 0389 Ontelo- ja laattaelementtityö 2012, 7)

Ontelolaatat nostetaan paikoilleen käyttäen kuvien 3 ja 4 mukaisia nostosaksia. Kavennetut laatat nostetaan kuitenkin ensisijaisesti tehtaalle niihin valetuista nostolenkeistä. Jos nostolenkkejä ei ole asennettu kavennettuihin laattoihin, nostetaan ne täysleveistä kohdista, vähintään 200 mm:n päästä kavennusta. Asennustyön aikana on huomioitava, ettei ontelolaattojen alla tehdä työtä tai liikuta. Nosturin kuskilla ja elementtiasentajilla tulee olla näkö- tai radioyhteys. Nostoja ohjataan yleensä käsimerkein, jotka molempien on tunnettava. Elementtien asennuksessa voidaan käyttää mahdollisesti myös ohjausköyttä, jolloin liikuttelu helpottuu. (Ratu 0389 Ontelo- ja laattaelementtityö 2012, 8)



KUVA 3. Ontelolaatta asennetaan käyttäen nostosaksia (Hartikainen 2016-01-27)



KUVA 4. Ontelolaatta ohjataan paikalleen käyttäen kankea (Hartikainen 2016-01-27)

Laattoja asentaessa on aina käytettävä valjaita. Elementit ohjataan paikoilleen käyttäen kuvan 3 mukaisia asennuskankia. On varmistettava, että elementit ovat valmistajan vaatimien tukipituuksien verran tuilla. Kun elementti on paikallaan, irrotetaan nostolaite. Laattojen saumat valetaan saumabetonilla. Laattoja ei saa kuormittaa ennen kuin saumabetoni saavuttaa riittävän lujuuden. Elementtien pohjiin voidaan tehdä tarvittaessa reiät, joista elementin sisään jäävä vesi pääsee poistumaan. (Ratu 0389 Ontelo- ja laattaelementtityö, 2012, 8)

Talvella kylmillä keleillä ontelolaatat ja seinäelementit voidaan asentaa ilman saumausta ainakin yhden kerroksen verran pelkillä tukien ja hitsauksien kestolla. Tämä on kuitenkin varmistettava vastaavalta rakennesuunnittelijalta asennussuunnitelman valmisteluvaiheessa. Kerrokseen asennetaan ulkoseinille esimerkiksi kuvan 5 mukaiset väliaikaiset seinät, jotta lämpö ei karkaisi. Kerros lämmitetään kuvan 6 mukaisilla lämmittimillä, jolloin saumaus saadaan suoritettua lämpimässä. Yleensä saumaus suoritetaan talven aikana kuitenkin käyttäen pakkasbetonia. Kun kerrosta lämmitetään, voidaan mahdollisesti ylemmän kerroksen saumaus suorittaa jo aikaisemmassa vaiheessa jos lämpö saadaan pysymään ontelolaatan pinnassa esimerkiksi routamattojen avulla. (Heikkilä 2016)



KUVA 5. Väliaikaiset seinät estävät lämmön karkaamisen (Hartikainen 2016-01-26)



KUVA 6. Öljylämmitin, jota käytetään ontelolaattojen lämmittämiseen alhaaltapäin (Hartikainen 2016-01-26)

Talvella huomioitavia asioita (Ratu 0389 Ontelo- ja laattaelementtityö 2012, 8):

- hitsaustyön ja juotosvaluille tarkoitettujen alueiden puhtaus lumesta ja jäästä
- juotosbetonin lujuusluokka
- betonimassan lämpötila
- suojaus (kuva 7 ja 8)
- pakkas- tai kuumabetonin käyttö
- lujuudenkehityksen seuranta
- jäätymislajuuden saavutus.



KUVA 7. Ontelolaattojen päälle asennettu suojapeite suojaa lumelta ja lämmön karkaamiselta (Hartikainen 2016-01-29)



KUVA 8. Ontelolaatan pinta puhdistuu lumesta kun suojapeitteet siirretään pois, myös pinta on ilmaa lämpimämpi (Hartikainen 2016-01-29)

5.2 Seinäelementit

Vastaanotto, varastointi ja paikalleenmittaus

Seinäelementtien tullessa työmaalle, ne tarkastetaan vaurioilta. Jos vaurioita huomataan, on ne merkittävä rahtikirjaan. Kuorma voidaan asentaa suoraan kuormasta tai välivarastoida kampatelineisiin kuvan 9 mukaisesti. (Ratu 0392 Väli- ja ulkoseinäelementtityö 2012, 6). Välivarastointi tulisi suorittaa kampatelineisiin niin, että ensimmäinen elementti laitetaan keskellä, jonka jälkeen siirrytään sivuille. Olisi hyvä, että yksin työskennellessä nosturikuskilla ja välivarastointia suorittavalla olisi näköyhteys käsimerkeillä ohjaukseen (Leskinen 2016.) Jos sandwich elementtejä välivarastoidaan, on niissä oleva eriste suojattava säältä. Seinäelementtien paikat mitataan mittapisteiden tai mittalinjojen avulla käyttäen esimerkiksi takymetriä. Asennuspaikat merkitään olemassa oleviin rakenteisiin, jotta asennuksen aikana ne ovat helposti huomattavissa. Seinäelementin korkoasema mitataan käyttämällä esimerkiksi tasolaseria. (Ratu 0392, Väli- ja ulkoseinäelementtityö 2012, 6)



KUVA 9. Elementtien välivarastointi karnatelineisiin (Hartikainen 2015-12-11)

Asennus

Elementin asennuspaikalle korkeimpiin kohtiin laitetaan asennuspalat, joiden avulla elementti saadaan tasattua vaakatasoon. Jos elementin vaakajuotos tehdään jälkivaluna, on asennuspalojen korkeus oltava vähintään 20 mm kuvan 10 mukaisesti, jotta juotosbetonia saadaan riittävästi elementin alle. Elementin alus on oltava puhdas ennen asennusta. Yleensä juotosbetoni levitetään elementin alle ennen sen asennusta käyttäen lapiota. Betonikerros on oltava vähintään 10 mm paksu, jotta saadaan riittävä tartunta. (Ratu 0392 Väli- ja ulkoseinäelementtityö 2012, 7)



KUVA 10. Elementtien alle asennettavat asennuspalat, joilla elementti saadaan oikeaan korkoon. (Hartikainen 2016-01-27)

Elementti nostetaan siihen tehtaalla tehdyistä nostolenkeistä. Nostojen aikana on estettävä pääsy nostoalueelle. Nosturikusilla ja asentajalla on oltava näkö- ja/tai puheyhteys, jotta asennus voidaan suorittaa hyvin ja turvallisesti. Elementtien siirron aikana on mahdollista käyttää nostoköyttä, jolla on helpompi ohjata elementin liikkeitä, tämä on hyvä apu esimerkiksi tuulisella kelillä. Asentajan on käytettävä valjaita ennen kuin kaikki elementit ja kaiteet on asennettu. Aukollisissa elementeissä aukot vahvistetaan nostojen ajaksi, jos ei niitä ole jo tehtaalla vahvistettu. (Ratu 0392 Väli- ja ulkoseinäelementtityö 2012, 8)

Elementtiasennuksen alkaessa kaiteet poistetaan asennettavan elementin kohdalta. Elementti ohjataan paikalleen käyttäen käsimerkkejä ja ohjausköyttä. Elementti nostetaan asennuspalojen varaan. Mahdolliset putket ja juotokset laitetaan paikoilleen. Elementti tuetaan paikoilleen käyttämällä elementtitukia kuvan 11 mukaisesti. Elementti tuetaan vähintään kahdesta kohdasta. Elementtiin tulevat kiinnityspisteet tulee sijoittaa painopisteen yläpuolella. Elementtituet pultataan käyttämällä esimerkiksi mutteriväännintä. Kiinnitystä ei saa laittaa liian lähelle elementin reunaa jottei se halkea (50mm). Elementin pystysuoruus tarkistetaan vesivaa'an avulla. Jos elementti ei ole täysin pystysuorassa, voidaan se säätää avaamalla tai kiristämällä elementtitukia. Elementtien ollessa oikeassa asemassaan vankasti kiinni, voidaan elementti päästää nostolenkeistä. (Ratu 0392, Väli- ja ulkoseinäelementtityö 2012, 8-9)



KUVA 11. Seinäelementtien tukeminen ja anturoiden suojaus elementtien kiinnitystä varten (Hartikainen 2015-12-04)

Seinälinjan ollessa pystyssä on tärkeä oikoa seinä niin, että elementit ovat täysin suorassa toisiinsa nähden. Elementtejä voi joutua siis joutua siirtämään tai muuttaman elementtitukien säätöjä. Alusmassa tasoitetaan ja seinäpinnan yli tuleva alusmassa poistetaan ennen kovettumista. Elementtien aukot tulee suojata niin, ettei aukoista pääse tippumaan. Kaiteiden tulee olla vähintään 1m korkeita, eikä kaiteiden välissä saa olla yli 0,5m korkeaa väliä. (Ratu 0392 Väli- ja ulkoseinäelementtityö 2012, 10)

Sandwich-elementeille on myös vaihtoehtoisina kiinnityksinä pulttikiinnitys ja hitsauskiinnitys. Pulttiliitoksessa elementti kiinnitetään runkoon liitoslevyillä ja runkoelementteihin asennetuilla pulteilla. Hitsausliitoksessa elementti ja runko kiinnitetään toisiinsa hitsaamalla kiinnitysteräkset yhteen. (Ratu 0392 Väli- ja ulkoseinäelementtityö 2012, 10)

Juotosbetonointi

Elementissä olevat teräs- tai vaijerilenkit taivutetaan suunnitelmien mukaan. Vaijerilenkit nopeuttavat asennusta. Saumoihin asennetaan suunnitelmien mukaiset raudoitukset ja tartunnat. Notkeaa juotosbetonia käyttäessä elementtisaumoihin tehdään tiiviit muotit, jotta betoni pysyy siististi muotin sisällä. Pystysaumapumpauksessa vain toinen puoli muotitetaan, jolloin betonia voidaan pumpata toiselta puolelta saumaan. Juotossaumat valetaan käyttämällä valuastiaa tai pumppaamalla notkeaa betonia muottiin. Notkistettua betonia ei tarvitse tiivistää, mutta normaali betoni täytyy tiivistää käyttäen sauvatäryntä. Juotosbetonit siivotaan heti pois työalueelta, jottei se tartu kiinni elementteihin. (Ratu 0392 Väli- ja ulkoseinäelementtityö 2012, 11)

Lopettavat työt

Saumat on peitettävä ja kastettava, jotta betoni ei pääse halkeilemaan liiallisen kutistumisen vuoksi. Muotit puretaan, kun on laskennallisesti varmistettu betonin kovettuminen. Jos saumoihin on jäänyt roiskeita, voidaan ne putsata petkeleellä niin, että pinta on tasainen ja samassa tasossa elementtien kanssa. Tuet voidaan poistaa, kun betoni on saavuttanut suunnitelmissa esitetyn lujuuden. (Ratu 0392 Väli- ja ulkoseinäelementtityö 2012, 12)

Talvella huomioitavia asioita (Ratu 0392 Väli- ja ulkoseinäelementtityö 2012, 12):

- hitsaustyön ja juotosvaluille tarkoitettujen alueiden puhtaus lumesta ja jäädästä
- juotosbetonin lujuusluokka
- betonimassan lämpötila
- suojaus
- pakkas- tai kuumabetonin käyttö
- lujuudenkehityksen seuranta
- jäätymislajuuden saavutus.

5.3 Porraselementit

Ennakoivat työt

Porraselementtien asennus alkaa porrastasoille asennettavista asennuspaloista. Asennuspalat asennetaan haluttuun korkoon oikean korkuisilla asennuspaloilla. Porraselementteihin voidaan asentaa kaiheet ennen elementin asennusta. Porraselementtien nosto tapahtuu niille tarkoitetuilla nostorakseilla. Ne pitävät porraselementit oikeassa asennossa asennuksen aikana. Suorat portaat nostetaan neljästä kohdasta ja kaarevat kolmesta. (Ratu 0393 Kuilu- ja porraselementtityö 2012, 6)

Asennus

Elementti ohjataan paikalleen käyttäen asennusköyttä ja asennuskankia. Portaan oikea asema tarkastetaan käyttämällä esimerkiksi vaatuskonetta. Jos elementti ei ole oikeassa korossa, elementti nostetaan ja asennuspalojen korkoa muutetaan. Väliaikaisena tukena ennen juotosvalua toimii hitsiliitos. Kun asema on varmistettu oikeaksi, voidaan asennusraksit poistaa. Portaat kannattaa suojata ennen juotosvalua. Suojamateriaalin tulee olla vakaat ja ne eivät saa olla liukkaat, myöskään talvella. (Ratu 0393 Kuilu- ja porraselementtityö 2012, 7-11)

Juotosbetonointi

Porraselementit valetaan kiinni tasoihin notkealla juotosbetonilla jäykän ja tiiviin rakenteen saamiseksi. Elementteihin asennetut raudoitukset taivutetaan suunnitelmien mukaisesti. Myös muut suunnitelmien mukaiset raudoitukset ja kiinnitykset asennetaan ennen juotosta. Muotit tehdään tiiviiksi jotta notkea juotosbetoni ei pääse muotista pois. Juotosbetoni kaadetaan muottiin, notkeaa massaa ei tarvitse erikseen tiivistää. Ylimääräinen massa poistetaan heti ennen kovettumista. Massaa voidaan kastella, jotta se ei pääse kuivumaan liian nopeasti. Muotti puretaan, kun betoni on saavuttanut tarpeellisen lujuutensa. Pinta voidaan putsata petkeleellä, jotta pinnasta tulee tasainen. (Ratu 0393 Kuilu- ja porrasedimenttityö 2012, 12)

Talvella huomioitavia asioita (Ratu 0393 Kuilu- ja porraselementtityö 2012, 12):

- portaiden suojaus ei saa olla liukas talviolosuhteissa
- hitsaustyön ja juotosvaluille tarkoitettujen alueiden puhtaus lumesta ja jäädästä
- juotosbetonin lujuusluokka
- betonimassan lämpötila
- suojaus
- pakkas- tai kuumabetonin käyttö
- lujuudenkehityksen seuranta
- jäätymislujuuden saavutus.

5.4 Parveke-elementit

Ennakoivat työt

Elementit tarkastetaan kuorman tultua ja merkitään kaikki vahingot kuormakirjaan. Jos välivarastoinnin aikana tai sen jälkeen huomataan vaurioita, otetaan niistä kuvat ja ilmoitetaan tehtaalle. Elementit voidaan välivarastoida ennen asennusta tai ne voidaan asentaa suoraan kuormasta. Leveät piellelementit varastoidaan kampatelineisiin, kapeat piellelementit ja laattaelementit päällekkäin elementtityypeittäin. Elementtien väliin laitetaan aluspuut, jotta elementit eivät ole kosketuksissaan toisiinsa. (Ratu 0394 Parveke-elementtityö 2012, 6)

Parveke-elementtien asennuspaikat mitataan mittapisteistä tai – linjoista käyttäen esimerkiksi takymetriä. Asennuspaikat merkitään niin, että ne ovat nähtävissä työn aikana. Elementin korkeusasema mitataan esimerkiksi vaaituskoneella. Elementin alle tulee asennuspalat, joilla elementti saadaan vaakasuoraan. Pilarielementeissä pilarin keskelle asennetaan keskeisesti pino 100mm x 100mm asennuspaloja. Piellelementeissä ja laatoissa jokaiselle tuetulle sivulle asennetaan ainakin 2 pinoa. Suurimmat epätasaisuudet alustasta voidaan poistaa piikkaamalla. Alusta puhdistetaan ja huolehditaan, ettei siinä ole lunta tai jäätä. (Ratu 0394 Parveke-elementtityö 2012, 7)

Piellelementtien asennus

Piellelementin alle tulee vähintään 10mm paksu kerros juotosbetonia. Levitettäessä on varottava, etteivät asennuspalat liiku tai peity betonilla. Elementti liitetään lenkeistään kiinni nostorakseihin. Elementti ohjataan tarvittaessa nostolenkkejä käyttämällä asennuspalojen päälle. Elementti tuetaan paikalleen elementtitiilla. Jokaista elementtiä kohti tulee olla kaksi tukipistettä. Elementtituen alapään kiinnityksen jälkeen elementtituki säädetään suunnilleen oikeaksi. Tuki kiinnitetään elementtiin pultilla ja säädetään elementtituki lopulliseen oikean mittaansa. Elementin pystysuoruus varmistetaan käyttämällä vesivaakaa, tarkistus tulee suorittaa useammasta kohtaa elementtiä. Alasauman juotosbetoni tasoitetaan ja ylimääräinen juotosbetoni poistetaan ennen kovettumista. Elementti irrotetaan nostoraksista käyttämällä esimerkiksi A-tikkaita. Irrottaessa elementtiä on huomioitava, ettei nostoraksitipu kenenkään päälle. Nostolenkit katkaistaan käyttämällä esimerkiksi kulmahiomakonetta. (Ratu 0394 Parveke-elementtityö 2012, 9-10)

Laattaelementin asennus

Elementtiin on asennettava väliaikaiset kaiteet, jos laattoihin ei kuulu lopullisia kaiteita. Elementti kiinnitetään kaikista sille varatuista nostolenkeistä. Juotosbetoni levitetään vähintään 10mm paksuisena kerroksena piellelementin ja parvekelaatan saumalle. Laatta ohjataan pielen päälle, niin että laatta jää tukevasti asennuspalojen varaan. Kun elementti on tukevasti pielen päällä, voidaan raksit poistaa lenkeistä. Laatta kiinnitetään pieleen rakenne- ja asennussuunnitelmien mukaisesti. Yleisiä tapoja ovat hitsaus- tai pulttiliitos. (Ratu 0394 Parveke-elementtityö 2012, 11)

Juotosbetonointi

Elementtien saumat tulee olla tiiviit, jotta juotosmassa ei karkaa muotista valun aikana. Muotittaminen voidaan tehdä kiinnittämällä laudoitus elementteihin tai kiilaamalla. Juotoksen alusta tulee olla kasteltu, jotta juotosbetonista ei imeydy kosteus alusbetoniin. Ylimääräinen kasteluvesi tulee poistaa pinnalta ennen betonointia. Betoni toimii myös suojana saumaraudoituksille. Betonointi voidaan suorittaa pumppaamalla notkistettua betonia pumpulla käyttämällä nostoastiaa. Notkistettua betonia käytettäessä ei tarvitse saumaa tiivistää sauvatäryttimellä. Juotosbetonin roiskeet ja valumat poistetaan heti työn aikana. Talvella juotettavat kohdat tulisi olla puhtaana lumesta ja jäädä. Talvivalussa voidaan käyttää myös suurempaa lujuusluokkaa nopeamman lujuuden saamiseksi. Massan tulisi olla yli 5 astetta lämmintä ja se tulisi suojata esimerkiksi eristysmatolla jäätyksen estämiseksi. Saumoja voidaan lämmittää esimerkiksi lankalämmityksen avulla. Juotosbetoni ei saa jäätyä ennen kuin se saavuttaa jäätymislujuutensa. (Ratu 0394 Parveke-elementtityö 2012, 12 - 13)

Talvella huomioitavia asioita (Ratu 0393 Kuilu- ja porraselementtityö 2012, 12):

- portaiden suojaus ei saa olla liukas talviolosuhteissa
- hitsaustyön ja juotosvaluille tarkoitettujen alueiden puhtaus lumesta ja jäädä
- juotosbetonin lujuusluokka
- betonimassan lämpötila
- suojaus
- pakkas- tai kuumabetonin käyttö
- lujuudenkehityksen seuranta
- jäätymislujuuden saavutus.

5.5 Hormielementti

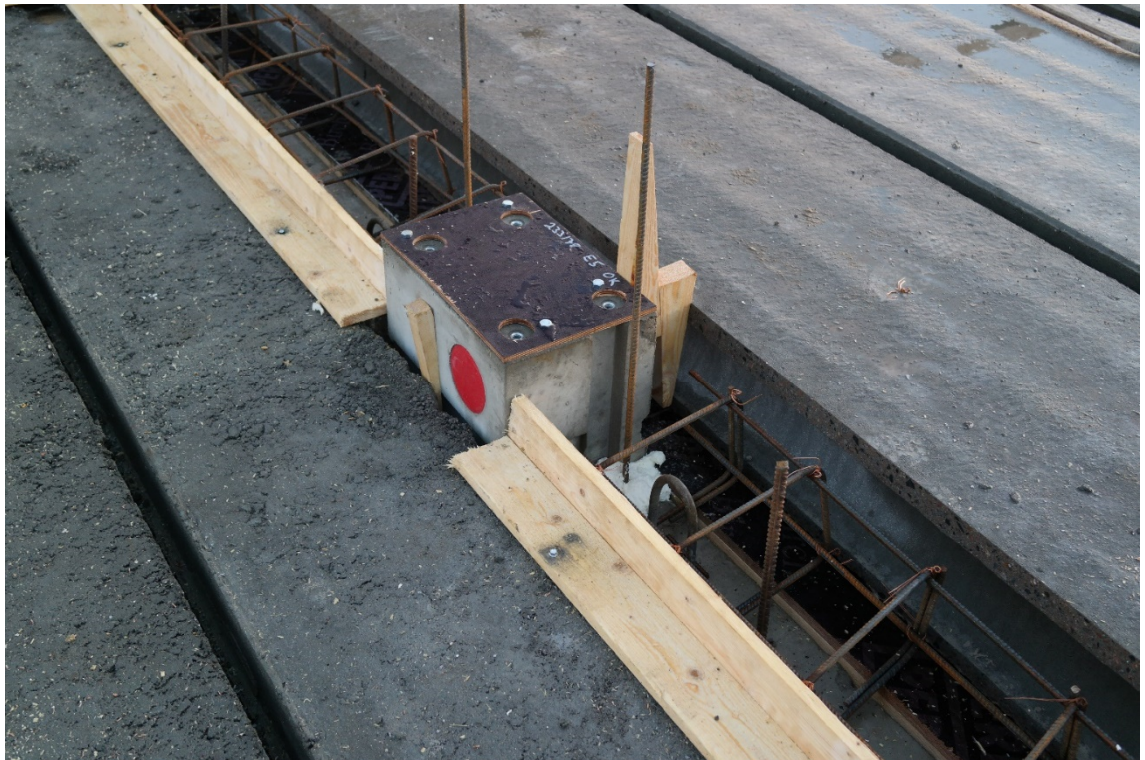
Ennakoivat työt

Elementit tarkastetaan kuorman tultua ja merkitään kaikki vahingot kuormakirjaan. Jos välivarastoinnin aikana tai sen jälkeen huomataan vaurioita, otetaan niistä kuvat ja ilmoitetaan tehtaalte. Elementit voidaan välivarastoida ennen asennusta tai ne voidaan asentaa suoraan kuormasta. (Varonen 2010)

Asennuspaikat mitataan mittapisteistä tai – linjoista käyttäen esimerkiksi takymetriä. Asennuspaikat merkitään niin, että ne ovat nähtävissä työn aikana. Elementin korkeusasema mitataan esimerkiksi vaaituskoneella. (Varonen 2010)

Asennus

Elementtien pohjassa olevat suojatulpat poistetaan. Elementti liitetään kiinni nostorakseihin. Jatko-selementtiä asennettaessa alempaan elementtiin liitetään mukana tulleet ohjaintapit. Elementin pinta on oltava puhdas, jotta liitos on tiivis. Putken päät ja liittinyhteet voidellaan voiteluaineella. Asennettavan elementin alapäähän liitetään liittinyhteet. Elementti lasketaan kohdalleen varovasti käyttäen apuna turvakoroketta, jotta asennustapit asettuvat siististä elementteihin. Elementit tuetaan vino-tukien ja puukiiloja avulla. Tarkastetaan elementin suoruus ja säädetään uudelleen. Elementin liittämisen jälkeen varmistetaan elementin yläpäästä liitoksen suoruus ja ehjyys taskulampun avulla. Elementin yläpäähän asennetaan suojatulpat kuvan 12 mukaisesti. (Varonen 2010)



KUVA 12. Tekniikkahormin yläpään suojaus (Hartikainen 2015-12-11)

6 TALVIRAKENTAMINEN

Suomessa talvikausi kestää noin puolet vuodesta, joten kilpailukykyiseen rakentamiseen vaaditaan siis myös osaamista rakentaa talviolosuhteissa. Talven vaikutus rakentamisessa tulee ottaa huomioon silloin, kun lämpötila laskee alle viiden asteen. Talvirakentaminen nostaa työmenekkiä ja ainehukan määrää, jonka vuoksi se myös myöhästyttää rakentamista. Talven aikana myös kaluston tarve kasvaa, kun suojausta ja lämmitystä joudutaan parantamaan. Talven vaikutukset tulee ottaa huomioon ja niihin tulisi varautua jo suunnitteluvaiheessa. Näin saadaan vähennettyä varsinaisia kustannuksia. (Koskenvesa, 1-2)

Säätä on vaikea ennustaa, mutta tilastojen avulla voidaan helpottaa suunnittelua. Apuna suunnittelussa voi käyttää esimerkiksi aikaisempien vuosien talven alkamis- ja päättymisajankohtia, kuukausittaisia lämpötiloja sekä pakkaspäivien määriä. Myös pakkasrajan ylittäviä päiviä, lumimäärää, sadepäivien lukumäärää sekä päivittäisen keinovalaisun tarvetta voidaan ennustaa tilastoista. Niiden perusteella voidaan alustavasti suunnitella tulevan talven kustannuksia ja työnkestoa. Säätä on syytä myös tarkkailla rakentamisen aikana jatkuvasti, jotta suojaus osataan hoitaa ajallaan. (Koskenvesa, 3)

6.1 Talven vaikutus töiden suunnitteluun

Talvi tulee ottaa huomioon jo hankesuunnitteluvaiheessa, sillä talvi vaikuttaa aina kustannuksiin. Lisäkustannuksien välttämiseksi selvitetään, milloin eri työvaiheet tulisi aloittaa ja mikä olisi paras toteutustapa. Talvikustannuksiin vaikuttavia asioita ovat rakennushankkeen kesto, laajuus, ajoitus ja suunnitelmat. Lyhyissä rakennushankkeissa ajoitus on aina tärkeämpi, sillä oikein suunniteltuna työvaiheet voidaan mahdollisesti ajoittaa talvikauden ulkopuolelle. Talven vaikutus resurssien kasvuun syntyy taulukon 1 mukaisesta kokonaistyömenekin kasvusta, talvesta johtuvista lisätöistä, materiaalihukasta, lisääntyneestä energian tarpeesta ja rakennusajan pidentymisestä. (Koskenvesa, 2)

Rakentamisen valmistelussa on otettava huomioon rakennusvaiheiden ajoitus, tuotantotekniikoiden sopivuus ja häiriöihin varautuminen. Hankalasti talvella suoritettavat työt olisi siis hyvä suorittaa keuhällä, jos työ ei riipu jostakin toisesta rakennusvaiheesta. Tuotantotekniikan valinta talvella suoritettavalle rakentamiselle olisi hyvä olla esivalmistettua, koska kaikki paikallavalettavat rakenteet lisäävät riskejä, työmäärää ja kustannuksia. (Koskenvesa, 3)

TAULUKKO 1. Tuotantotavan vaikutus työmenekkiin (Ratu C8-0377 Talvityöt ja – kustannukset 2012, 9)

Rakennus- tyyppi	Tuotanto- tekniikka	Työmenekin kasvu kesään verrattuna (%)
Asuinkerros- talo	täyselementti- tekniikka	0...6,4
	osaelementti- tekniikka	0...5,3
	rationaalinen paikallaraken- taminen	2,3...6,4
Toimisto- rakennus	täyselementti- tekniikka	1,1...5,3
	osaelementti- tekniikka	0,9...4,9
	rationaalinen paikallaraken- taminen	0,7...5,2

Työmaalla rakentamiseen saattaa tulla keskeytyksiä monista eri syistä. Nämä keskeytykset on otettava huomioon jo aikataulun suunnittelussa. Keskeytyksiä voi aiheutua lomista, arkipyhistä, huonoista sääoloista sekä muista tuotannon häiriöistä. Työnkeskeytyksiin varaudutaan sisällyttämällä aikatauluun niin sanottu suurhäiriö lisäkesto, minkä suuruus riippuu työvaiheesta. Perustusvaiheessa häiriön suuruus on noin 5 %, runkovaiheessa noin 10 % ja sisävalmistusvaiheessa noin 2 %. Pakkaspäiviin varaudutaan lisäämällä talvelle noin 16 päivää puskuriaikaa, 2 joului- ja maaliskuulle ja 6 tammi- ja helmikuulle. Keskeytyksien varalla olisi hyvä olla vaihtoehtoisia työtehtäviä. (Koskenvesa, 4)

Työmaalämmitys ja -valaistus tulisi ottaa huomioon suunnitelmia tehdessä. Työmaalämmitys tulisi jakaa omiin lohkoihin, jolloin koko rakennuksen ei tarvitse olla valmis, jotta se saadaan lämmitettyä. Työmaavalauksella taas on suuri rooli työturvallisuuden ja työn laatuun suhteen. Valaistus on otettava huomioon talven aikana rakennusten sisätiloissa sekä ulkona. Talven aikana työmaalla on myös oltava enemmän tilaa talvirakentamiselle, sillä lumen kasaus ja lisääntynyt kalustotarve vaativat paljon tilaa lumisena talvena. (Koskenvesa, 4)

6.2 Lisäkustannukset

Talvesta johtuvat lisäkustannukset koostuvat taulukon 2 ja 3 mukaisista töiden talvityölisistä ja talvityöistä. Talvityölisät ovat alkuperäisiin työmenekkeihin lisättäviä arvoja, jotka johtuvat talven hidastavasta vaikutuksesta. Talvityöt ovat talven vaikutuksien tuomia töitä, esimerkiksi lumi- ja jäätyöt ja taulukossa 5 esitettyjen runkorakenteiden lämmitysten vaikutuksia. (Ratu C8-0377 Talvityöt ja – kustannukset 2012, 1)

TAULUKKO 2. Talven vaikutus eri kustannuslajeihin ja työvaiheisiin (Ratu C8-0377 Talvityöt ja – kustannukset 2012.)

Kustannuslajit	Rakennusvaiheiden lisäkustannukset (%)		
	Perustustyövaihe	Runkotyövaihe	Sisävalmistusvaihe
Työmenekkilisä	2,6...2,9	0,6...0,7	–
Materiaalilisä	1,7...3,7	0,6...1,9	–
Energialisä	0,9...1,0	1,2...1,4	2,8...3,2
Kone- ja kalustolisä	1,8...2,2	1,2...1,4	0,1...0,2
Talvilisätyöt	1,6...1,8	0,7...0,9	0,2...0,4
Aikakustannuslisä	2,0...2,2	1,0...1,2	–
Yhteensä	13...15	5,5...7,5	3,3...3,7

TAULUKKO 3. Töiden talvityöhaitta- ja lisäprosentit (Ratu C8-0377 Talvityöt ja – kustannukset, 2012)

Talo 90 Nro	Työlaji Nimi	Töiden talvityöhaitta- ja lisäprosentit (%)				Lähde
		Lämpötilaluokat				
		0...-2,5	-2,5...-7,5	-7,5...-12,5	alle -12,5	
1	Maarakennustyöt					ei tietoa
21	Muottityö					
	lautamuottityö	7	10	15	20	Ratu
	levymuottityö	7	10	15	20	Ratu
	kasettimuottityö	7	10	15	20	Ratu
	suurmuottityö	3	5	10	20	Ratu
	pöytämuottityö	3	5	10	15	Ratu
	kulmamuottityö	3	5	10	15	Ratu
	erikoismuottityö	7	10	15	20	mallityö
	muottien purku ja puhdistus	7	10	15	20	mallityö
22	Raudoitus	7	15	25	35	mallityö
23	Betonointi					
	nostoastiabetonointi					
	– anturat	15	15	40	50	Ratu
	– seinät ja pilarit	15	15	40	50	Ratu
	– laatat ja palkit	10	10	35	45	Ratu
	pumppubetonointi					
	– anturat	15	40	50	60	Ratu
	– seinät ja pilarit	15	30	40	50	Ratu
	– laatat ja palkit	15	40	50	60	Ratu
25	Betonielementtityö					
	laattaelementti	10	20	30	40	Ratu
	ulkoseinäelementti	10	20	30	40	Ratu
	kappale-elementti	7	15	25	35	mallityö
	elementtien jälkityöt	-	5	25	35	mallityö
	kevytbetonielementti	7	15	25	35	mallityö
26	Betonipintojen etuoikaisu	7	10	15	20	mallityö
3	Metallirakennetyöt					ei tietoa ¹⁾
41	Tiilimuuraus	10	25	35	45	Leppikorpi
42	Harkkomuuraus	10	25	35	45	Leppikorpi
51	Puurunkotyö	3	5	8	15	Ratu
52	Levytyö	3	5	8	15	Ratu
53	Puuelementtityö	3	5	8	15	Ratu
61	Lämmöneristys	3	5	8	15	Ratu
63	Vedeneristys					ei tietoa ²⁾
64	Saumaus					ei tietoa ²⁾
7	Pintatyöt					ei tietoa ²⁾

¹⁾ Huomioitava materiaalien asettamat vaatimukset.

²⁾ Yleensä sisätöitä, joten talviolosuhteet eivät vaikuta.

TAULUKKO 4. Talviolosuhteiden aiheuttama energiantarve (Ratu C8-0377 Talvityöt ja – kustannukset, 2012)

PR = Paikallarakentaminen

OE = Osaelementtitekniikka

TE = Täysielementtitekniikka

Ulkolämpötila (°C)	Perustusvaiheen valujen lämmitys (kWh/r-ala)	Runkovaiheen valujen ja elementtisau- mauksen lämmitys (kWh/rm ³ x kk)			
		alle 10 000 rm ³		yli 10 000 rm ³	
		PR, OE	TE	PR, OE	TE
yli 14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14,0...12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12,5...7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7,5...2,5	3,0	0,7	0,5	0,6	0,2
2,5...-2,5	4,0	1,2	0,8	1,0	0,5
-2,5...-7,7	7,0	2,2	1,4	1,2	0,8
-7,7...-12,5	10,0	3,1	2,1	1,7	1,1
-12,5...-17,5	14,0	4,0	2,6	2,3	1,5
-17,5...-22,5	20,0	4,8	3,2	2,8	1,8
-22,5...-27,5	26,0	5,8	3,8	3,4	2,2

- 7 KUSTANNUSTEN VERTAILU ESIMERKKIKOHTEESSA
- 7.1 Työkustannukset esimerkkikohteessa
- 7.2 Materiaalikustannukset esimerkkikohteessa
- 7.3 Työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset esimerkkikohteessa
- 7.4 Talven lisätyömenekki

Luvut sisältävät luottamuksellista tietoa.

8 YHTEENVETO

Luku sisältää luottamuksellist tietoa.

LÄHTEET

- BETONI 2016. Paikallavalurakentaminen. [Viitattu 2015-12-28.] [Verkkojulkaisu]
Saatavissa: <http://www.betoni.com/paikallavalurakentaminen/mihin-betonia-kaytetaan>
- ELEMENTTISUUNNITTELU 2016. [Viitattu 2015-12-28.] [Verkkojulkaisu]
Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/valmisosarakentaminen>
- HAATAJA, Pasi Yleistä kustannuslaskennasta, Saatavissa: http://moodle.savonia.fi/pluginfile.php?file=%2F179281%2Fmod_resource%2Fcontent%2F1%2FYleista_kustannuslaskennasta.pdf
- HEIKKILÄ, Jussi 2016-01-27. Rakennuspäällikkö. [Haastattelu.] Kuopio: Rakennusliike Lapti Oy
- HYTÖNEN, Aki ja SEPPÄNEN, Matti 2009. Tehdään elementeistä. Suomen Rakennusmedia
- ILMATIETEENLAITOS 2016. Talvitilastot. [Viitattu 2016-02-01] [Verkkojulkaisu] Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/talvitilastot>
- KOSKENVESA, Anssi. Talvirakentaminen. [Viitattu 2016-02-03] [Verkkojulkaisu] Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK99s697.pdf>
- LAPTI OY 2015. Rakennusliike Lapti Oy. Saatavissa: <http://www.lapti.fi/lapti>
- LESKINEN, Maiju 2012. Paikallavalurungon työvaiheiden menetelmäkuvaus [Viitattu 2016-02-14]
Saatavissa : https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/45364/Leskinen_Maiju.pdf?sequence=1
- LESKINEN, Pentti 2016-01-07. Työpäällikkö. [Haastattelu.] Kuopio: Rakennusliike Lapti Oy
- LINDHOLM Mika, Kustannushallinta rakennushankkeessa, 2009, Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy
- RAMIRENT, Holvimuottijärjestelmä. [Viitattu 2016-02-03] [Verkkojulkaisu] Saatavissa: http://tuotteet.ramirent.fi/sites/tuotteet.ramirent/files/product_attachments/Rami%2020-holvimuottij%C3%A4rjestelm%C3%A4_0.pdf
- RATU 0389, Ontelo- ja laattaelementtityö, Maaliskuu 2012, Helsinki: Rakennustieto
- RATU 0392, Väli- ja ulkoseinäelementtityö, Maaliskuu 2012, Helsinki: Rakennustieto
- RATU 0393, Kuilu- ja porraselementtityö, Maaliskuu 2012, Helsinki: Rakennustieto
- RATU 0394, Parveke-elementtityö, Maaliskuu 2012, Helsinki: Rakennustieto
- RATU 0398, Levymuottityö, Kesäkuu 2012, Helsinki: Rakennustieto
- RATU 0402, Raudoitus, Kesäkuu 2012, Helsinki: Rakennustieto
- RATU 0403, Betonointi, Elokuu 2012, Helsinki: Rakennustieto
- RATU C8-0377, Talvityöt ja – kustannukset, Marraskuu 2012, Helsinki: Rakennustieto
- RTK. Talvirakentaminen, 1991, Rakentajain Kustannus Oy
- SUOMEN BETONIYHDISTYS RY 2004. Betonitekniikan oppikirja BY 201. 5. uud. painos Helsinki: Suomen betonitieto Oy
- TALOUSSANOMAT 2015. Sanakirja: Kustannuslaskenta. Saatavissa <http://www.taloussanommat.fi/porssi/sanakirja/termi/kustannuslaskenta/>
- VALMISBETONI 2016. Muottisuunnittelu. [Viitattu 2016-02-01.] [verkkojulkaisu] Saatavissa: <http://www.valmisbetoni.fi/toteutus/muotit/Muottisuunnittelu>
- VALMISBETONI 2016. [Viitattu 2015-12-28.] Paikallavalurakentaminen. [Verkkojulkaisu] Saatavissa: <http://www.valmisbetoni.fi/paikallavalurakentaminen/yleista>

VARONEN, Ville 2010. Luja-hormielementtien asennusohjeet. Savonia-ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 2016-01-10.] Saatavissa: https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/13998/Varonen_Ville.pdf?sequence=1.

VUORELA Kari, URPOLA Jussi ja KANKAINEN Jouko, Johdatus rakentamistalouteen, 2001, Otamedia

LIITTEET

LIITE 1: PIHLAJAPUUN TAVOITELASKELMA

Luottamuksellista tietoa

LIITE 2: NIKU, RUUTIKELLARINKATU, HOLVILASKELMA

Luottamuksellista tietoa

LIITE 3: TA, POUKAMANKATU, HOLVILASKELMA

Luottamuksellista tietoa