



Tommi Ukkola

## **ELEMENTTIEN JA PAIKALLAVALETTAVIEN RAKENTEIDEN KUSTANNUSVERTAILU**

# **ELEMENTTIEN JA PAIKALLAVALETTAVIEN RAKENTEIDEN KUSTANNUSVERTAILU**

Tommi Ukkola  
Opinnäytetyö  
Kevät 2014  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma, Rakennesuunnittelu

---

Tekijä: Tommi Ukkola

Opinnäytetyön nimi: Elementtien ja paikallavalettavien rakenteiden kustannusvertailu

Title of thesis: Cost Comparison of Element and In-Situ Cast Construction

Työn ohjaaja: Antero Stenius

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2014 Sivumäärä: 42 + 7 liitettä

---

Opinnäytetyössä vertailtiin kahdeksankerroksisen kerrostalon kantavien seinärakenteiden tuotannollisia ja taloudellisia eroja eri tuotantotavoilla. Vertailu rajattiin paikallavalu- ja elementtirakentamiseen. Työssä vertailtiin eri tuotantotapojen vaikutusta kustannuksiin, aikatauluun ja työturvallisuuteen. Lisäksi vertailtiin vuodenaikojen ja talouden suhdanteiden vaikutusta eri menetelmiin. Tavoitteena oli saada YIT Rakennus Oy Oululle eri tuotantomenetelmien kustannus- ja aikataulueroista tietoja, jotka helpottaisivat tuotannonsuunnittelua.

Vertailu aloitettiin keräämällä hankkeen suunnitelmat ja hankintapuolelta ajankohtaiset kustannustiedot. Lisäksi hankittiin tietoa alan kirjallisuudesta esimerkiksi Ratu-kirjoista ja betoniyhdistyksen Internet-sivuilta. Työtä varten kerättiin tietoa myös suunnittelijalta, projektipäälliköiltä, hankintapäälliköiltä ja opettajilta. Työssä käytiin läpi molempien tuotantotapojen prosessit tehtaalta työmaalle valmiiksi rakennustuotteeksi. Tavoitteena oli tutkia molempien menetelmien kriittiset vaiheet.

Elementtirakentamisen herkkyys talouden suhdanteissa on voimakkaampaa kuin paikallavalurakentamisen. Tuotantoaika elementtien pystytyksessä on noin puolet lyhempi kuin paikallavalussa. Paikallavalun toteutuksen haasteet ovat työmaatekniikassa eli muottien ja ammattityövoiman laadussa ja kokemuksessa. Molemmissa työmenetelmissä talvi lisää kuluja jo teoreettisessa laskennassa huomattavasti ja työnjohdon osaaminen korostuu. Vertailusta saatavat tulokset helpottavat tuotantoa suunnittelevia henkilöitä halvimman tuotantotavan valitsemisessa, ja liitteen laskentataulukot helpottavat vertailun suorittamista jatkossa.

---

Asiasanat: tuotantotavan vertailu, betoni, betonielementti, paikallavalu, suurmuotti, vertailu

# ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
"Degree programme", "option"

---

Author(s): Tommi Ukkola

Title of thesis: Cost Comparison of Element and In-Situ Cast Construction

Supervisor(s): Antero Stenius

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2014    Pages: 42 + 7  
appendices

---

In this thesis bulkheads in eight floor high block of flats were compared. It was made by comparing economical and productional differences. Comparing was defined to compare only element and in-situ cast constructions. On the job the influence of different methods of production were compared in price, schedule and the safety at work. Also winter and economical situation were compared. Target in this thesis was to get important information for YIT Rakennus Oulu about costs and schedules in different manners of production that would help the company's production scheduling.

The comparing was started at collecting the architectural and structural pictures. Also cost factures were collected from the purchasing department. Knowledge was collected from the books like Ratu and the internet sites that are connected to building. Also knowledge was gathered by interviewing designer, project managers, head of supplies and teachers. In this thesis both manners of production were worked through from the factory to finished building product. Purpose was to find out both technique's critical points.

Concrete elements downside is in economical situation. It is more powerful than in in-situ cast construction. Production time in setting up the elements is approximately half compared to in-situ cast construction. Challenging part of the in-situ cast construction is to get good and experienced workers and supervisory staff. In both methods of production winter increases the prices. Also supervisory task is more challenging. The results from this thesis will help to choose the right manner of production. Attachments worksheets will help to do it afterwards.

---

Keywords: manner of production comparison, concrete, concrete element, in-situ cast construction, great mould, comparison

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 AS OY OULUN GENOA	8
2.1 Kohteesta vertailtavia asioita	9
2.2 Äänitekniset vaatimukset	9
2.3 Palonkestovaatimukset	9
3 ELEMENTTI- JA PAIKALLAVALURAKENTAMINEN	12
3.1 Betonirakentaminen	12
3.2 Paikallavalurakentaminen	13
3.2.1 Muottityö	13
3.2.2 Raudoitus	14
3.2.3 Betonin kuljetus ja siirto	14
3.2.4 Betonin valu- ja tiivistystyö	15
3.2.5 Jälkihoito	16
3.3 Elementtirakentaminen	17
3.3.1 Elementtien kuljetus ja purku	17
3.3.2 Elementtien asennus	18
3.3.3 Elementtien saumaus ja juotosvalut	19
3.4 Työmenetelmien vertailu	21
4 TALVIRAKENTAMINEN	23
4.1 Talven vaikutus asennukseen	23
4.2 Talven vaikutus materiaalikustannuksiin	24
4.3 Talven vaikutus kalustokustannuksiin	25
5 TYÖTURVALLISUUS	26
6 SUHDANTEIDEN VAIKUTUS	28
7 AIKATAULU	30
7.1 Paikallavalu	30

7.2 Elementti	31
8 TULOKSET	33
8.1 Paikallavalu	34
8.2 Elementti	35
9 POHDINTA	37
LÄHTEET	39
LIITTEET	42

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehdään asunto-osakeyhtiö Oulun Genoasta ja se tulee YIT Rakennus Oy Oulun käyttöön. Kohde sisältää kahdeksan asuinkerrosta ja kellarikerroksen. Hanke on tarkoitus toteuttaa omaperustaisena kerrostalohankkeena, joka kuuluu osana isompaan YIT:n rakennuttamaan asumisalueeseen Oulun Toppilassa.

Opinnäytetyössä vertaillaan kahta erilaista työmenetelmää: paikallavalu- ja elementtirakentamista. Vertailu tehdään selvittämällä mahdolliset erot hinnassa, aikataulussa ja työturvallisuudessa. Selvitys tehdään pääosin seinien osalta, mutta myös parvekkeet, hissikuilu ja kellarikerros on huomioitu vertailussa. Opinnäytetyö on toinen osa elementtien ja paikallavalun vertailua YIT Rakennus Oy Oululle samasta kohteesta. Ensimmäinen vertailu koskee ala-, ylä- ja välipohjia.

Käytän vertailun tekemiseen Genoan rakenne- ja arkkitehtipiirustuksia. Paikallavalun ja elementtien hinnan määrittämiseksi sain YIT:n kilpailuttamat betonin, teräksien ja elementtien hinnat kuljetuksineen. Kohteen täyselementoinnissa ja täyspaikallavalussa olen käyttänyt rakenteen toimivuuteen liittyvissä ongelmissa apuna rakennesuunnittelijaa Finnmap Consulting Oy:stä.

Opinnäytetyöni tavoitteena on saada ajankohtaista tietoa kustannuksista, aikataulusta ja työturvallisuudesta. Vertailun on tarkoitus vaikuttaa seuraavien samankaltaisten kohteiden rakenneratkaisuihin Toppilassa. Vertailulla on tarkoitus tehostaa myös YIT Rakennus Oy Oulun rakentamista sekä parantaa kilpailukykyä Oulun asuntomarkkinoilla.

## 2 AS OY OULUN GENOA

Opinnäytetyö tehdään asunto-osakeyhtiö Oulun Genoasta ja se tulee YIT Rakennus Oy Oulun käyttöön. Samalla alueella YIT omistaa useita tontteja ja alueelle onkin suunniteltu rakennettavaksi useampia kerrostalokohteita.

Kohteessa on kahdeksan asuinkerrosta ja kellarikerros. Ensimmäisen kerroksen huonekorkeus on 2,93 metriä, kerroksissa 2–8 huonekorkeus on hieman matalampi 2,63 metriä ja kellarikerros on pääosin huonekorkeudeltaan 3,57 metriä.

Ensimmäisessä kerroksessa rakenteellisesta ratkaisusta ja tiiliverhouksen kannatuksesta johtuen 160 mm paksut betoniseinät kiertävät koko sisäkuoren. Julkisivumuurausten kannatuksen vuoksi elementtien alapäihin on suunniteltu 235 \* 575 mm:n vahvikkeet. Kohteeseen suunnitellut sisäkuorielementit sijaitsevat lounaan ja koilisen puoleisilla seinillä. Sisäkuorielementtien paksuus on 160 mm. Kaakon ja luoteen suuntaisille seinille on suunniteltu paikallevalettuja 160 mm paksuja sisäkuoria (liite 1). Huoneistojen väliset seinät sekä huoneistojen ja käytävän väliset seinät on suunniteltu paikallavalettaviksi.

Kerroksissa 2–8 160 mm paksut sisäkuorielementit on sijoitettu lounas- ja koilisivuille (liite 1). Ilmansuunnissa luoteen ja kaakon puoleiset ulkoseinät on toteutettu 175 mm:n paksuisina keveinä eli puurakenteisina (liite 2). Huoneistojen väliset sekä huoneistojen ja käytävien väliset seinät on suunniteltu kuten ensimmäisessä kerroksessa.

Kellarissa sisäkuoret on suunniteltu kahtena erikorkuisena sisäkuorielementtinä (liite 3). Kellarin ja autohallin eri tilojen väliset kantavat seinät on suunniteltu 200 mm paksuina paikallavalettavina seininä.

Porraskuilujen seinät on suunniteltu 200 mm paksuina paikallavalettavina seininä. Hissikuilujen seinät on suunniteltu 200 mm paksuina elementteinä (liite 4) lukuun ottamatta kellarikerrosta, jossa ne ovat 200 mm paksuja paikallavalettuja. Parvekepielet, parvekelaatat ja parvekekattolaatat on suunniteltu elementteinä.



## **2.1 Kohteesta vertailtavia asioita**

Paikallavalettuja parvekelaattoja ja parvekekattolaattoja ei tässä opinnäytetyössä vertailla vaikean toteutuksen vuoksi. Parvekepielielementtien vertailu toteutetaan kuitenkin molemmilla menetelmillä. Kellarin huoneistojen välisten seinien toteutus elementteinä vaatisi, että paalut olisivat tarkalleen suunnitelluissa kohdissa, mikä ei käytännössä onnistu. Vertaan kuitenkin myös kellarin elementtien ja paikallavalun väliset teoreettiset hinnat. (Tuohimaa 12.12.2013, palaveri.)

Paikallavalettujen ja elementtiseinien vertailussa käytän jo suunniteltuja seinäpaksuuksia ja raudoituksia. Ensimmäiseen kerrokseen sijoitettuja pilareita joudun kasvattamaan noin 30 %:lla, kun oletetaan, että välipohjana käytetään paikallavalua ontelolaattojen sijasta. Sisäkuorielementtien korvaaminen paikallavalettavilla seinillä on työturvallisuusriski. (Tuohimaa 12.12.2013, palaveri.) Lasken kuitenkin vertailuhinnan täysin paikallevaltavalle ja täysin elementoidulle kerrostalolle. Välipohjia en tarkastele tässä opinnäytetyössä.

## **2.2 Äänitekniset vaatimukset**

Äänitekniset vaatimukset asunnoille on esitetty rakentamismääräyskokoelman osassa C1. Huoneistojen välisten seinien ilmanääneneristysluku ( $R_w$ ) tulee olla 55 dB. Ilmanäänieristeluku kuvaa rakenteen kykyä eristää ääntä. (Rakennusmääräyskokoelma C1. 1998.) Rakennustarkastusyhdistyksen johtokunta on suosittanut, että koko maassa otetaan käyttöön huoneistojen välisen seinän paksuudeksi 200 mm entisen 180 mm:n sijasta (Elementtisuunnittelu. 2014). Heikoimpia äänitekniisiä kohtia betonirakenteessa ovat elementtien saumat ja läpiviennit. Kyseisiin kohtiin tulee kiinnittää erityistä huomiota ja huolellisuutta työn toteutuksessa ja valvonnassa.

## **2.3 Palonkestovaatimukset**

Palotekniset vaatimukset asunnoille esitetään rakentamismääräyskokoelman osassa E1. Kahdeksankerroksinen kerrostalo kuuluu vaativimpaan paloluokkaan P1. Kerrostalon, jossa on 3–8 kerrosta, pitää kantavien seinien osalta täyttää vaatimus REI 60. R tarkoittaa kantavuutta, E tiiveyttä, I eristävyyttä ja 60 kuvaa minuuttimäärää, jonka rakenteen tulee näiltä osin paloa kestää. Palon-

kestoaikoihin ja vaatimukseen vaikuttaa kerrosten lukumäärän lisäksi myös palokuormat, osastoinnit, kellarikerrosten lukumäärä, autohallit ja se, onko rakennuksessa sprinklerijärjestelmää ja onko kyseessä hoitolaitos vai asuinrakennus sekä moni muu seikka (taulukko 1).

Betonirunkoiset talot kuuluvat yleensä P1-luokkaan. Betoni on palonkestovaatimuksiltaan A1 täyttävä palamaton materiaali. (Rakennusmääräyskokoelma C1. 1998.) Tutkittavassa kohteessa kellarikerroksessa on irtaimistovarastojen osastoivana seinänä REI 120, mikä täyttyy 200 mm paksulla betoniseinällä. Betoniseinien paksuudet määräytyvät siis rakennusmääräyskokoelmien paloturvallisuuden ja ääneneristysvaatimusten mukaan. Rakenteen paino ei yleensä toimi määräävänä tekijänä kantavien seinien paksuutta valittaessa. (Tuohimaa 12.12.2013, palaveri.)

TAULUKKO 1. Kantavien rakenteiden luokkavaatimukset (Rakennusmääräyskokoelma C1. 2005)

TAULUKKO 6.2.1		KANTAVIEN RAKENTEIDEN LUOKKAVAATIMUKSET				
		Rakennuksen paloluokka				
		P1			P2	P3
		Palokuorma MJ/m <sup>2</sup>				
		yli 1200	600–1200	alle 600		
Sarake		1	2	3	4	5
Enintään 2-kerroksinen rakennus yleensä		R 120*	R 90*	R 60*	R 30	—
– jos rakennuksen eristeet eivät ole vähintään luokkaa A2-s1, d0		R 120	R 90	R 60	R 30	—
– hoitolaitokset, majoitustilat, kellarit		R 120	R 90	R 60	R 30	—
3–8-kerroksinen rakennus yleensä		R 180	R 120	R 60	■	■
3–4-kerroksinen asuin- tai työpaikkarakennus						
– kerrokset		R 180	R 120	R 60	R 60*	■
– kellarikerrokset		R 180	R 120	R 60	R 120	■
Yli 8-kerroksinen rakennus		R 240	R 180	R 120	■	■
Ylimmän maanalaisen kellarikerroksen alapuolella sijaitsevat kellarikerrokset		R 240	R 180	R 120	R 120	R 60
Yläpohjan rakenteiden vaatimukset, jos yläpohjan eristeet ovat vähintään luokkaa A2-s1, d0						
– enintään 2 kerrosta, ei ullakkoa; rakenteet, jotka <b>ovat</b> rakennuksen kantavan rungon tai jäykisteiden olennainen osa		R 60	R 60	R 60	R 30	—
– enintään 2 kerrosta, ei ullakkoa; rakenteet, jotka <b>eivät ole</b> rakennuksen kantavan rungon tai jäykisteiden olennainen osa		R 15	R 15	R 15	R 15	—
– 1 kerros, ei ullakkoa, automaattinen sammutuslaitteisto; rakenteet, jotka <b>eivät ole</b> rakennuksen kantavan rungon tai jäykisteiden olennainen osa		—	—	—	—	—
– 1 kerros, tuotanto- tai varastorakennus; ei ullakkoa; rakenteet, jotka <b>eivät ole</b> sen kantavan rungon tai jäykisteiden olennainen osa		—	—	—	—	—
Ullakon tai ontelon vesikattorarakenteet, jotka eivät ole rakennuksen rungon olennaisia kantavia tai palossa runkoa jäykistäviä rakenteita						
		—	—	—	—	—
<b>Taulukon huomautukset:</b>		Parvekkeiden palonkestävyysvaatimus on puolet kerroksen kantavien rakenteiden vaatimuksesta.				
		Tuotanto- ja varastorakennuksessa sallitaan lievennyksiä Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjeiden E2 mukaisesti.				
<b>Taulukon merkinnät:</b>		* = jos kantavat rakenteet eivät ole vähintään luokkaa A2-s1, d0, tulee rakennuksen eristeiden olla vähintään A2-s1, d0-luokan tarvikkeista				
		○ = kantavat rakenteet on tehtävä vähintään luokan A2-s1, d0 tarvikkeista				
		— = ei luokkavaatimusta				
		■ = ei mahdollinen				

## 3 ELEMENTTI- JA PAIKALLAVALURAKENTAMINEN

### 3.1 Betonirakentaminen

Paikallavalun voi jakaa kolmeen työvaiheeseen muotti-, raudoitus- ja betonityö. Työvaiheet ovat elementtirakentamisessa periaatteessa samat, mutta toteus tehdasolosuhteiden johdosta erilainen.

Betonirakenteet ovat yleensä teräsbetonirakenteisia, joissa teräs ottaa vastaan vetorasitukset ja betoni puristusrasitukset. Teräsbetonin ominaisuuksia ovat suuri ominaispaino ja siitä johtuen myös hyvät palonkesto-, jäykkyys-, lujuus- ja ääneneristysominaisuudet. Betonin muita hyviä ominaisuuksia ovat joustavat suunnittelu- ja valmistusominaisuudet, muotoiltavuus, kotimaisuusaste ja energiantarve valmistuksessa käyttöikänsä nähden sekä mahdollisuus uusiokäyttöön. Teräsbetonia voidaan käyttää hyväksi monilla eri rakentamisen osa-alueilla aina teollisuudesta asuinrakentamiseen. (Betonitekniikan oppikirja. 2004 by 201. 2005,191–192.)

Betonitöiden huolellinen työsuunnittelu on sekä teknisesti että taloudellisesti perusteltua. Perusteellisella suunnittelulla varmistetaan työn sujuvuus, jolloin työn läpivienti onnistuu minimiajassa ja minimikustannuksin, sekä turvataan teknisesti onnistunut lopputulos, joka on korkealaatuinen ja samalla pitkäikäinen betonirakenne. Ennen betonitöiden aloittamista tulee olla tiedot rakenteeseen soveltuvasta betonista, sen ominaisuuksista sekä kohteeseen sopivasta betonin siirtotavasta. On myös varmistettava, että tarpeelliset työvälineet ja koneet on saatavilla. Lisäksi betonin kuljetusautolla pitää olla esteetön reitti valupaikalle. Kärnästeiden ja -telineiden kunto tarkistetaan. Betonointia varten pitää olla nimettynä tarvittavat työntekijät ja työnjohto sekä valunopeus pitää olla oikea työntekijöiden määrään nähden. Sekä ennakkosuunnittelussa että muotti-, raudoitus- ja betonointityössä on syytä käyttää päteviä asiantuntijoita ja ammattimiehiä. (Paikallavalurakentaminen. 2014.)

## 3.2 Paikallavalurakentaminen

Tässä osassa käyn läpi paikallavalurakentamisen eri työvaiheita. Tätä ennen tulee olla suunniteltuna työn eri vaiheet, jotta työ sujuisi mahdollisimman sujuvasti ilman lisäkustannuksia ja saavutettaisiin laadullisesti paras mahdollinen lopputulos.

### 3.2.1 Muottityö

Muottityö on toteutettavissa monella eri tavalla. Muotit voidaan jakaa neljään eri pääryhmään: järjestelmämuotit, pienet muottiyksiköt, suuret muottiyksiköt ja paikalla tehdyt kertakäyttöiset muotit. (Koski ym. 2010, 61–84.) Paikallavalun hintavertailussa käytän laskennassa suurmuotteja (kuva 1). Suurmuotit ovat nopea ja tehokas tapa esimerkiksi kerrostalon seinien rakentamiseksi. Suurmuotit ovat 2.85-3 metriä korkeita, ja eri pituuksia on saatavilla esimerkiksi 2.4 -, 3.6-, 4.8-, 6- ja 7.2-metrisiä. Suurmuottien pituuksissa on eroja valmistajasta riippuen. (AP-suurmuotti käyttöohje. 2014.)



*KUVA 1. Suurmuotti (Suurmuotti. 2014)*

Työmaalla valetun betonipinnan ulkonäköön ja laatuun vaikuttaa betonin laadun ja oikean työnsuorituksen lisäksi oleellisesti käytetty muottimateriaali. Muotin mittojen pitää olla oikeat. Muotin on oltava riittävän luja ja hyvin tuettu, ettei tuo-

reen betonimassan aiheuttaman valupaineen takia se pääsee muuttamaan muotoaan. (Paikallavalurakentaminen. 2014.)

### **3.2.2 Raudoitus**

Raudoitus voidaan tehdä irtoteräksin, verkoin tai esivalmisteisilla raudoituksilla. Oli raudoitusmenetelmä mikä tahansa, on varmistettava, että betoniteräksset ovat Suomessa voimassa olevien standardien vaatimusten mukaisia. Työnjohdon tulee tarkistaa raudoitukset runkoryllistä löytyvien ohjeiden mukaisesti. (RunkoRYL. 2010, 147.)

### **3.2.3 Betonin kuljetus ja siirto**

Betoni kuljetetaan valmisbetonitehtaalta työmaalle yleensä pyörintäsäiliöautolla. Pyörintäsäiliöautotyypin suurin sallittu kuormakoko on 5-6 m<sup>3</sup> betonia. Sekoitussäiliöautoja löytyy kooltaan aina 10 m<sup>3</sup>:iin asti. Pyörintäsäiliöauton hyvä puoli on, että sillä on mahdollista sekoittaa kuljetuksessa huonontunut betoni tasalaatuisiksi. (Paikallavalurakentaminen. 2014.)

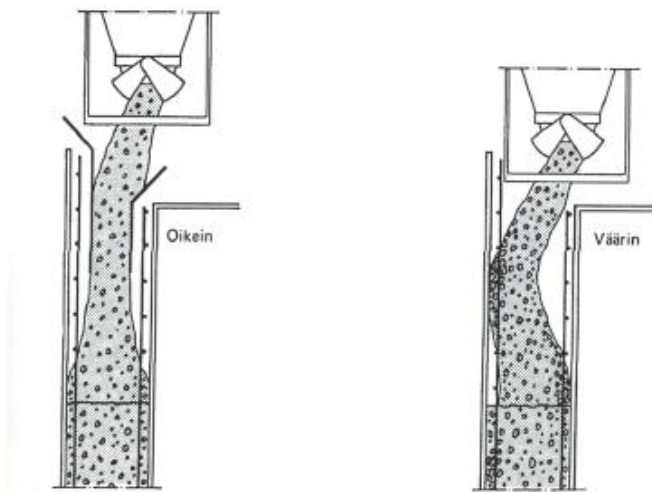
Betonia voidaan siirtää työmaalla usealla eri laitteella. Pyörintäsäiliöauton varustuksena voi olla mekaaninen tai hydraulinen valukouru tai kourun lisäksi hihnakuljetin tai betonipumppu. Pumpulla varustettu pyörintäsäiliöauto sopii erityisesti pieniin valuihin, ja sen mukana voidaan kuljettaa 3,5 – 6m<sup>3</sup> betonia. Lisäksi voidaan käyttää erillistä betonipumppuautoa. Betonin pumppaus on siirtotavoista nopein mutta ei välttämättä halvin. Betoniastiavalu on mahdollinen erityisen korkeissa ja hankalasti saavutettavissa kohteissa, sekä se on hinnaltaan edullinen. (Paikallavalurakentaminen. 2014.)

Erillisen autobetonipumpun siirtoetäisyys vaakasuunnassa on noin 40 metriä, mutta lisäulottuvuutta on mahdollista saada jatkolinjalla. Erillistä autobetonipumppua käytettäessä on varauduttava siihen, että pumppu pitää tukea sivusuunnassa neljällä tukijalalla, jotka ulottuvat 3,5 metrin päähän autosta. Pumpun ja betoniauton tilantarve on noin 20 metriä. (Paikallavalurakentaminen. 2014.)

### 3.2.4 Betonin valu- ja tiivistystyö

Betonin valu- ja tiivistystyön toteutuksella voidaan vaikuttaa lopullisen betonirakenteen laatuun. Valmiiden ja valun välisten pintojen lämpötilan pitää olla riittävä. Valettaessa talvella käytetään yleensä muotteihin asennettavaa lämmitystä, että betoni ei pääse jäätymään ja että saadaan rakenteelle suunniteltu loppulujuus. (Suomen rakentamismääräyskokoelma B4. Betonirakenteet 2005, 44.)

Ennen betonoinnin aloittamista muottipinnat öljytään. Betoni valetaan muottiin mahdollisimman matalalta suoraan alaspäin pudottaen, jotta kiviainesrakeet ja vesi eivät erottuisi massasta. Massan pudotuskorkeus saa olla enintään 1,5 m. Korkeita seiniä betoniastialla valettaessa olisi hyvä käyttää valusuppiloa tai -sukkaa. Massaa ei saa valuttaa muottiseinästä tai raudoitusta pitkin eikä sitä vasten. (Kuva 2.) Korkeissa perusmuuri- ja seinärakenteissa valukerroksen korkeus saa olla enintään neljäkymmentä senttimetriä, jottei betonimassasta muottiin aiheutuva paine kasva liian suureksi. Korkeissa ja tiheästi raudoitetuissa seinissä tulisi pohjalle valaa noin 200 mm:n kerros 8 mm:n kivellä olevaa betonia, jotta voidaan olla varmoja betoniseinän tasalaatuisesta lopputuloksesta. Hyvän laadun varmistamiseksi tulee varmistua, että tiivistys on riittävän hyvä ja betonipinnalle säädetyt laatuvaatimukset täyttyvät. (Paikallavalurakentaminen. 2014.)



*KUVA 2. Pystysuorien rakenteiden valussa käytetään valusuppiloa tai sukkaa (Betonointi 18. 2014)*

Yleensä betonin tiivistys tehdään sauvatäryttimellä eli vibralla. Sauvan annetaan painua omalla painollaan pystysuorassa koko valukerroksen läpi ja korkeiden seinien osalta 10 - 15 cm:n syvyydelle edelliseen valukerrokseen. Sauvaa liikutellaan rauhallisesti, jottei valuun jää ilmakoloja. Tärytysaika voidaan määrittellä sen mukaan, milloin betonin pinta on tasoittunut sauvan ympärillä eikä betonin pintaan enää nouse ilmakuplia. Tärytysaika on yleensä noin 10–30 sekuntia. Tärytys tehdään yli koko betonoidun alueen noin 0,5 metrin pistovälein. Raudoituksen täryttämistä on vältettävä. Koska raudoituksen aseman pitää rakenteen toimivuuden kannalta säilyä suunnitelmien mukaisena, on ylimääräistä kävelyä raudoituksen päällä vältettävä. (Paikallavalurakentaminen. 2014.)

Tuore betonimassa menettää valettavuutensa normaalisti 2 - 3 tunnissa. Jos yhden kuorman valaminen kestää kauemmin, voi betoniin käyttää hidastinta. (Paikallavalurakentaminen. 2014.)

### **3.2.5 Jälkihoito**

Jälkihoito pitää aloittaa välittömästi betonoinnin jälkeen. Näin halkeilu saadaan minimoitua ja sille asetut ominaisuudet saavutettua. Lyhin jälkihoitoaika on yleensä kolme vuorokautta, mutta pakkas-, kulutus- tai kemiallisen rasituksen alaiseksi joutuvilla rakenteilla sen tulee olla vähintään seitsemän vuorokautta. Muottia vasten olevissa pinnoissa kosteus säilyy itsestään, mutta avoimet yläpinnat on kasteltava valua seuraavina päivinä. (Suomen rakentamismääräyskokoelma B4. 2005, 44.)

Betonipinnan peittäminen muovikalvolla on hyvä jälkihoitomenetelmä. Pintaa ei tarvitse lisäkastella betonista haihtuvan kosteuden tiivistyessä muovin ja pinnan väliin. Lisäksi muovikalvo suojaa myös sateelta. (Suomen rakentamismääräyskokoelma B4. 2005, 44.)

Nestemäisten ruiskutettavien jälkihoitoaineiden tarkoituksena on muodostaa betonin pinnalle lähes täysin kosteutta läpäisemätön kalvo. Koska aineiden tehokkuudessa on käytännön kokeissa havaittu olevan melkoisiakin eroja, on syytä varmistaa valmistajalta tai myyjältä tuotteen ominaisuudet. Tässäkin jälkihoitomenetelmän yhteydessä on hyvä peittää valettu betonipinta lisäksi muovilla. (Paikallavalurakentaminen. 2014.)



Jälkihoitoaineiden käytössä on tärkeää varmistaa, onko aine itsestään haihtuvaa vai joudutaanko se poistamaan mekaanisesti tartunnan parantamiseksi, jos betonipinta käsitellään myöhemmin maalauksella tai pinnoitteella. (Paikallavalurakentaminen. 2014.)

### **3.3 Elementtirakentaminen**

Tässä osassa käyn läpi elementtirakentamisen eri työvaiheita työmaalla. Ennen varsinaiseen kentällä tehtävään työhön ryhtymistä tulee olla suunniteltuna työn eri vaiheet. Laatukorttien ja asennussuunnitelmien täytyy olla tehtynä sekä ammattitaitoinen ja pätevä henkilöstö hankittuna.

Elementtirakentamista alettiin kehittää Suomessa 1950-luvulla. Ensimmäiset julkisivut on kiinnitetty Viljo Revellinin Helsinkiin suunnittelemaan Palace-taloon, joka valmistui vuonna 1952. (Miten betoni tuli suomeen.2014.) Vuonna 2008 rakennusten rungoista oli betonielementtejä asuinkerrostaloissa 74 %, toimistorakennuksissa 74 %, teollisuusrakennuksissa 35 % ja kaikissa toimitilarakennuksissa yhteensä 46 %. (Talonrakentaminen. 2014.)

#### **3.3.1 Elementtien kuljetus ja purku**

Pääasiallisesti kuljettaja vastaa kuorman sijoittamisesta ja varmistamisesta. Lastaaja nostaa/siirtää tavarautoon kuljettajan lastausohjeiden mukaan ja kuljettaja kiinnittää ja tukee lastin. (Kuljetusohje. 2014.)

Erityistapauksissa, kuten betonielementtien kuljettamisessa, voi olla mahdollista, että kuljettaja kuormaa ja tukee tai kiinnittää sen toimeksiantajan ohjeiden mukaisesti. Tällöin sekä ohjeiden antaja että kuljettaja vastaavat kuorman sijoittamisesta ja varmistamisesta. Kuljettajan täytyy mahdollisuuksien mukaan varmistua siitä, että kuorma on sijoitettu ja kiinnitetty ohjeiden ja määräysten mukaan. Kuormissa, joissa elementit on jo pakattu hallissa ja kuljettaja ei voi vaikuttaa niputukseen, tavarantoimittaja vastaa tuotteen lastauksen ja purun käsittelyohjeista. (Kuljetusohje. 2014.)

Elementtien purkuvaiheessa sidontaa ei saa avata, ennen kuin nostoraksit ovat elementissä kiinni. Tarvittaessa voidaan käyttää elementtien välisidontaa. Pur-

kujärjestyksen ja purkupaikan tulee olla sellainen, että kuorman kaltevuus ja elementtien painopiste on otettu huomioon. (Kuljetusohje. 2014.)

Työmaalle tuleville elementeille tulee aina tehdä vastaanottotarkastus, jossa kirjataan ja kuvataan mahdolliset puutteet tai vauriot. On myös muistettava, että työturvallisuuslaki koskee kuljettajaa sekä muita lastaukseen tai purkuun osallistuvia työntekijöitä. (Elementtien asennus.2014.)

### **3.3.2 Elementtien asennus**

Rakennesuunnittelija määrittää elementtien asennussuunnitelmaa varten riittävät tiedot turvallisesta nostosta, asennusjärjestyksestä, väliaikaisesta tuennasta ja lopullisesta kiinnittämisestä. Suunnitelmaa varten tulee määrittää tiedot liittyen elementtien väliaikaisvarastointiin, nostoapuvälineisiin, juotosvalujen suojaamiseen, vähimmäistukipintoihin sekä toimitusaikatauluun. Asennussuunnitelma on myös asennustyön työturvallisuussuunnitelma. (Koski ym. 2010, 97–110.)

Mikäli muutoksia tulee liittyen elementtien asennussuunnitelmaan, tulee kaikki oleelliset rakenteelliseen tai työturvallisuuteen vaikuttavat muutokset hyväksyttävä ennen työtä vastaavalla rakennesuunnittelijalla. (Elementtien asennus. 2014.) Viimeistään viikko ennen asennustyön aloitusta työmaalla pidetään asennustyön aloituskokous, jossa käydään läpi asennussuunnitelma, työmaan olosuhteet, vastuujako, työturvallisuus sekä projektin aikataulutilanne. (Elementtien asennus. 2014.)

Asennustyötä johtavalla työnjohtajalla tulee olla vastaavan työnjohtajan pätevyys. Valmisosarakentamista koskevia toleransseja (liite 5) tulee noudattaa ja työnjohtajan ja asentajien tulee olla tietoisia elementtien asennustoleransseista. Asennushenkilöstö tulee perehdyttää työmaahan sekä käydä läpi asennustyöhön liittyvä riskikartoitus työmaan työturvallisuudesta. Asennustyöstä tulee pitää päiväkirjaa. (Elementtien asennus. 2014.)

Jokaisessa elementissä on oltava tunnistetiedot valmistajasta, elementin painosta, merkinnät sen turvallisesta nostamisesta sekä elementin valmistuspäi-

vämäärästä. Elementissä on ennen kaikkea oltava näkyvillä merkintä kokonaispainosta. (Elementtien asennus. 2014.)

Elementit asennetaan opinnäytetyötänä vastaavissa kohteissa yleensä torninosturilla. Vaihtoehtoisesti voi käyttää autonosturia. Nosturi valitaan elementin painon, nostosäteen, kohteen yleisen tarpeen ja korkeuden mukaan. (Koski ym. 2010, 97–110.)

Väliaikaisessa tuennassa käytetään säädettäviä tukitankoja, joiden yläpää kiinnitetään elementtiin ruuvaamalla tai tehtaalla asennettuun valuankkuriin pulttaamalla. Tuet tulee asentaa elementin painopisteen yläpuolelle. Elementtitukia tulee käyttää minimissään kahta kutakin elementtiä kohden. Väliaikaisia tukia ei saa poistaa ennen kuin saumat on kiinnitetty lopullisesti hitsaamalla, pulttaamalla tai juottamalla. Elementtien saumat raudoitetaan elementtikuvien mukaisesti ennen saumausta (kuva 3). (Koski ym. 2010, 97–110.) Valmisosarakentamisessa sallittavat toleranssit on lueteltuna liitteessä 5. Taulukkoon on kerätty kohdetta koskevat määräykset ja toleranssit.

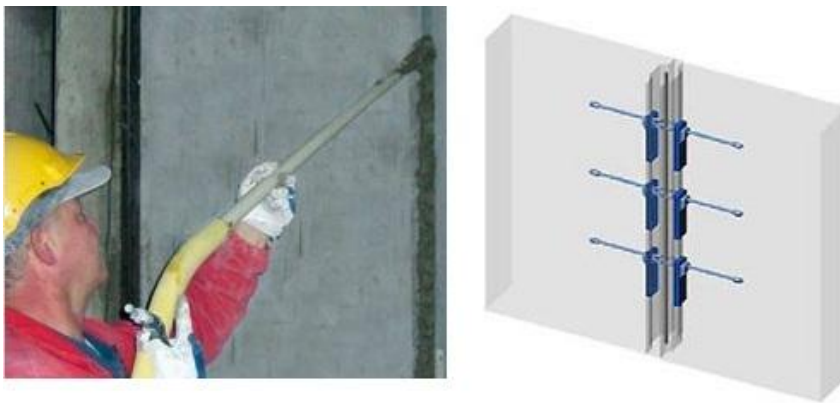
### **3.3.3 Elementtien saumaus ja juotosvalut**

Ennen saumaustyötä tulee tehdä suunnitelma, missä määritellään vastuut, työmenetelmät sekä työn vaatimukset. Betoninormien (BY 50) mukaan saumaustyöstä tulee pitää betonointipöytäkirjaa, kuten muistakin betonitöistä. Pöytäkirja arkistoidaan kymmeneksi vuodeksi. (Elementtien asennus. 2014.)

Elementin saumausta voi tehdä +30 ja -15 celsiusasteen välillä. Pakkasella tulee käyttää kuitenkin talvisaumaukseen soveltuvia sauma-aineita esimerkiksi talvipystysaumabetonia. Tavallisesti saumabetoni toimitetaan työmaalle joko suursäkeissä tai siilossa. (Elementtien asennus. 2014.)

Pystysaumausta varten vaaditaan noin yhden metrin levyinen kaista seinän vierestä. Saumauspintojen tulee olla puhtaita. Mahdolliset muottiöljyjen jäämät, pölyt, vesi ja jää tulee poistaa ennen saumauksen aloittamista. Saumattaessa sateella työkohde tulee olla suojattu, koska märälle pinnalle seinien pump-pusaumaus ei onnistu. Myös mahdolliset puutteet esimerkiksi raudoituksessa tulee ilmoittaa ennen saumaustyön aloittamista. (Elementtien asennus. 2014.)

Pystysaumauksessa massa pumppataan (kuva 3) noin kymmenen millimetriä yli lopullisen seinäpinnan. Pumpattavan pinnan takana suositellaan käytettäväksi tukelautaa. Näin vältetään sauman pumppaamiselta molemmin puolin. Pumpattava sauma ei saa olla yli 80 millimetriä leveä. Noin 10 - 30 minuuttia pumppauksesta sauma viimeistellään painamalla viimeisetkin ilmakuplat ja epätasaisuudet pois. Ylimääräinen sauma leikataan pois teräslastalla. Sauman pinnan täytyy olla noin 5 millimetriä syvemmällä kuin seinän pinta. Saumamassan tulee peittää teräkset kokonaan ja tiiviisti, jotta voidaan varmistua terästen toimivuudesta sekä riittävästä korroosiosuojauksesta. (Elementtien asennus. 2014.)



*KUVA 3. Pystysaumavalu, vaanasauma (Betonielementtien Valmistus ja Asennus. 2014, 43)*

Pystysaumauksessa urakoitsija täyttää myös seinäelementin ala- ja yläsaumat sekä varauskolot. Alasaumaa täytettäessä ei sauman korkeus saa alittaa 20 millimetrin rajaa. Kun välipohjana käytetään ontelolaattoja, yläsaumojä jätetään sauman ulkoreunoihin "tukesaumot", jotka toimivat yläsauman muotteina, kun sauma valetaan ontelolaataston saumauksen yhteydessä täyteen. (Elementtien asennus. 2014.)

Juotosvalujen täyttymiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Saumojen puhdistus lumesta ja jäästä on yhtäläillä tärkeää saumaustyössä kuin muissakin betonivalutöissä. Tarvittaessa juotosvaluja lämmitetään. (Elementtien asennus. 2014.)

### 3.4 Työmenetelmien vertailu

Tutkimukset osoittavat, että jopa kolmannes rakentamisen resurssien käytöstä voi olla huonon rakentamisprosessin seurausta. Elementtirakentamisessa tuotteet tehdään teollisissa olosuhteissa sisällä tasaisessa kosteudessa ja lämpötilassa. Pakkasella, vesisateella tai tuulella ei ole vaikutusta rakennusosien laatuun. Laatu on helpompi mitata ja valvoa vakiintuneissa tehdasolosuhteissa. Elementtirakentaminen voidaan siis toteuttaa pienemmällä työryhmällä ja tuote on tasalaatuista. Elementtirakentamisen etuja ovat myös tarkka aikataulusuunnittelu ja toimitukset oikeaan aikaan. Eri tuoteosat voidaan suunnitella kokonaisuudeksi. Rakentaminen on myös helpommin jaettavissa itsenäisiin tuoteosatoimituksiin. Hukat niin raudoituksen kuin betonin osalta voidaan minimoida. Työmaatoimintojen vakioiminen on teollisen rakentamisen vuoksi helpompaa ja rakennusaika lyhenee. (Elementtien asennus. 2014.)

Kun rakennuksen vaippa saadaan nopeasti tehtyä, työskentelyolosuhteet rakennustyömaalla paranevat. Myös sisävalmistusvaihe nopeutuu, kun rungon kuivatukset jäävät vähäisemmiksi. Tällöin säästyy kustannuksia ja työturvallisuus on helpommin hoidettavissa. (Elementtien asennus. 2014.) Kuitenkin kosteudenhallintaan ja vedenpoistamiseen hallitusti on kiinnitettävä huomiota ennen asennusta ja asennuksen jälkeen, jottei vesi pääse eristeisiin esimerkiksi sandwich-elementtejä käytettäessä (Kääriäinen 7.1.2014, oppitunti).

Paikallavalurakentamisessa koko työprosessi tehdään ulkona säiden armoilla. Työmaalla työn valvonta raudoitusten, muotitusten ja betonin oikean valun ja vibrauksen osalta tulee olla tarkempaa. Työnjohdon tulee kiinnittää erityistä huomiota muottien suoruuksiin, limityksiin sekä toleransseihin ennen valua. Virheen sattuessa voi mahdollinen taloudellinen etu paikallavalun osalta kulua kalliisiin piikkaus ja korjaustöihin, kuten YIT-opintojen kurssin aikana tekemissämme laskelmissa huomasimme. Paikallavalun työvaiheisiin tarvitaan laskujeni mukaan enemmän rakennusmiehiä ja rakennusapumiehiä kuin elementtirakentamiseen. Työmaan aikataulutaminen on vaikeampaa varsinkin talvisin kylmien lämpötilojen vuoksi.

Lämmölle, vedelle, ilmalle ja sähkölle tulevat läpiviennit on tehtävä joko muottiin esimerkiksi styroksin avulla tai porattava/piikattava jälkeinpäin, mikä myös vaatii enemmän työntekijöitä työmaalle elementtirakentamiseen verrattuna. Paikallavalurakentaminen siis työllistää enemmän työntekijöitä työmaalle, ja siinä on suuremmat riskit laadullisiin ja inhimillisiin virheisiin.

Elementtirakentamisessa kuljetus on kuitenkin aina riski. Valmiit rakennusosat voivat vaurioitua, ja niin vastaanottotarkistus on tehtävä aina huolellisesti. Eri-tyistä huomiota on kiinnitettävä punoksiin esijännitetyissä rakenteissa, esimerkiksi ontelolaatoissa ne eivät saa olla vetäytyneet rakenteen sisälle. (Kääriäinen 7.1.2014, oppitunti.) Elementtirakentamisessa läpiviennit ja putkitukset ilmanvaihdolle ja sähköille tehdään tehtaalla. Tämä nopeuttaa kyseisten työvaiheiden suoriutumista työmaalla mutta hidastaa ja vaikeuttaa mahdollisia muutostöitä. (Elementtien asennus. 2014.)

## 4 TALVIRAKENTAMINEN

Talvikaudeksi luetaan aika, jolloin vuorokautinen keskilämpötila on nollan alapuolella. Talven pituus on keskimäärin 140 vuorokautta, mutta vaihtelee suuresti alueittain (taulukko 2). Kerrostalon talvirakentamisen lisäkustannukset runkovaikossa verrattuna vastaavaan kesäaikaan on 5,5–7,5 prosenttia (taulukko 3). Talvirakentaminen lisää työmenekkiä sekä rakennusmateriaalien kulutusta. Koneiden, kaluston ja energiankulutuksen tarve on suurempi kuin muina vuodenaikoina. Lisätyön vaatimaa aikaa voidaan osittain kompensoida suurentamalla työryhmiä ja lisäämällä resursseja. Ankarana ja lumisena talvena kustannukset saattavat nousta hyvinkin korkeiksi, etenkin alueilla, missä normaalisti on leutoa ja vähälumista. Yleisesti voidaan todeta, että talvi viivästyttää rakentamista ja aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia. Kustannuksiin ja lisäresurssien tarpeeseen on syytä varautua suunnittelemalla talvirakentaminen hyvin ja varautumalla häiriöihin. (Kone-Ratu, 07-3034. 2014.)

*TAULUKKO 2. Taulukko 3. Päivien määrä, joina lämpötilan minimi on alle tietyn raja-arvon (Kone-Ratu, 07-3034. 2014)*

Paikkakunta	Lämpötilaminimi alle -10 °C							Yhteensä
	loka	marras	joulu	tammi	helmi	maalisk	huhti	
Helsinki	0	3	8	11	11	9	1	40
Turku	0	2	7	9	10	6	0	34
Lappeenranta	0	4	11	15	15	9	1	55
Vaasa	1	5	11	14	14	9	1	55
Joensuu	1	7	15	18	18	12	3	74
Oulu	1	8	16	19	17	12	2	75
Sodankylä	5	15	21	24	21	16	9	111

Pakkaspäivien aiheuttamaa aikaviivettä ja lisäkustannusta ei huomioida laskelmissa. Betonielementtien asennus ja paikallavalu on laskettu ilman ylimääräisiä esteitä teoreettisilla arvoilla.

### 4.1 Talven vaikutus asennukseen

Suurmuottien talvilisätyöt koostuvat lähinnä avustavista töistä. Jäiden sulatus, lumen poisto, lämmityksien ja suojausten järjestäminen ja ylläpito ovat tyypilli-

siä talven aiheuttamia lisätöitä. Töiden talvityöhaitta- ja lisäprosentti on 7,5 -12,5 °C:n lämpötilassa 10 % verrattuna kesäaikaan. (Kone-Ratu, 07-3034. 2014.) Tutkittavassa kohteessa kustannuslisä on noin 4,1 % (taulukko 6).

Betonielementtien talvityölisät koostuvat myös pääosin aputöistä. Lisäksi betonielementtien asennustyö hidastuu, mutta ajallinen vaikutus ei ole merkittävä. Töiden talvityöhaitta- ja lisäprosentti on 7,5 -12,5 °C:n lämpötilassa 25 % verrattuna kesäaikaan. (Kone-Ratu, 07-3034. 2014.) Kustannuslisä elementtirakentamisessa on noin 2,0 % (taulukko 6). Betonielementtien työstä suurin osa tehdään tehdastiloissa, ja paikallavalussa työt tehdään suurimmaksi osaksi työmaalla, mikä selittää erot kustannuslisissä.

#### **4.2 Talven vaikutus materiaalikustannuksiin**

Betonielementeissä iso talven aiheuttama materiaalihukka syntyy saumausbetonista. Saumausbetonin talteenotto on jäisiltä elementeiltä lähes mahdotonta. Talvijyotosbetonia ja -pystysaumamassaa joudutaan talvella käyttämään lämpötilan pudotessa alle +5 celsiusasteen. Elementtien saumoja joudutaan sulattamaan ja esilämmittämään, kun lämpötila putoaa alle -15 celsiusasteen, jotta elementtien juotoksien ja saumauksien riittävä lujuus saavutettaisiin. (Elementtien asennus. 2014.) Talvijyotosbetonia ja -saumausmassoja käytettäessä syntyy huomattava kustannuslisä ainekustannuksiin.

Saumojen lämmitys aiheuttaa suuren materiaalikustannuslisän. Saumoissa on käytettävä lämmityskaapelia alle -15 celsiusasteen lämpötiloissa, jotta rakentaminen olisi kustannustehokasta. Laskennassa oletetaan, että puolet saumoista tulisi lämmittää talvityössä.

Muotteihin voidaan asentaa lisälämmitystä vastuslangoilla valettaessa kylmiä pintoja vasten. Vastuslankojen tarve riippuu käytettävästä suurmuottikalustosta ja niiden lämmitystehosta. Muottien päälle tarvitaan myös valupeitteitä ja routamattoja suojaamaan valua. Edellä mainituista olen huomioinut laskennassa YIT:n kaluston mukaiset hinnat. Myös lämmitysenergia aiheuttaa lisäkustannuksia, ja siinä olen käyttänyt laskennassa myös kone-ratun mukaisia arvoja.



### 4.3 Talven vaikutus kalustokustannuksiin

Kalustokustannukset ovat talvisin ja kesäisin samat. YIT:llä on oma vuokrakalusto, mihin kuuluu paikallavalussa tarvittavat suurmuotit, päätymuotit, kasettimuotit ja elementtien pystytykseen vaadittavat vinotuet. Suurmuotit sisältävät lämmityksen ja betonielementeissä lämmitys kohdistuu pääosin valettaviin saumoihin, joten suurin osa kustannuksista koostuu materiaalikustannuksista. Seinien asennus kohdistuu pienelle alalle, joten sulatuksiin riittää yleensä nestekaasupoltin poislukien muoviset sähköputket. Lumen poistamiseen käytetään lehtipuhallinta ja harjaa. Kerrostalon talvirakentamisen materiaalisä runkovaiheessa on kesä rakentamiseen verrattuna noin 0,6-1,9 % (taulukko 3).

*TAULUKKO 3. Kerrostalon talvirakentamisen lisäkustannukset prosentteina, verrattuna vastaaviin kesäajan rakentamisen kustannuksiin (Kone-Ratu, 07-3034. 2014)*

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

## 5 TYÖTURVALLISUUS

Tarkasteltaessa työturvallisuutta työmaalla huomataan, että molemmissa tuotantotekniikoissa on samankaltaiset työturvallisuusriskit, joita tulee hallita huolellisella työsuunnittelulla ja -toteutuksella. Nostotöistä tulee tehdä nostotyösuunnitelma, jos käytössä on enemmän kuin yksi nostolaite. Työvaiheista tulee tehdä tarkka tehtäväsuunnitelma, joka sisältää myös kyseiseen tehtävään liittyvät turvallisuusasiat. (Valtioneuvoston asetus rakennustöiden turvallisuudesta, 205/2009. 2014.) Betonielementtien kohdalla asennussuunnitelma liitteineen käy sekä nosto että työturvallisuussuunnitelmasta (Elementtien asennus. 2014).

Suojakypärän, suojalasien, suojakäsineiden, turvakenkien sekä monissa rakennusyriyksissä myös huomioväreillä varustettujen työvaatteiden käyttö antavat edellytyksen päästä työskentelemään rakennustyömaalle. Nojatikkaita ei saa käyttää työnsuorittamiseen, vain ainoastaan tilapäisinä kulkuteinä. Nojatikkaat soveltuvat nostoapuvälineiden kiinnittämiseen tai irrottamiseen sekä muihin vastaaviin lyhytaikaisiin, kertaluonteisiin töihin. A-tikkailla työskenneltäessä tulee olla kaatumiselta suojaavat sivuttaistuet paikoillaan (kuva 4). (Valtioneuvoston asetus rakennustöiden turvallisuudesta, 205/2009. 2014.)

Nostolaitteissa ja -apuvälineissä on oltava turvallisen käytön kannalta tarpeelliset merkinnät esimerkiksi suurin sallittu kuorma. Nostolaitteet ja -apuvälineet pitää olla tarkastettu, ja tarkastuslappu tai leima tulee olla näkyvillä tai helposti saatavissa. (Valtioneuvoston asetus rakennustöiden turvallisuudesta, 205/2009. 2014.)

Työskenneltäessä yli kahden metrin korkeudessa on käytettävä työtasoja tai henkilönostolaitteita, joissa putoaminen on estetty hyväksytyillä putoamissuojilla, esimerkiksi kaiteilla. Kaikissa laitteissa ainoastaan kaiteet eivät riitä suojaamaan putoamiselta vaan on käytettävä valjastyypistä henkilösuojainta turvaköysineen. Jossain tilanteissa tulee käyttää myös suojaverkkoja tai muita putoamisen estäviä suojarakenteita. (Valtioneuvoston asetus rakennustöiden turvallisuudesta, 205/2009. 2014.)

Työmaahitsauksia koskevat samat vaatimukset kuin tehdashitsauksia. Voimassa oleva sammutuskalusto, työturvallisuuskortti ja tulityökortti vaaditaan. Tulityölupa tulee olla, jos hitsaus suoritetaan sisätiloissa tai palavan materiaalin lähettyvillä. (Elementtien asennus. 2014.)

Rakennuttajan on nimettävä jokaiseen rakennushankkeeseen hankkeen vaatimusta vastaava pätevä turvallisuuskoordinaattori. Turvallisuuskoordinaattori huolehtii turvallisuutta ja terveellisyyttä koskevista toimenpiteistä. Rakennuttajan on varmistettava, että turvallisuuskoordinaattorilla on riittävä pätevyys, asianmukaiset toimivaltuudet ja muut edellytykset huolehtia kyseessä olevasta rakennushankkeesta. Rakennuttajan tulee myös varmistaa, että turvallisuuskoordinaattori huolehtii hänelle kuuluvista tehtävistä. (Valtioneuvoston asetus rakennustöiden turvallisuudesta, 205/2009.2014.)

Turvallisuuskoordinaattorin tehtäviin kuuluu tehdä yhteistyötä päätoteuttajan kanssa rakentamisen turvallisuutta koskevassa suunnittelussa ja rakennustyön toteuttamisessa. Samalla rakennustyömaalla samanaikaisesti tai peräkkäin rakennuttamistehtäviä toteuttavien rakennuttajien on sovitettava rakennuttamistehtävänsä siten, että työturvallisuusveloitteet tulevat toteutetuiksi koko rakennustyömaalla. (Valtioneuvoston asetus rakennustöiden turvallisuudesta, 205/2009. 2014.)



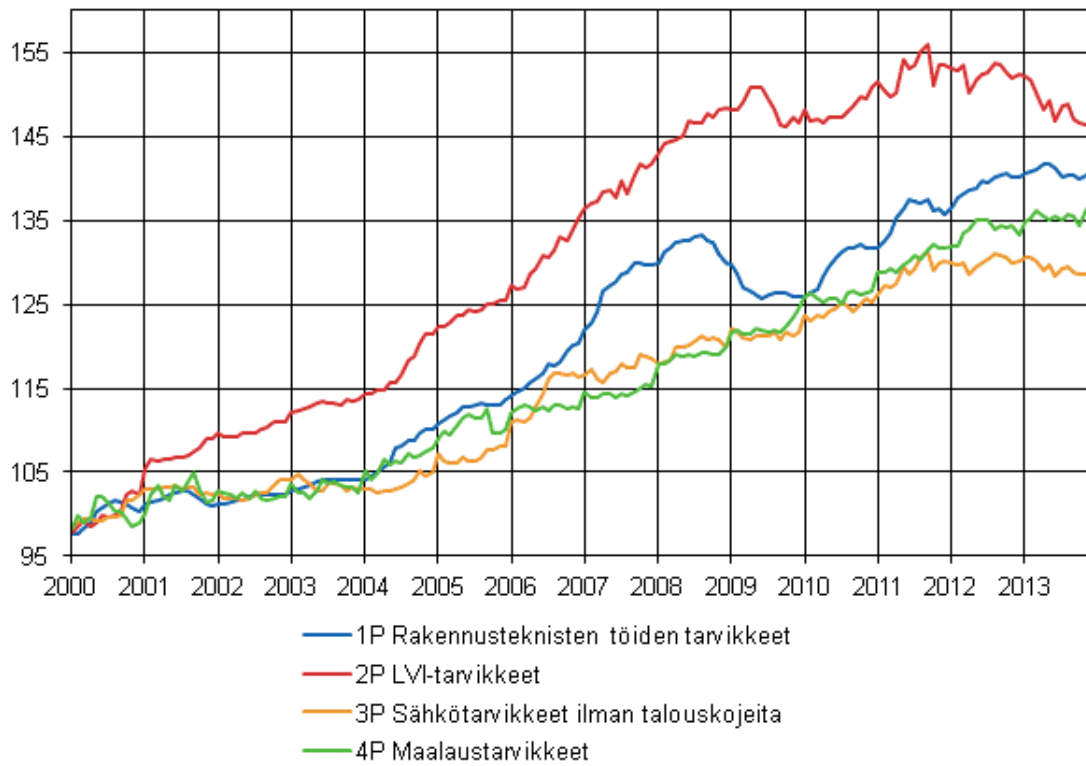
*KUVA 4. A-tikkaan sivutuki (A-tikkaan sivutuki.2014)*

## 6 SUHDANTEIDEN VAIKUTUS

Betonielementtien hintojen vaihtelu on nopeampaa kuin tuotantokustannusten vaihtelu paikallavalmuutta tehtäessä. Betonielementit reagoivat nopeasti suhdannemuutoksiin, ja hinnat kysynnän mukaan voivat vaihdella suuresti. Betonielementtien hintaan vaikuttaa myös elementtien muoto, aukkojen määrä ja sijainti. Betonielementti tehtaiden kiinteät kulut ovat suuria ja näin ollen tehtaan jatkuva toiminta ja tuloksen tekeminen edellyttävät jatkuvaa kaupankäyntiä. Elementtejä ei voi tehdä varastoon, joten hinnat määräytyvät suuresti kysynnän mukaan. (Marttila 2011, 29.)

Paikallavalmurakentamisessa suhdanteet vaikuttavat eniten betonin ja teräksen hintoihin, mutta myös muottien vuokrahinnoilla on vaikutusta varsinkin pienempiin rakennusyhtiöihin, joilla ei ole omaa muottikalustoa. Korkeasuhdanteen ennakkosuunnittelu on erityisen tärkeää. Paikallavalmuun tarvittavat muotit, betonit ja myös betonielementit tulee varata hyvissä ajoin pitemmän toimitusajan vuoksi. Betonista tehdään yleensä kausisopimukset, joten se helpottaa kustannuksien arvioimisessa ja rakennustuotantotapaa valittaessa. Teräksen hinta on ulkomailta tilattaessa voimassa noin kuukauden. (Marttila 2011, 29.)

Rakennuskustannusindeksi joulukuussa 2013 on työlle 136,4, kun vertailukohdaksi käytetään vuotta 2000, jolloin indeksi on 100 (kuva 5). Vuosimuutosprosentit kuitenkin kertovat enemmän. Työpanokset ovat nousseet vuodessa 1,6 %, kun tarvikepanoksilla nousu on ollut 0,1 %. Tarvikepanoksista betonielementit ovat laskeneet 1,4 %, teräsrakenteet ovat laskeneet 1,9 %, teräsbetoni on noussut 4,3 % ja puutavara on noussut 4,7 %. (Liitetaulukko 3. 2013.) Betonitehtäisten ja elementtien hinnat ovat eniten riippuvaisia sekä maailman että Suomen talouden tilanteesta. Halvinta tuotantotapaa valittaessa olisi tehtävä ajan-kohtainen ja kohdekohtainen laskelma.



KUVA 5. Osaindeksit P 2000=100 (Tilastokeskus. 2013)

## 7 AIKATAULU

Rakennushankkeiden toteutuksen mallina käytetään yleensä aikataulua. Aikataulun avulla määritetään hankkeelle paras mahdollinen tuotantotapa jo olemassa olevien tietojen pohjalta. Tavoitteet asetetaan hankkeen alkamiselle ja lopettamiselle, yksittäisille tehtäville ja välitavoitteille. Aikataulun avulla arvioidaan työvoiman tarvetta eri rakennusvaiheissa. (Mäki ym. 2007, 18.)

Parhaaseen mahdolliseen lopputulokseen pääsemiseksi tarvitaan laadukasta tuotannosuunnittelua, valvontaa ja ohjausta. Aikataulut on keskeisessä osassa tuotannosuunnittelussa, hankinnoissa sekä lopulta työmaan toteutuksessa ja valvonnassa. (Mäki ym. 2007, 18.)

Yleensä rakennuttaja vastaa rakennushankkeen kokonaisaikataulusta. Kokonaisaikataulu luo perustan kaikille hankkeeseen liittyville suunnitelmille. Aikataulun tulee olla realistinen, tavoitteellinen ja mahdollista toteuttaa. Rakennuttajan aikataulun tulisi jakautua ainakin hanke- ja rakennusvaiheisiin sekä rakennus- ja käyttöönottovaiheisiin. (Mäki ym. 2007, 18.)

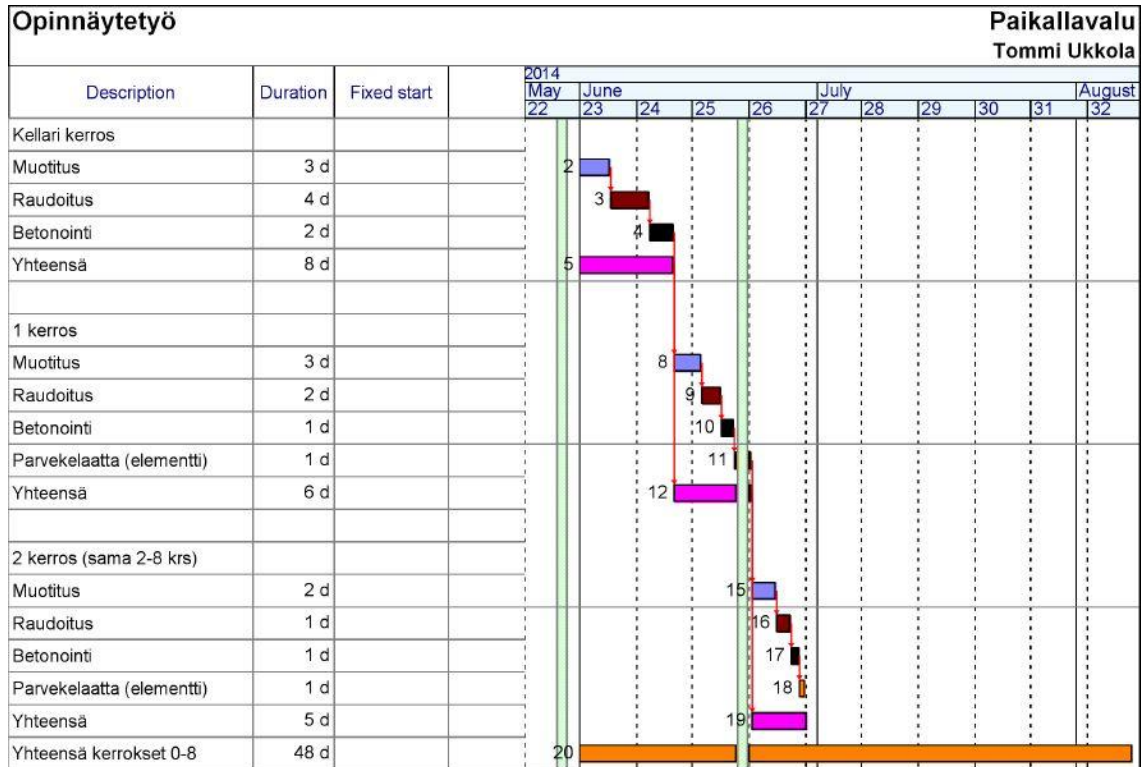
### 7.1 Paikallavalu

Paikallavalu oli menekki kirjan mukaan lasketun teoreettisen keston mukaan huomattavasti hitaampi rakennusmenetelmä. Paikallavalun teoreettiset menekit oli määritetty muottien, raudoitusten ja betonoinnin osalta kahden miehen työryhmälle, joka sisälsi rakennusmiehen ja rakennusapumiehen.

Työmenetelmien vertailun saamiseksi mahdollisimman selkeäksi tahdistin osan paikallavalusta kahdelle työryhmälle. Kantavat sisä- ja ulkokuoret sekä väliseinät kellarista kahdeksanteen kerrokseen on laskettu kahdella rakennusmiehellä sekä kahdella apumiehellä. Myös hissikuilun muotitus on laskettu kahdella työryhmällä. Pilareiden, parvekepielien raudoitus ja valu sekä elementtinä lasketut parvekelaatat ja -kattolaatat on laskettu yhdellä työryhmällä.

Muotitusta ja raudoitusta ei ole limitetty. Molemmat menetelmät on laskettu pääosin kahdella työryhmällä. Suurmuottiseiniä on jaettu kahdelle päivälle, mikä tarkoittaa, että raudoitettavia seinäneliöitä ei ole kovinkaan paljon päi-

vää kohden. Kyseisten työmenetelmien limitys olisi niin pieni ja käytännössä sitä ei mahtuisi tekemään. Eri työvaiheet on mitoitettu aikataulussa niin, että toinen alkaa vasta, kun toinen loppuu. (Kuva 6.) Paikallavalun kokonaiskesto vertailtavien rakenteiden osalta on 48,47 työvuoroa.



KUVA 6. Paikallavalurakentamisen tuotantoaikataulu kesällä

## 7.2 Elementti

Elementtirakentaminen oli menekikirjan mukaan lasketun teoreettisten keston mukaan nopeampi rakennusmenetelmä. Elementtien teoreettiset menekit oli määritetty kolmen miehen työryhmälle, joka sisälsi kaksi elementtiasentajaa ja yhden rakennusapumiehen. Elementtiasentamisessa on siis yhdessä työryhmässä yksi asentaja enemmän kuin paikallavalussa.

Elementointia ei ole myöskään limitetty eri rakennusosien osalta, koska elementtiasennus on suunniteltu toteutettavaksi yhdellä työryhmällä ja yhdellä nosturilla. Eri työvaiheet on mitoitettu aikataulussa niin, että toinen alkaa vasta, kun toinen loppuu (kuva 7). Elementoinnin kokonaiskesto vertailtavien rakenteiden osalta on 48,48 työvuoroa.

Hierarchy	Description	Duration	Fixed start	2014													
				May	June				July					August			
				22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33		
1	Kellarikerros																
2	Seinäelementit	10 d			2												
3	Yhteensä	10 d			3												
4																	
5	1 kerros																
6	Seinäelementit	5 d					6										
7	Parvekelaatat ja kattolaatat	1 d						7									
8	Parvekepielielementit	1 d						8									
9	Pilarit	0 d						9									
10	Yhteensä	6 d					10										
11																	
12	2 kerros (sama 2-8 krs)																
13	Seinäelementit	3 d						13									
14	Parvekelaatat ja kattolaatat	1 d						14									
15	Parvekepielielementit	1 d						15									
16	Pilarit	0 d						16									
17	Yhteensä	5 d						17									
18	Yhteensä kerrokset 0-8	48 d		18													

KUVA 7. Elementtirakentamisen tuotantoaikataulu kesällä



## 8 TULOKSET

Opinnäytetyössä tutkittiin kahdeksan asuinkerrosta ja kellarikerroksen sisältävää kerrostalokohdetta nimeltä asunto-osakeyhtiö Oulun Genoa. Kohteessa on 48 huoneistoa, hissi ja kellarikerros, jonka yhteyteen on suunniteltu autohalli. Kantavia seinärakenteita kohteessa on noin 3250 m<sup>2</sup>. Laskelmissa on vertailtu paikallavalua ja elementtirakentamista. Paikallavalurakentaminen on laskettu pääosin suurmuottitekniikalla. Hissikuilun muotittaminen on laskettu käyttäen ulkopinnassa kasettimuotteja ja sisäpinnassa levymuotteja. Molempien työmenetelmien kestot on laskettu käyttäen kirjaa Rakennustöiden menekit 2010. Rakennustöiden menekit 2010 ja Aikataulukirjan 2008 kestot töiden suorituksissa ovat lähes samat (taulukko 4).

*TAULUKKO 4. Sisäkuorielementtien asennus kerroksessa 3 Rakennustöiden menekkien 2010 tai Aikataulukirjan 2008 mukaan*

SISÄKUORIELEMENTIT	Määrä	Yksikkö	TTH/YKS T3	SMK	KOK. TTH/YKS	TTH	TR	Kesto (h)	TV T3
Aikataulukirja kirja: kerros 3									
Välivarastointi	9	kpl	0,18	1,00	0,18	1,62	3	0,54	0,0675
Mittaus	9	kpl	0,11	1,00	0,11	0,99	3	0,33	0,0413
Asennus									
Ulkoseinäelementti	9	kpl	1,31	1,00	1,31	11,79	3	3,93	0,4913
Tukkolaud. Saumaval. ja Laud. Purk	9	kpl	0,45	1,00	0,45	4,05	3	1,35	0,1688
Juotos pystysaumapumppauksella	9	kpl	0,23	1,00	0,23	2,07	3	0,69	0,0863
							<b>YHT</b>	<b>6,840</b>	<b>0,855</b>
<b>SISÄKUORIELEMENTIT</b>									
Menekki kirja: kerros 3									
Elementtien asennus ja kiinnitys	74,47	m2	0,20	0,95	0,19	14,15	3	4,7164	0,5896
Saumavalu	74,47	m2	0,06	0,95	0,06	4,24	3	1,4149	0,1769
Pystysaumapumppaus	74,47	m2	0,03	0,95	0,03	2,12	3	0,7075	0,0884
							<b>YHT</b>	<b>6,839</b>	<b>0,855</b>

Kalustohinnat ovat pääosin YIT Kaluston vuokrahinnastosta. Torninosturista tai aikataululisäyksestä aiheutuvia lisäkustannuksia ei ole otettu laskennassa huomioon, koska aikataulut on tahdistettu vuorokauden tarkkuudella samoiksi. Paikallavalu on laskettu käyttämällä kahta työryhmää sisäkuorien ja väliseinién jokaisessa työvaiheessa ja hissikuilujen muotituksessa sekä pilareiden ja parvekepielien valmistuksessa lukuun ottamatta valua. Paikallavalu on suunniteltu toteutettavaksi kyseisellä tavalla, jotta aikataulut saadaan täsmäämään. Autonosturin ja betonipumpun lisäkustannukset on huomioitu laskelmissa.

Täysin betonisen paikallavalun aiheuttama 30 %:n pilareiden kasvatus on huomioitu vertailussa. Materiaalikustannukset ja vuokratustannukset ovat arvolisäverottomia, kun taas työntekijäkustannuksiin on käytetty sosiaalikulut ja arvolisäveron sisältämää kerrointa 1,7. Talven vaikutusta rakentamisen kustannuksiin on myös verrattu. Elementtien ja muottien vertailuun tarvittavat tiedot, esimerkiksi seinien neliöt ja kuutiot, on kerätty Linja arkkitehdeiltä ja Finnmap Consultingista saaduista paperisista ja sähköisistä arkkitehti- ja rakennekuvista.

## 8.1 Paikallavalu

Betoni laadut ovat rakennekuvien mukaisia. Vertailtaessa samaa rakennetta elementtinä ja paikallavaluna käytetään samoja betonilujuuksia ja laatuja. Talvi-vertailussa betonin hinnassa on huomioitu betonin lämmityslisä koko rakentamisen ajalle. Talvibetonointi on suunniteltu toteutettavaksi kokonaan ilman rapid betonia. Betonointiin tarvittavat lämmitykset ja talven vaikutus on huomioitu Kone-Ratun talvityöt ja kustannukset ohjeen mukaan.

Kantavien rakenteiden terästen määrät on määritetty vertailemalla saman rakenteen eri kohtia ja keskimääräisiä terästen painoja kuutiolle (taulukko 5).

*TAULUKKO 5. Toisen kerroksen sisäkuoren 205 keskimääräinen paino kuutiolle*

2krs sisäkuori 205	x	y	L	jako	kpl määrä (x/L)	d	paino kg/m/m2	Paino	pros osuus
Haat	3,06	2,53	1,82	0,50	6,13	6,00	0,22	2,48	
Haat	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Haat	3,06	2,53	0,91	0,50	6,13	8,00	0,40	2,20	
Haat	3,06	2,53	1,34	0,30	10,21	8,00	0,40	5,40	13,29
Pitkittäiset raudat	3,06	2,53	3,06	1,00	4,00	12,00	0,89	10,88	
Pitkittäiset raudat	3,06	2,53	2,53	1,00	4,00	12,00	0,89	8,99	26,19
Verkko	3,06	2,53	-	1,00	2,00	6,00	2,96	45,91	
Aukko	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	60,52
								75,87	
							<b>Kg/m3</b>	<b>56,62</b>	100,00

Muottien sekä paikallavalun toteuttamiseen tarvittavan kaluston hinnat on otettu YIT Kalusto Oy:n hinnastosta. Paikallavalun kokonaishinta kesällä oli halvin vertailtavista rakentamismuodoista. Paikallavalun kokonaiskustannus talvella nousi noin 9 % kesän hinnasta (taulukko 6). Paikallavalun hintavertailu sekä laskenta kesän ja talven osalta löytyy liitteistä kuusi ja seitsemän.

## 8.2 Elementti

Kantavat rakenteet, jotka oli suunniteltu rakennettavaksi paikallavalettavina on elementtiverailussa vaihdettu elementeiksi. Tällaisia elementtejä ovat esimerkiksi kantavat väliseinät, joiden materiaalikustannusten laskennassa on käytetty keskimääräistä 80 euron neliöhintaa. Seinäelementtien hinnassa on huomioitu kiinnitykseen tarvittavat plv 100 -vaijerit, joiden kappalehinta on 3,3 euroa ja joita tulee seinän korkeudesta riippuen 10–12 kappaletta elementtiä kohden.

Elementtien pystytykseen, väliaikaiseen tukemiseen, lopulliseen kiinnittämiseen sekä saumojen lämmittämiseen tarvittavat kaluston vuokrahinnat ovat YIT Kaluston hintoja. Juotos ja pystysaumabetonien hinnat pohjautuvat Weberin hinnastoon.

Elementtien kokonaishinta kesällä oli lähes puolet kalliimpi kuin halvin, joka oli paikallavalu kesällä. Elementtien kokonaiskustannus talvella nousi noin 3 % kesän hinnasta. (Taulukko 6.)

TAULUKKO 6. Paikallavalu- ja elementtirakentamisen hintojen vertailutaulukko

Kokonaishintojen vertailu	Työvuoroja	Euroa	% ero edullisimpaan	% ero kesä/talvi
<b>Elementtirakentamisen työkustannukset (Kesä)</b>	48,47	<b>36255,94</b>	<b>Edullisin</b>	
Paikallavalurakentamisen työkustannukset (Kesä)	48,46	42610,53	<b>17,5</b>	
Elementtirakentamisen työkustannukset (Talvi)	60,59	45319,93	<b>25,0</b>	<b>25,0</b>
Paikallavalurakentamisen työkustannukset (Talvi)	59,50	52140,83	<b>43,8</b>	<b>22,4</b>
Elementtirakentamisen materiaalikustannukset (Kesä)		410220,69	<b>113,4</b>	
<b>Paikallavalurakentamisen materiaalikustannukset (Kesä)</b>		<b>192259,85</b>	<b>Edullisin</b>	
Elementtirakentamisen materiaalikustannukset (Talvi)		414217,80	<b>115,4</b>	<b>1,0</b>
Paikallavalurakentamisen materiaalikustannukset (Talvi)		204051,97	<b>6,1</b>	<b>6,1</b>
Elementtirakentamisen Kokonaiskustannukset (Kesä)		<b>446477</b>	<b>90,1</b>	
<b>Paikallavalurakentamisen Kokonaiskustannukset (Kesä)</b>		<b>234870</b>	<b>Edullisin</b>	
Elementtirakentamisen Kokonaiskustannukset (Talvi)		<b>459538</b>	<b>95,7</b>	<b>2,9</b>
Paikallavalurakentamisen Kokonaiskustannukset (Talvi)		<b>256193</b>	<b>9,1</b>	<b>9,1</b>

## 9 POHDINTA

Opinnäytetyössä vertailtiin kahdeksankerroksisen kerrostalon Asunto-osakeyhtiö Oulun Genoan kantavien seinärakenteiden tuotannollisia ja taloudellisia eroja. Vertailu rajattiin paikallavalu- ja elementtirakentamiseen. Työssä vertailtiin eri tuotantotapojen vaikutusta kustannuksiin, aikatauluun ja työturvallisuuteen. Lisäksi vertailtiin vuodenaikojen ja talouden suhdanteiden vaikutusta eri menetelmiin. Tavoitteena oli saada YIT Rakennus Oy Oululle eri tuotantomenetelmien kustannus- ja aikataulueroista tietoja, jotka helpottaisivat tuotannon-suunnittelua.

Kustannus- ja aikatauluvertailu tehtiin käyttämällä Ratu-tiedostojen menekki- ja aikataulutietoja hyväksi. Hinnat ja aikataulun tarkastivat opinnäytetyötä ohjaavat henkilöt sekä YIT:llä että Oulun ammattikorkeakoulussa. Tulokseksi tuli, että kantavat paikallavalurakenteet ovat tuotantokustannuksiltaan huomattavasti elementtirakenteita edullisempia. Lisäksi kustannusetua verrattaessa rakentamisen heikko suhdanne ei vaikuta elementtien hintaan riittävästi.

Tutkittavassa kohteessa paikallavalu oli yhdellä ryhmällä rakennettaessa noin puolet hitaampi. Kahdella työryhmällä pystytettäessä aikataulut saatiin täsmäämään yhden työvuoron tarkkuudella. Talvella rakennettaessa aikataulusäys oli paikallavalun osalta noin 11 työvuoroa ja elementtien osalta noin 12 työvuoroa. Välipohjien vaikutusta rungon aikatauluun ja tahdistamiseen ei tässä työssä huomioitu.

Talvirakentamisessa työnjohdon kokemus ja kyky varautua vaikeisiin olosuhteisiin todellisuudessa korostuu. Talven vaikutus opinnäytetyön laskennassa huomioitiin Kone-Ratun teoreettisen laskennan pohjalta, joten työnjohdon kokemuksen vaikutusta ei tässä vertailussa huomioida. Molempien tuotantotapojen toteutus vaikeutuu huomattavasti lämpötilan pudotessa alle -15 °C:een. Paikallavalussa valupintojen jäättömyys ja lämpötila aiheuttavat ongelmia, kun taas elementeillä suurin vaikeus kohdistuu valusaumojen juotosbetonien lämmittämiseen ja lujuudenkehittymiseen.

Betonielementtien suunnittelu vaatii enemmän aikaa, joten lähtökohtaisesti elementtien suunnittelu maksaa enemmän. Hankintasuunnitelman, aikataulun ja eri suunnittelijoiden saumaton yhteistyö korostuu elementeillä rakennettaessa. Kantaviin rakenteisiin kohdistuvat lisä- ja muutostyöt vaativat myös enemmän aikaa ja resursseja, etenkin esijännitetyjä rakenteita käytettäessä. Valittaessa tuotantotekniikkaa hankkeelle tulisi tehdä vertailu hankekohtaisesti, koska rakennukset poikkeavat merkittävästi runkorakenteiltaan. Myös maaperä, rakennuksen sijainti ja senhetkinen taloudellinen tilanne voivat vaikuttaa työmenetelmien hintaan merkittävästi.

Hintavertailua tehdessäni varmistuin laskelmieni oikeellisuudesta tarkastuttamalla työn eri vaiheissa ohjaavalla opettajalla sekä YIT:llä. Vertailussa ei ollut mahdollista seurata vastaavanlaista kohdetta, joten aikataulun ja hinnan täsmäämisestä ei voitu varmistua. Oma kokemukseni betonielementtien ja paikallavalun osalta ennen opinnäytetyön tekemistä oli kohtalaisen vähäistä. Opinnäytetyön tekeminen, aineistoon ja erityisesti rakennekuviin perehtyminen selkeytti ymmärrystä eri työvaiheista, rakenteiden kiinnittämisestä ja tukemisesta molempien työmenetelmien osalta.

## LÄHTEET

A-tikkaan sivutuki. Saatavissa: <http://www.taloon.com/a-tikas-hailo-xxl-jalustalla-6-askelmaa/HLO-8816-151/dp>. Hakupäivä 9.1.2014.

AP-suurmuotti käyttöohje. Ramirent. Saatavissa: [http://ramirent.fi/files/attachments/ramirent\\_fi/tuote-esitteet/turva-\\_ja\\_muottitekniikka/suurmuotit.pdf](http://ramirent.fi/files/attachments/ramirent_fi/tuote-esitteet/turva-_ja_muottitekniikka/suurmuotit.pdf). Hakupäivä 3.1.2014.

Betonielementtien Valmistus ja Asennus, Betonitekniikka 2, opintojaksoon liittyvät materiaalit. Saatavissa: <https://oiva.oamk.fi/opintojaksot/aktiiviset/index.php?sivu=materiaalit>. Hakupäivä 6.2.2014.

Betonitekniikan oppikirja 2004 by 201. 2005. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Betonointi, Betonitekniikka 2, opintojaksoon liittyvät materiaalit. Saatavissa: <https://oiva.oamk.fi/opintojaksot/aktiiviset/index.php?sivu=materiaalit>. Hakupäivä 6.2.2014.

Elementtien asennus. Betoniteollisuus ry. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/elementtien-asennus>. Hakupäivä 7.1.2014.

Elementtien kuljetusohje. Betoniteollisuus ry. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/elementtien-toimitus/elementtien-kuljetus>. Hakupäivä 6.1.2014.

Kone-Ratu. 2010. Talvityöt ja -kustannukset, 07-3034. Rakennustietosäätiö. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/tuotteet/105788.html.stx>. Hakupäivä 21.1.2014.

Koski, H., Koskenvesa, A., Mäki, T., Kivimäki, C. 2010. Rakentamisen tuotantotekniikka. Helsinki: Rakennustieto.

Kääriäinen, H., lehtori, Oulun Seudun Ammattikorkeakoulu. Betonitekniikka 2, oppitunti. 7.1.2014.

Liitetaulukko 3. Panosindeksit 2010=100. 2013. Tilastokeskus. Saatavissa: [http://www.stat.fi/til/rki/2013/12/rki\\_2013\\_12\\_2014-01-15\\_tau\\_004\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/rki/2013/12/rki_2013_12_2014-01-15_tau_004_fi.html). Hakupäivä 8.1.2014.

Marttila, J. 2011. Kerrostalon kantavan betoniseinän tuotanto- ja kustannustekijöiden vertailu. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Miten betoni tuli suomeen. Betoniteollisuus ry. Saatavissa: <http://www.betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/miten-betoni-tuli-suomeen>. Hakupäivä 6.1.2014.

Mäki, T., Koskenvesa, A. 2007. Aikataulukirja 2008. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Paikallavalurakentaminen. Betoniteollisuus ry. Saatavissa: <http://www.betoni.com/paikallavalurakentaminen>. Hakupäivä 3.1.2014.

RunkoRYL. 2010. RT 14–11016. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Talonrakennuksen runkotyöt. Saatavissa: <https://www-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/kortistot/tuotteet/106032.html.stx>. Hakupäivä 4.1.2014.

Suomen rakentamismääräyskokoelma, B4 Betonirakenteet. 2005. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/28237-B4Betoni.pdf>. Hakupäivä 4.1.2014.

Suomen rakentamismääräyskokoelma, C1 Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa, määräykset ja ohjeet 1998. Ympäristöministeriö. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/1917-c1.pdf>. Hakupäivä 23.1.2014.

Suomen rakentamismääräyskokoelma, E1 Rakennusten paloturvallisuus, määräykset ja ohjeet 2011. Ympäristöministeriö. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/1917-c1.pdf>. Hakupäivä 23.1.2014.

Suurmuotti. Saatavissa: [http://www.perisuomi.fi/ajankohtaista/saehkoelaemmitteinen\\_suurmuo.cfm](http://www.perisuomi.fi/ajankohtaista/saehkoelaemmitteinen_suurmuo.cfm). Hakupäivä: 27.3.2014.



Talonrakentaminen. Betoniteollisuus ry. Saatavissa:

<http://www.betoni.com/elementtirakentaminen/talonrakentaminen>. Hakupäivä  
6.1.2014.

Tuohimaa, E. Rakennesuunnittelija. Finnmap Consulting Oy. palaveri.

12.12.2013.

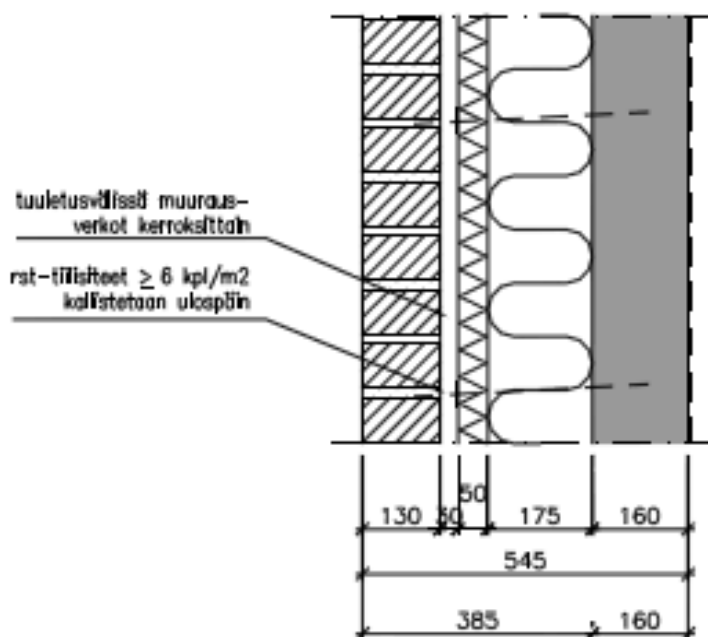
Valtioneuvoston asetus rakennustöiden turvallisuudesta, 205/2009. Saatavissa:

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205>. Hakupäivä 6.1.2014.

## LIITTEET

Liite 1	US1
Liite 2	US4
Liite 3	SK-014 ja SK 015
Liite 4	V-010
Liite 5	Betonielementtien rakentamistoleranssit (Betonielementtien toleranssit 2003; RTT Valmisosarakentaminen, 1995)

Suunnittelija <b>Taponen &amp; Heiskari</b> RAC GROUP	Työn nro 50578		US1
	Päivä 05.07.2011	Talija ETU	
Rakennuskohde AS OY OULUN GENOA ULKOSEINÄ, KANTAVA	Skotti Betonilukoseini Mineraalivillate Tiiverhois		



**RAKENNE VASEMMALTA OIKEALLE:**

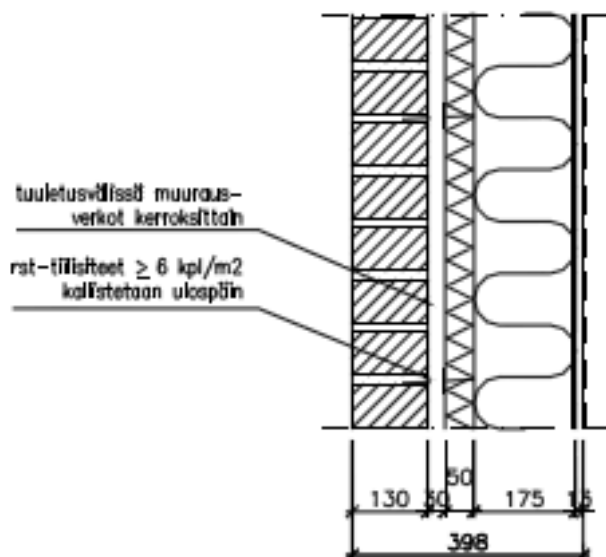
- 130 mm JULKISVUURAUUS, ARK.työsellyksen mukaan  
– Tilat ja saumat pakkasenkestävät, ruostumattomat muurassiteet T4 + viilaprikat,  
vähintään 6 kpl/m<sup>2</sup>, aukkojen piteissä k300
- 30 mm TUULETUSVÄLI/ MUURAUUSVARA
- 50 mm TUULENSUOJAVILLA, RKL tai vastaava ( $\lambda_d=0,031 \text{ W/mK}$ )  
asennus valmistajan ohjeen mukaan huomi rakennus P1
- 175 mm LÄMMÖNERISTE, mineraalivilla KL33 tai vastaava ( $\lambda_d=0,033 \text{ W/mK}$ )
- 160 mm TERÄSBETONISEINÄ, RAK.suunn. mukaan  
PINTAMATERIAALI/ -KÄSITTELY ARK.huoneselityksen mukaan

LÄMMÖNLÄPÄISYKERRON (laskennassa käytetty lambda design lämmönjohtavuuden arvoja)  
Uc-arvo = 0,16 W/m<sup>2</sup>K

RAKENTEEN PALOLUOKKA REI 60

05.07.2011

Suunnittelija <b>Taponen &amp; Heiskari</b> <small>ARK-ARQUITECTS</small>	Työn nro 50578		US4
	Päiväys 05.07.2011	Tekijä ETU	
Rakennuskohta AS OY OULUN GENOA ULKOSIEMÄ, KEVYT	Säätö Puurunko Mineraalivillaeeriste Tiiviverhous		



**RAKENNE VASEMMALTA OIKEALLE:**

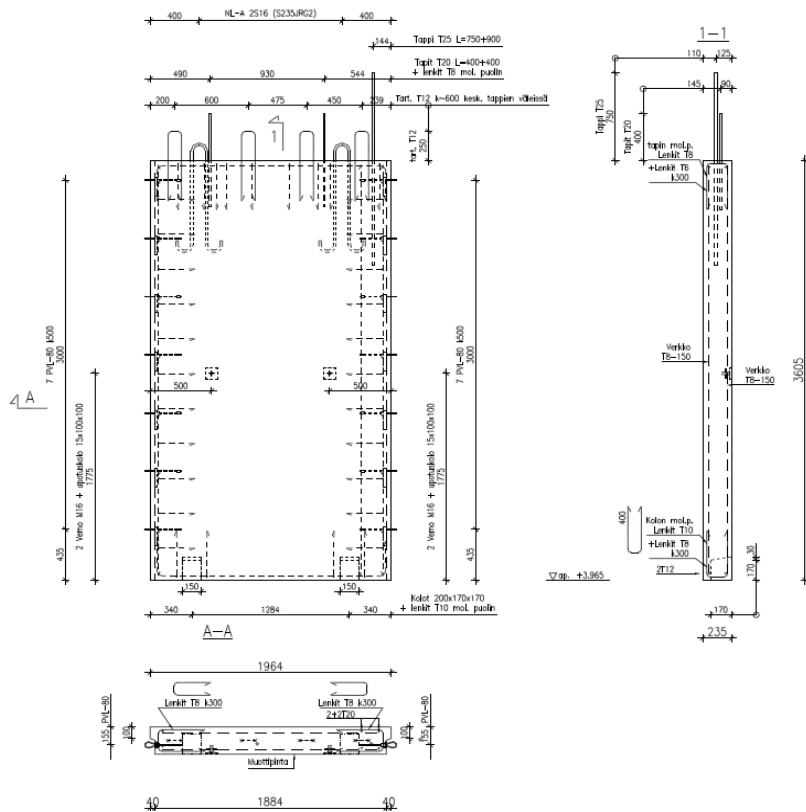
- 130 mm JULKISVUURAUUS, ARK.työselityksen mukaan  
– Tiilet ja saumat pakkasenkestäviä, ruostumattomat muurassteet T4 + viilaprikat, vähintään 6 kpl/m<sup>2</sup>, aukkojen piefissä k300
- 30 mm TUULETUSVÄLI/ MUURAUUSVARA
- 50 mm TUULENSUOJAVILLA, RKL tai vastaava ( $\lambda_d=0,031$  W/mK)  
asennus valmistajan ohjeen mukaan huom! rakennus P1
- 175 mm LÄMMÖNERISTE, mineraalvilla KL33 tai vastaava ( $\lambda_d=0,033$  W/mK)  
+puurunko 175x50 k600
- 0.2 mm HÖYRYNSULKUVUOM, luokka E, liimitys 200 mm, saumat teipattava
- 13 mm SISÄVERHOUSKIPSILEVY N  
PINTAMATERIAALI/ –KÄSITTELY ARK.huoneselityksen mukaan

LÄMMÖNLÄPÄISYKERRON (laskennassa käytetty lambda design lämmönjohtavuuden arvoja)  
Uc-arvo = 0,17 W/m<sup>2</sup>K

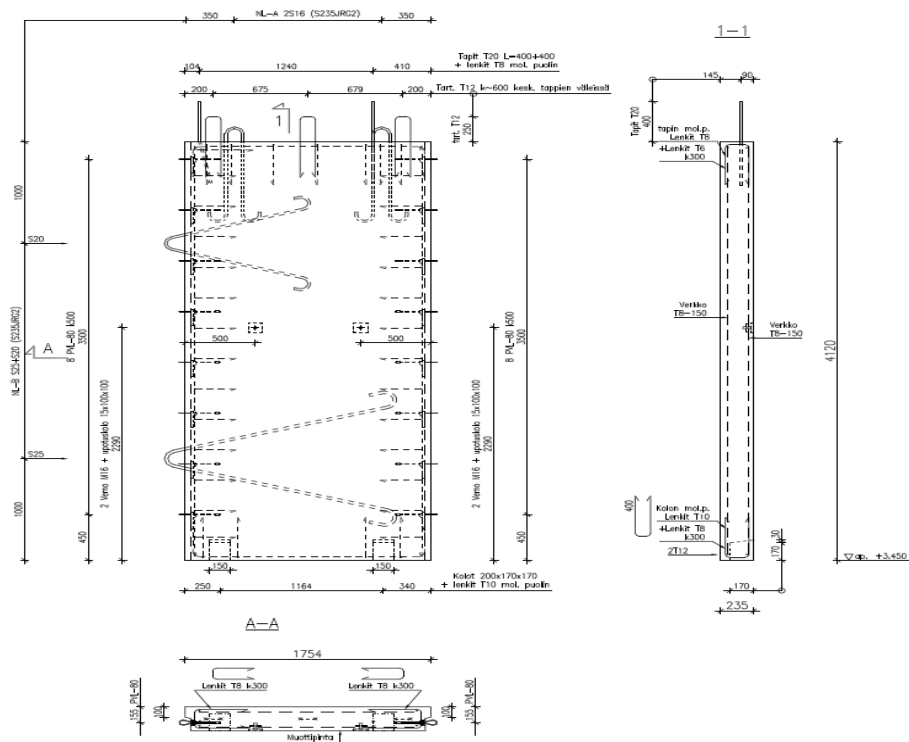
RAKENTEEN PALOLUOKKA REI 60

05.07.2011

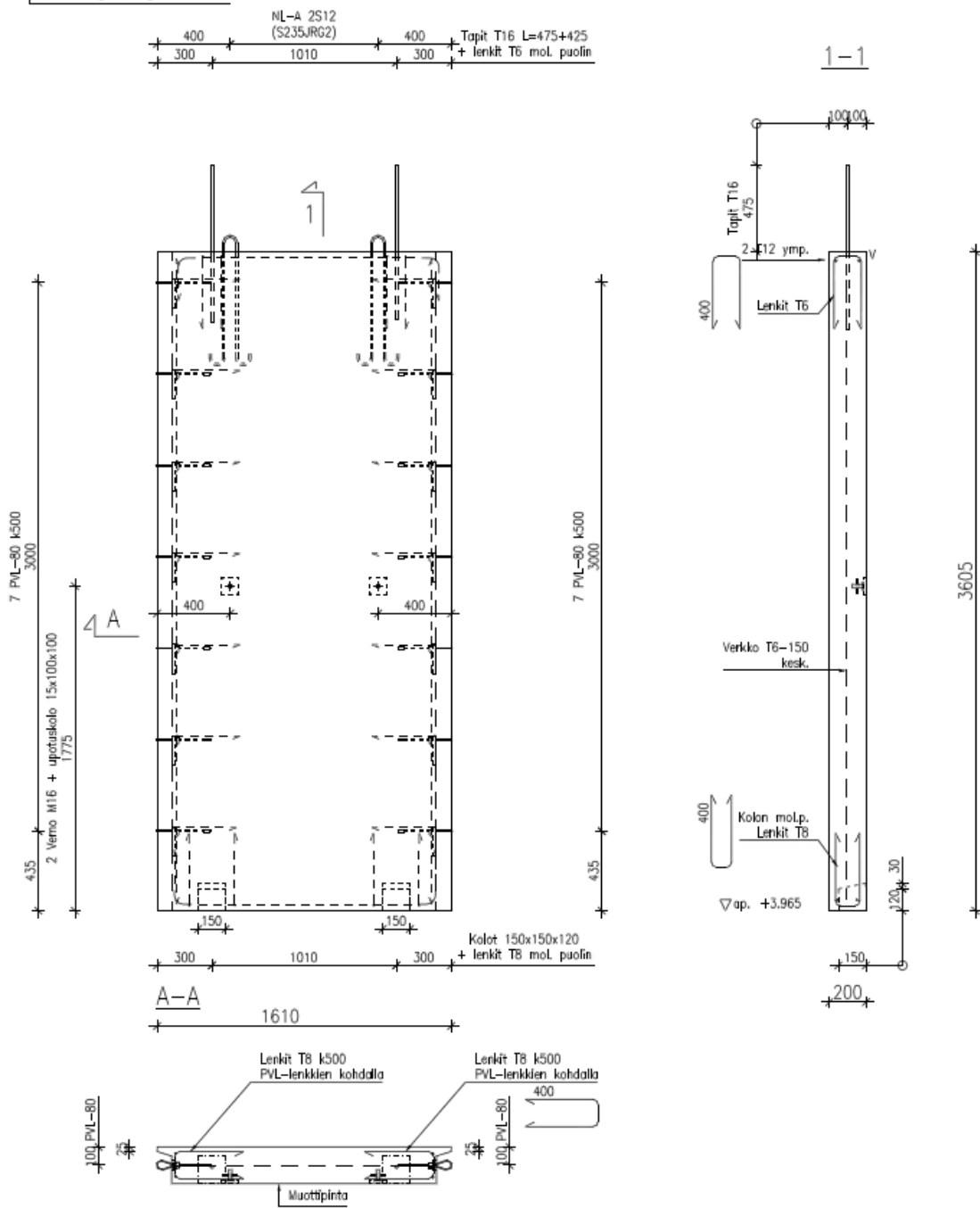
Sk-014



Sk-015



V-010



Betonelementtien rakentamistoleranssit

<u>Mittauksen kohde</u>	<u>Normaali luokka [mm]</u>	<u>Erikoisluokka</u>
Pilari		
- Sivusijainti	±20	±15
- Korkeusasema	±15	±15
- Poikkeamapystysuorassa	±10 tai L/750	±10 tai L/1000
Seinät		
- Sivusijainti	±15	±10
- Sivusijainti ylä- tai alapuolisesta seinästä	±10	±5
- Vapaa väli		
	±15	±10
- Saumanleveys		
o Sandwich, elastinen saumaus	±8	±5
o Sandwich, saumaprofiilit	±5	±3
o Väliseinä	±10	-
- Hammastus kaikissa suunnissa	8	5
- Yläpinnan korkeusasema	±10	±5
vaakarakenteisiin liityttäessä		
- Poikkeama pystysuorassa	h/600	h/600

Massiivilaatta ja parvekelaatta

<u>Mittauksen kohde</u>	<u>Normaali luokka [mm]</u>	<u>Erikoisluokka</u>
- Sivusijainti	±20	±10
- Saumanleveys	±10	±5
- Sauman hammastus	8	5
- Korkeusasema tuella	±10	±5
- Parvekelaattojen poikkeama	L/300	L/500
nimelliskaltevuudesta		
Porraselementit		
- Sijainti pituussuunnassa	±20	±15
- Sijainti poikittaissuunnassa	±15	±10
- Korkeusasema	±7	±5
Porraskelmat		
- Sijainti pituus- ja	±5	±3
poikittaissuunnassa		
- Korkeusasema	±5	±5
- Poikittaiskaltevuus	L/2	



