

Jari Salo

# Betonielementtirakentamisen jälkityöt

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Mestarityö

17.11.2015

Tekijä(t) Otsikko  Sivumäärä Aika	Jari Salo Betonielementtirakentamisen jälkityöt  25 sivua 17.11.2015
Tutkinto	Rakennusmestari (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennusalan työnjohto
Suuntautumisvaihtoehto	Talonrakennustekniikka
Ohjaaja(t)	Lehtori Timo Riikonen, Metropolia Ammattikorkeakoulu
<p>Opinnäytetyössä tutkittiin ja seurattiin betonielementtirunkoisen kerrostalon rakentamista Uudenmaan Mestari-Rakentajat Oy:n työmaalla Helsingin Kalasatamassa. Seurattiin betonielementtirungon asennusta, ja tutustuttiin asennustapoihin ja -järjestykseen.</p> <p>Tavoitteena oli löytää syitä betonielementtirakentamisen jälkitöille. Seuraamalla asennustyötä alusta loppuun saatiin käsitys seurantakohteen jälkitöistä ja niitä aiheuttavista työta-voista.</p> <p>Opinnäytetyön johtopäätökset-osiossa käytiin elementtiasennusta läpi vaihe vaiheelta. Otettiin kantaa jälkitöitä aiheuttaviin asioihin ja käytiin läpi toimivat asennustavat.</p> <p>Asennuksen aikana dokumentoitiin jälkityöt ja niiden syyt. Elementtirakentamisesta aiheutuneista jälkitöistä seulottiin ja haettiin jälkityöt, jotka olisi voitu välttää jo asennusvaiheessa.</p> <p>Näistä tehtiin ohjeellinen selostus, jossa käy ilmi todettujen lisätöiden syy tai aiheuttaja. Selostuksessa kerrotaan, missä asennusurakan vaiheessa on syytä kiinnittää näihin asioihin huomiota, jotta tästä eteenpäin jälkitöiden määrä saataisiin minimoitua.</p>	
Avainsanat	Betonielementtirakentaminen, rakentaminen, jälkityö, elementtiasennus

Author(s) Title	Jari Salo Supplementary Works of Precast Concrete Construction
Number of Pages Date	25 pages 17 November 2015
Degree	Bachelor of Construction Management
Degree Programme	Construction Site Management
Specialisation option	Construction Engineering
Instructor(s)	Timo Riikonen, Senior Lecturer, Metropolia University of Applied Sciences
<p>In this Bachelor's thesis, the construction of a large-panel concrete residential building was studied and observed in Kalasatama in Helsinki. The construction process was carried out on the construction site of Uudenmaan Mestari-Rakentajat Oy. Firstly the installation of precast concrete frame was observed. At the same time the target was to explore the installation practices and installation stages of the precast concrete frame.</p> <p>The aim was to find out the reasons for supplementary work related to precast concrete construction. Following the installation work from start to finish, the author familiarized with supplementary work and the working methods causing them.</p> <p>In this thesis the different stages of the element installation are examined step by step. Furthermore, issues that cause significant amounts of supplementary works were discussed in addition to the functioning installation methods.</p> <p>During the installation process supplementary work and the reasons for them were documented. Supplementary works caused by the element construction work were analyzed in order to discover the specific kind of supplementary works that could have been avoided during the installation process.</p> <p>From the established facts a report with instructions was made which shows the reasons or the causes of supplementary works. The report describes in what phase of the installation process it is worth paying attention to these facts, so that the amount of supplementary works will be minimized.</p>	
Keywords	Precast Concrete Construction, construction, supplementary work, element installation

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Tavoite	2
2.1	Opinnäytetyön tavoite	2
2.2	Rajaukset	2
2.3	Tutkimuskysymykset	3
3	Määritelmät	3
3.1	Elementtirakentaminen	3
3.1.1	Elementtien valmistus	4
3.1.2	Elementin kuljetus ja varastointi	4
3.1.3	Elementtien asennus	5
3.2	Jälkityöt ja syyt	7
3.2.1	Valmistusvirheet	7
3.2.2	Kuljetus- ja varastointivirheet	7
3.2.3	Asennusvirheet	8
3.3	Suunnittelu ja työnjohto	11
4	Tutkimusmenetelmät	13
4.1	Kirjallisuus	13
4.2	Opinnäytetyössä seurattu työmaa	13
5	Tulokset ja johtopäätökset	13
5.1	Elementtirakentamisen jälkityöt	13
5.2	Pohdinta	15
	Lähteet	25

## 1 Johdanto

Opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää tapoja, joilla voidaan vähentää ja poistaa turhia elementtiasennuksen jälkitöitä Uudenmaan Mestari-Rakentajat Oy:n uudisrakentamiskohteissa.

Uudenmaan Mestari-Rakentajat Oy on kasvava yritys, joka on jo yli 25 vuotta toiminut rakennusalalla. Vähitellen on siirrytty saneerauksista uudisrakentamiseen. Liikevaihtoa vuodelle 2015 kertyy noin 35 Me. Toimihenkilöitä on hiukan alle 40 ja omia työntekijöitä kymmenkunta. Tilaajina toimivat yleishyödylliset asuntorakennuttajat, julkisyhteisöt, sijoitusyhtiöt ja yksityiset rakennuttajat. Myös omaa tuotantoa on käynnissä.

Opinnäytetyössä tutkimus- ja seurantakohteena on Helsingin Kalasatamassa sijaitseva kerrostalotyömaa, jossa sijaitsevassa rakennuksessa on 2 porrasta. Rakennuksessa on kellari ja asuinhuoneistoja 6 kerrosta. Ylimmässä 7. kerroksessa sijaitsee IV-konehuone, kerhuhuone ja talosauna. Lisäksi 7. kerroksessa on suuri kattoterassi.

Talo on perustettu porapaaluille. Elementtien asennus on alkanut anturoiden päältä. Holvit ovat paikalla valettuja massiivilaattoja.

Elementtiasennuksesta aiheutuu suuri määrä jälkitöitä, joista osa voidaan välttää tehden asennustyöt oikein. Jälkityöt, jotka johtuvat asenteista, kiireestä tai tietämättömyydestä, ovat turhia ja vältettävissä.

Jälkitöillä on kustannusvaikutuksia, välillisiä ja välittömiä, ja ne vaikuttavat usein myös aikatauluihin, koska seuraavat työvaiheet eivät pääse alkamaan ajallaan. Samalla ne sitovat työvoimaa seuraavista urakoista tai työvaiheista.

Runkotyön arvo on tutkittavassa kohteessa noin 10 % koko rakennusurakan arvosta. Jälkitöiden hinnan arviointi riippuu tietysti kohteesta. Ei jälkitöitä aina ole niin paljon, mutta suurimmassa osassa hankkeissa niitä on liikaa. Ja ne ovat turhia suurimmaksi osaksi. Jos arvioidaan jälkitöiden määrä runkourakan arvosta 2-5 prosentin väliin, ollaan luultavasti aika lähellä.

## 2 Tavoite

### 2.1 Opinnäytetyön tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena on saada karsittua jälkitöiden määrää betonielementtirakentamisessa Uudenmaan Mestari-Rakentajat Oy:n uudisrakennuskohteissa.

Tutkimalla työmaalla tehtävää asennustyötä ja sen suunnittelua, opinnäytetyö yrittää löytää osa-alueita, joilla voidaan poistaa turhia jälkitöitä jo asennusvaiheessa. Etsimällä erilaisia asennustapoja, tehostamalla jo olemassa olevia työmalleja ja tapoja työn suunnittelussa ja suorittamisessa yritetään saada jälkitöiden määrä minimiin.

Elementtiasennuksen loputtua tutkitaan esimerkkikohteessa esiintyneitä jälkitöitä ja haetaan ongelmakohtiin ratkaisuja, jotta seuraavilla työmailla saavutettaisiin pienempi jälkityömäärä ja näin saataisiin kustannuksia pienemmiksi. Tarkkaa listaa tutkitulla työmaalla olleista jälkitöistä ei tehdä, vaan ne kaikki löytyvät yleisesti muiden jälkitöitä aiheuttavien työvaiheiden kanssa opinnäytetyön pohdintaosiossa ohjeellisena selostuksena.

### 2.2 Rajaukset

Opinnäytetyössä keskitytään tutkittavalla työmaalla itse elementtiasennukseen ja asennustyön suunnitteluun, eikä yritetä lähteä muuttamaan elementtitehtaiden tai rakenne- ja elementtisuunnittelijoiden toimintatapoja ja tuotteita. Toki aihetta sivutaan, koska elementtien valmistusvirheet ja tehtaiden tuotannolliset ongelmat ja virheet aiheuttavat ison osan jälkitöistä.

Opinnäytetyön lopullisesta toimivuudesta saadaan varmuus vasta seuraavilla työkohteilla, joten tähän työhön tuloksia ei ajanpuutteen vuoksi saada. Seuraavat työmaat voivat olla elementtivaiheessa vasta puolen vuoden tai vuoden kuluttua.

### 2.3 Tutkimuskysymykset

Opinnäytetyössä perehdytään elementtiasennuksissa käytössä oleviin työmenetelmiin ja keskitytään niistä aiheutuviin jälkitöihin. Etsitään toimivat ja hyväksi havaitut työtavat, joiden aiheuttamat jälkityöt ovat teknisesti tai taloudellisesti järkeviä. Osaa töistä ei asennuksen yhteydessä voida tehdä loppuun asti, joten ne jäävät myöhemmin tehtäviksi eli jälkitöiksi. Esimerkiksi elementtisaumat ovat sellaisia, joissa saumatäytöt jäävät osittain jälkitöiksi, johtuen saumojen ja täyttöjen suuresta koosta. Isoissa täytöissä päästään harvoin tasoitemiehen tai maalarin vaatimiin toleransseihin.

Jäljelle jääneisiin jälkitöihin, jotka ovat vältettävissä työtapoja tai työjärjestystä muuttamalla, paneudutaan tarkemmin ja yritetään löytää korvaavia tapoja toimia. Opinnäytetyössä yritetään myös karsia olemassa olevia toimimattomia työtapoja.

Ydinkysymyksinä lopputulokseen vaikuttavina tekijöinä ovat työntekijöiden asenne, osaaminen, tieto miten oma työnjälki vaikuttaa seuraavaan työvaiheeseen ja työn suunnittelu. Työn suunnittelua tarkastellaan asennusryhmän sisällä sekä pääurakoitsijan ja aliurakoitsijan välillä.

Tutkitaan ja dokumentoidaan aiheutuneet jälkityöt ja niiden syyt, sekä keskustellaan miten ne olisi voitu mahdollisesti välttää. Lisäksi haetaan erilaisista kirjallisista tutkimuksista lisää tietoa ja yritetään kehittää niiden avulla ongelmiin ratkaisuja.

## 3 Määritelmät

### 3.1 Elementtirakentaminen

Elementtirakentaminen on rakentamista, jossa rakennus, rakenne tai muu rakennelma tehdään osaksi tai kokonaan elementeistä. Elementtirakentamiseen kuuluu suunnittelun ja rakentamisen valmistelun lisäksi elementtien vastaanotto työmaalla, varastointi, nostot ja siirrot, elementtien asennus, kiinnittäminen, tuenta, liittymärakenteiden tekeminen, juotos, hitsaus, saumaus, tilkitseminen, asennusta avustavat työt sekä muut vastaavat työt. [1.]

Asennus on elementin nostamista, siirtämistä, paikoilleen ohjaamista, väliaikaista tuentaa ja kiinnittämistä koskeva ja niihin liittyvä asennuskohteessa tehtävä elementtirakentamisen työvaihe [1].

### 3.1.1 Elementtien valmistus

Elementit valetaan tehtaalla muotteihin, jotka tehtaalla tehdään elementtisuunnittelijan suunnitelmien mukaan. Suunnittelijat piirtävät raudoitukset, sähkövaraukset, viemärit, nostolenkit ja kaiken muun, mikä tulee elementissä olla siinä kohteessa, minne ne vietään. Samanlaisia elementtejä on vähän, joten lähes jokainen elementtimuotti on jollain tapaa erilainen muottityö.

Kuivuneet elementit välivarastoidaan tehtaalla, kunnes ne kuljetetaan työmaalle.

### 3.1.2 Elementin kuljetus ja varastointi

Elementit kuljetetaan pääsääntöisesti työmaalle elementtirekoilla. Joitakin kohteita on saaristossa tai muualla harvaan asutulla seudulla, missä ei teitä pitkin ole mahdollista elementtejä kuljettaa. Silloin normaalisti ajetaan elementit mahdollisimman lähelle, josta ne kuljetetaan esimerkiksi helikopterilla tai proomulla työmaalle. Näissä kohteissa käytetään enimmäkseen puuelementtejä, jolloin kuormien painot eivät ole niin suuria.

Elementtien tulisi saada kovettua valun jälkeen tarpeellisen ajan ennen lastausta, jottei jo elementin lastausvaiheessa tulisi pintavaurioita. Samoin on varottava, ettei elementti pääse vääntymään kuljetuksen aikana. Elementtien tulee olla hyvin tuettuna kuljetuksen aikana, etteivät ne pääse liikkumaan eivätkä vääntymään. Joskus elementit vääntyvät ja lohkeilevat, koska niillä ei ole ollut tarpeeksi aikaa kovettua, vaan ne on lastattu märkinä kyytiin.

Työmaalla elementit välivarastoidaan elementtipukeille eli elementtifakkeihin. Niissä elementit ovat pystyasennossa, ja ne on tuettu säätökammoilla, jotka estävät elementtien



liikkumisen ja kaatumisen. Elementtejä ei saa välivarastoida makuulla tai seinää vasten, koska näin varastoiden ne voivat vääntyillä tai aiheuttaa vaaraa työmaalla.

Pukeilta elementit voidaan nostaa nostolenkeistä pystysuoraan ylös. Nojalta tai makuulta nostettuna elementteihin kohdistuu vääntöä, joka helposti voi aiheuttaa lohkeamisia ja murtumisia. Samoin työturvallisuus vaarantuu, jos elementti pääsee heilahtamaan sivusuunnassa tai lähtee pyörimään holtittomasti. Usein työmaat varsinkin pääkaupunkiseudulla ovat ahtaita, joten puristumisvaara pyörivän tai heilahtelevan elementin vuoksi on suuri. Samoin osumat heiluessa aiheuttavat turhaa jälkityötä paikkausten muodossa. Joskus joudutaan koko elementti vaihtamaan uuteen, joka vaikuttaa taas aikatauluihin, ja sitä kautta elementin odottelusta aiheutuva kiire laatuun.

### 3.1.3 Elementtien asennus

Elementtien asennus on ammattilaisten työtä. Kun ei ole ammattitaitoa, tapaturmien mahdollisuus kasvaa, ja ei ymmärretä, miten oma työ vaikuttaa seuraaviin vaiheisiin ja siitä seuraaviin turhiin jälkitöihin.

Ennen asennusten alkua rakennesuunnittelija tekee elementtirakenteiden työselostuksen. Selostuksessa määritellään rakennejärjestelmä, suunnittelu, paikallavalurakenteiden ja asennusten mittatarkkuudet, materiaalivaatimukset, elementtien valmistus, asennettavat elementit, kuljetus ja purku, varastointi ja elementtien asennus.

Elementtien asennustyöstä laaditaan kirjallinen asennussuunnitelma, jonka tulee olla työmaalla. Suunnitelman allekirjoittavat päärakennesuunnittelija, asennustyönjohtaja ja päätoteuttajan vastaava mestari sekä tarvittaessa elementtitoimituksen vastuuhenkilö ja valmisosasuunnittelija.[5.]

Asennussuunnitelmassa tulee ottaa huomioon mm. elementtien väliaikaisvarastointi, nostoapuvälineet, liitosten materiaalit, hitsaustavat, juotosvalujen suojaaminen, elementtien asennusaikainen tuenta, vähimmäistukipinnat ja asennusjärjestys. Asennussuunnitelma on myös asennustyön työturvallisuussuunnitelma. [5.]

Pääurakoitsijan tai asennusryhmän työnjohtaja tilaa tarvittavat elementit aikatauluttaen toimitukset asennusvaiheen mukaan. Tässä tulee olla tarkkana, ettei tule joutokäyntiä

asennusryhmälle. Tai ettei olla tilanteessa, että piha on täynnä elementtejä ja kadulla on rekkoja jonossa.

Mittamies merkitsee elementtien paikat ennen asennusta. Jos tässä työvaiheessa sattuu virheitä, lisääntyvät jälkityöt seinien tasoitusten osalta, lattiaa saatetaan joutua lisävalamaan tai jyrsimään, kalusteryhmien kokoja voidaan joutua muuttamaan tai portaita ei pystytä asentamaan ilman jälkitöitä.

Asennusryhmä suunnittelee päivän asennukset ja työjärjestyksen. Asennusryhmään kuuluu vähintään 3 työntekijää. 2 asentajaa, jotka asentavat elementit paikoilleen, sekä 1 henkilö, niin kutsuttu alamies, joka hoitaa elementtien nostot varastointipaikalla.

Asentajat kertovat radiopuhelimilla alamiehelle seuraavan elementin tunnuksen. Hänen vastuullaan on kiinnittää nosturin nostokoukkuihin oikea elementti. Mitä kiireempi asennustyö on, sitä helpommin tulee huolellisuusvirheitä ja väärä elementti nousee kerroksiin palatakseen takaisin elementtifakkiin odottamaan.

Työkohteessa toinen asentajista tekee betonimyllyssä massaa. Massa tulee asennettavan betonielementin alle, kun se nostetaan paikalleen. Näin saadaan elementtien vaakasaumat täyteen jo asennusvaiheessa. Tässä työssä tulisi olla tarkkana, sillä huonosti tehty juurivalu aiheuttaa lämpö- ja ääniongelmia myöhemmässä vaiheessa.

Paikalla, mihin elementti nostetaan, ovat terästangot alapuolen elementissä tai massalaatassa pystyssä. Nämä tangot on mitoitettu menemään elementissä oleviin S-pisteisiin. S-pisteet ovat elementtiin tehtyjä koloja, joissa kulkee vaakasuoraan 2 harjaterästä, joiden väliin pystytappi asennetaan. Tämä estää elementin alapään liikkumisen asennuksen jälkeen.

Kun elementti nostetaan paikalleen, se tuetaan elementtitiilla, kunnes pystysaumot pumpataan täyteen ja mahdollinen yläpuolen laatta on valettu. Tai ontelolaatat ja niihin liittyvät sauma- ja täyttövalut on tehty niin, että pystyelementtien päällä on yhtenäinen laatta tukemassa niitä.

Asennuksen jälkeen raudoitetaan pystysaumot. Elementtien sivuilla, jonne tulee toinen elementti viereen, on vaarvoja eli teräslenkkejä jo tehtaalla asennettuna. Näiden teräslenkkien läpi asennetaan pystyteräkset, jotka sitovat elementit yhteen.

Kun asennuksen kannalta järkevä kenttä elementtejä on asennettu, pumpataan pystysaumot ja S-pisteet täyteen betonimassaa.

### 3.2 Jälkityöt ja syyt

Jälkitöillä tarkoitetaan töitä, joita joudutaan tekemään betonielementtien asennustöiden jälkeen. Osa töistä on pakollisia rakennusteknisten syiden takia, osa taas johtuu virheistä asennuksessa, huonosta työmoraalista tai liiallisesta kiireestä.

#### 3.2.1 Valmistusvirheet

Elementtitehtailta tulleissa elementeissä yleisiä virheitä ovat mitoitusvirheet, läpivienti-  
varausten puuttuminen, pintojen epätasaisuus, sähkövarausten puuttuminen ja ikkuna-  
ja oviaukkojen vinous. Aukoissa on usein myös ”ryöstöjä”, eli muotti on antanut hieman  
periksi, eivätkä esimerkiksi oviaukon pielet ole suorat, jolloin oviaukon leveys kapenee  
sisä- tai ulkopinnalla.

Virheet johtuvat heikosti tehdyistä muottitöistä, huonosta piirustuksen lukutaidosta ja kii-  
reestä. Kiirettä aiheuttaa resurssien puute ja liiallinen otettujen töiden määrä. Elementti-  
tehtailtakin on kesäkausi parasta aikaa tehdä rahaa, ja se näkyy kiireen aiheuttamana  
laadun heikkenemisenä.

#### 3.2.2 Kuljetus- ja varastointivirheet

Kuljetusten osalta virheet tapahtuvat elementtejä kuormatessa, tuennoissa ja element-  
tien tarvitsemien tarpeeksi suojaavien alustojen tekemättä jättämisissä.

Elementtien tulisi kuivua riittävän kauan tehtaalla, ennen kuin niitä lähdetään kuljetta-  
maan työmaalle. Liian tuoreena ja märkinä kuljetettavat elementit ovat alttiina taipumi-  
selle, kolhuille tai ovat jopa turvallisuusriski, kun nostolenkkien irtoaminen on mahdol-  
lista.

Kuljetuksen aikana elementit pitää tukea hyvin. Sellaiset kuljetukset, joissa elementit  
ovat tiilireunuksellisia tai elementeissä on muita helposti vahingoittuvia osia, on suunni-  
teltava tarkasti ja toteutettava siten, etteivät ne pääse vahingoittumaan.

Elementit varastoidaan yleensä pystyasennossa. Nopeuttaakseen elementtien nostoa asentajille asennustyön ollessa käynnissä, tai kun elementtipukki on täynnä, laattaelementtejä varastoidaan makuullaan päällekkäin. Tällöin pitää laattojen välissä olla aina puuta, joka estää kovien betonipintojen osumisen toisiinsa. Osumat aiheuttavat yleensä lohkeamisia, joita joudutaan sitten jälkitöinä paikkaamaan. Varsinkin laatat, joissa on tiilestä tehty pinta, reunus tai otsa, ovat alttiita lohkeamisille.

Elementtien varastointi penkkoja vasten, varsinkin pidempien elementtien, aiheuttaa helposti elementin vääntymistä, tai jopa halkeilua. Seinää vasten varastoidut elementit ovat itsessään jo turvallisuusriski, ja ne saattavat myös vääntyä.

Elementtilaattoja, jotka kuljetetaan pystyasennossa työmaalle ja varastoidaan vaakasennossa, joudutaan alas laskiessa kääntämään. Se tapahtuu siten, että laatta tuodaan pystyasennossa varastointipaikalle, jossa se hitaasti lasketaan puiden päälle ja annetaan kaatua varovaisesti vaakasentoon. Tässä kaatamisvaiheessa tulee olla tarkkana, ettei laatan terävä etureuna pääse vahingoittumaan.

Kun elementtejä nostetaan elementtipukeilta nosturilla asennuspaikoille, täytyy alamiesten olla tarkkana, ettei monen tonnin painoinen elementti pääse heiluessaan vahingoittumaan tai vahingoittamaan muita elementtejä.

### 3.2.3 Asennusvirheet

Ennen kuin asentajat aloittavat elementtien asennuksen, on mittamies käynyt merkittävässä elementtien paikat ja asennuskorot. Työ on tehtävä huolella, sillä korkovirheiden korjaaminen on kallista, ja virheet vaikuttavat moneen asiaan. Lattioita joudutaan nostamaan tasoitteilla, ikkunat ja ovet eivät mahdu oikeisiin korkoihin vaan aukkoja on suurennettava. Esimerkiksi ulkopuolen tiilimuurauksen tiilijako ei osu korkovirheiden takia niin kuin arkkitehti piirustuksissaan haluaa suhteessa parvekelaattoihin ja ikkunoihin.

Asennustyöt aloitetaan suunnitteleamalla päivän asennusjärjestys ja asennettavien elementtien määrä, sekä suoritetaan työtehtävien jako, mikäli se ei ole jo ennalta selvä. Tässä vaiheessa on hyvä kerrata, mitä ollaan tekemässä ja mitä mahdollisia erikoistyövaiheita päivän työ sisältää.

Töitä aloitettaessa kerätään tarvittavat työkalut, koneet ja työssä tarvittava materiaali työpisteille, jottei tarvitse kesken asennuksen lähteä hakemaan puuttuvaa työkalua tai osaa varastoalueelta. Helposti siinä vaiheessa, kun huomataan jonkin osan puuttuvan, iskee laiskuus ja se puuttuva osa päätetään hakea vasta kahvitauon jälkeen, kun tarvittava tavara kuitenkin on kahvikopin viereisessä varastossa. Ja kahvien aikana koko asia on unohtunut ja puuttuva osa tai työ huomataan vasta myöhemmin, jolloin sen tekeminen tai korjaaminen on huomattavasti työläämpää ja kalliimpaa.

Asentajat kertovat radiopuhelimien välityksellä alamiehelle elementin tunnuksen, ja alamies laittaa oikean elementin nosturin koukkuihin kiinni. Alamiehen on oltava tarkkana, ettei tule vääriä elementtejä lähetettyä asentajille. Asentajien on myös syytä aina tarkastaa, että elementti on se, minkä he halusivat. Myös elementin asennussuunta pitää tässä vaiheessa tarkastaa.

Asentajat laittavat pohjamassan elementin alle. Massaa on oltava riittävästi, ettei myöhemmin tarvitse täytellä saumoja nostimilla ulkoseinillä. Liian vähäinen betonimassan määrä saumoissa aiheuttaa ilma- ja lämpövuotoja.

Elementit tulisi asentaa kuvien mukaisiin paikkoihin ja oikein päin. Varsinkin lyhyissä pilarimaisissa seinissä tulee olla tarkkana, sillä sähkövarauksia on usein jollain sivustalla. Jos elementti asennetaan väärinpäin, joudutaan sähköt roiloamaan myöhemmin oikeille paikoilleen.

Kun elementti on paikallaan, tuetaan se elementtituilla. Vinon elementtituen pituutta voi säätää, jolloin saadaan elementti pystysuoraan. Elementeissä on valuvaiheessa asennettu vemo-valuankkurit, joihin tuki kiinnitetään pulteilla. Tuen alapää kiinnitetään esimerkiksi holviin betoniruuveilla. Betoniruuvit tarvitsevat reiän, joka porataan holviin. Reikää poratessa tulee asentajien tietää, onko holvissa mahdollisesti lattialämmitysputkia tai viemäreitä, etteivät he poraa reikiä niihin. Mittamiehen tulee merkitä lattialämmitysalueet. Viemäri- ja vesiputket on merkittävä joko holvin valuvaiheessa, tai mittamiehen myöhemmin ennen seuraavan kerroksen elementtiasennusta.

Kun tarvittava elementtikenttä on tehty, asennetaan pystysaumoihin vaarnalengkkeihin pystyteräkset ja pystysaumapumpparit saapuvat saumaamaan. Pystysaumoihin pätevät samat asiat kuin vaakasaumoissa. Sauma on saatava täyteen, ettei vuotoja ilmenisi. Saumoihin ei saa tulla myöskään ylitäyttöä, ettei myöhemmin jouduta timanttikoneella hiomaan niitä.

Seurantakohteessa on paikallavalettu massiivilaatta, johon yhdistyy kiinteästi parvekkeet. Parvekkeet kiinnitetään tässä kohteessa massiivilaattaan Halfen parvekeraudoitteilla, jotka hitsataan ja sidotaan laatan raudoitukseen. Halfenit on jo tehtaalla kiinnitetty laattamuottiin ja valettu samalla kiinni parvekelaattaan. Raudoitus tulee olla vaaditun raudoitussuunnitelman mukainen, ettei laatan raudoitus pääse liukumaan ulos valetusta laatasta vuosien kuluessa. Asennusvaiheessa kannattaa myös tarkastaa, että tehtaalla on Halfenit asennettu elementtiä valettaessa oikein päin. Kuvasta 1. näkyy punainen nuoli, joka osoittaa kummalla puolella parvekelaatan tulee olla.



Kuva 1. Halfen parvekeraudoite, jossa eristepalkissa näkyy punainen nuoli, joka näyttää parvekelaatan sijainnin. Nuoli toiseksi taamman raudan kohdalla ja osoittaa oikealle. [2]

Kun tarvittavalle alueelle on saatu elementit nostettua ja saumat pumpattua, alkaa holvia varten valupöydän eli holvimuotin teko. Kohteessa ne tehtiin Doka-muottijärjestelmällä.

Mittamies antaa holvin alapinnan koron, jonka mukaan muottikirvesmiehet asentavat valupöydän. Korkovirheet aiheuttavat ongelmia viemäreiden, lattialämmitysputkien ja raudoituksen mahtumisessa valun sisään. 285 millia, joka laatan vahvuudeksi on määrätty, saattaa kuulostaa paljolta, mutta kun kylpyhuoneissa otetaan huomioon raudoituksen tarvitsema suojabetoni, viemärin vaatima äänieristysbetoni ja lattialämmitykset, se on erittäin tiukka mitta.

Lattiavalumiehet pumpaavat betonin annettujen valukorkojen mukaan. Tässäkin työvaiheessa saavat olla valumiehet tarkkoina, ettei lattiaa jouduta turhaan tasoittamaan.

Betonia betonitehtaalta tilattaessa tulee ottaa työmaalla vallitsevat olosuhteet huomioon. Onko pakkasta luvassa, kuumaa auringon paistetta ja kuinka kova tuuli on? Otetaanko nopeasti kuivuvaa massaa, otetaanko lämmitetty massa ja tarvitaanko muita lisäaineita? Seurantakohde sijaitsee aivan meren rannassa, joten tuuli yhdessä auringonpaisteen kanssa aiheuttaa ongelmia nopean kuivumisen muodossa. Liian nopea kuivuminen aiheuttaa betonimassan halkeilua. Tällaisessa ympäristössä myös liian hieno kiviaines betonissa altistaa halkeilulle.

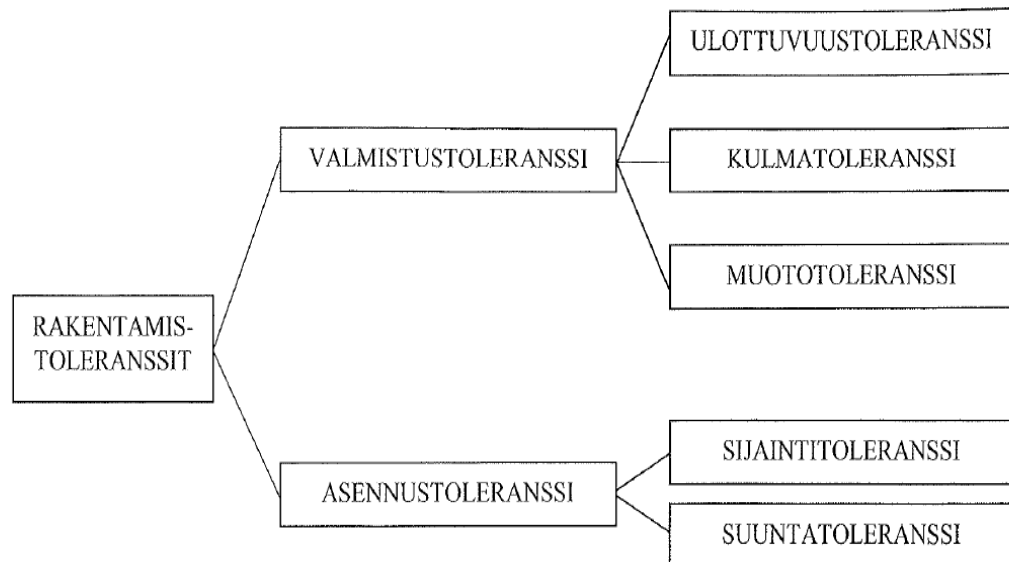
Halkeamat joudutaan injektoimaan injektointimassalla, jotta laatta on yhtenäinen. Betonin hoitoaineita kannatta valun yhteydessä käyttää jopa useampaan kertaan. Myös valetun holvin peittäminen on tarpeen, sillä muuten holvi halkeilee kosteuden poistuessa betonimassasta liian nopeasti. Valmiudet lämmityksiin on syytä olla työmaalla kunnossa mahdollisen pakkasen yllättäessä.

### 3.3 Suunnittelu ja työnjohto

Kun elementtisuunnittelijalta tilataan elementit, täytyy hänelle toimittaa kaikki mahdolliset muiden suunnittelijoiden tekemät suunnitelmat ja piirustukset. Näin ei elementteihin siten myöhemmin tarvitse timanttiporarin tehdä lisää reikiä asennuksen jälkeen, eikä sähköasentajalle tarvitse roilota lisää putkia. Elementtisuunnitelmat on myös syytä tarkastaa kaikkien suunnittelijoiden sekä työmaan työnjohdon. Varsinkin läpivientien paikat ja koot on hyvä tarkastaa, sekä niiden korot.

Asennusryhmän työnjohdon ja pääurakoitsijan työnjohdon tulee pitää aloituspalaveri ennen asennusten aloittamista. Palaverissa päätetään asennusjärjestykset, aikataulutaan asennus, sovitaan työmaan yhteiset pelisäännöt ja tarkistetaan, että molemmat osapuolet ovat yhtä mieltä asennuksen toleransseista eli mitan sallitusta vaihtelusta.

Toleranssit aiheuttavat helposti kinaa työmaalla. Siksi onkin Betonikeskus ry:n julkaissama Betonielementtien toleranssit 2011, josta löytyy kaikki elementteihin liittyvät toleranssit. Yhteen yksittäiseen betonielementtiin liittyy useita eri toleransseja, kuten kuvasta 2. näkyy.



Kuva 2. Rakentamistoleranssin muodostuminen [3, s.8]



## 4 Tutkimusmenetelmät

### 4.1 Kirjallisuus

Opinnäytetyötä varten luettiin ja tutkittiin aiheesta tehtyjä tutkielmia, lopputöitä ja kirjoja. Aiheesta tehdyn aineiston vähyyden vuoksi kirjallisuudesta haettiin lähinnä ideoita joita kehiteltiin. Sen jälkeen tutkittiin niiden käyttökelpoisuutta asennustyön kehittämisessä pienemmän jälkityön määrän saavuttamiseksi.

### 4.2 Opinnäytetyössä seurattu työmaa

Opinnäytetyössä tutkittiin Uudenmaan Mestari-Rakentajien uudisrakennustyömaata Helsingin Kalasatamassa. Kohde on 5–7- kerroksinen kerrostalo. Tekniset tilat ja yhteis-tilat ovat maanpäällisessä kellarikerroksessa sekä 7. kerroksessa. Toteutettava rakennus liittyy maanalaiseen autohalliin, joka on korttelin yhteiskäytössä.

Rakennuksen runko tehdään pääosin teräsbetonielementeistä, välipohjat ja yläpohjat tehdään paikallavalettuina teräsbetonirakenteina. Kantavat seinät tehdään elementeistä. Rakennuksessa on yksi S1-luokan väestönsuoja, joka tehdään elementeistä.

## 5 Tulokset ja johtopäätökset

Opinnäytetyön tuloksena on Uudenmaan Mestari-Rakentajat Oy:lle tutkimus, jossa esitetään niitä kriittisiä kohtia elementtirakentamisessa ja elementtiasennuksessa, jotka aiheuttavat turhia jälkitöitä.

### 5.1 Elementtirakentamisen jälkityöt

Rakentamisen hyvä laatu alkaa suunnittelusta, jatkuen valmistukseen ja työmaan rakentamisprosessiin. Betonivalmisteiden korkea laatu perustuu osaltaan laatuvalvottujen raaka-aineiden, kuten sementin, kiviaineksen, betoniteräksen ja teräsosien käyttöön.

[4.]

Hyvä laatu varmistaa energiaa säästävän, kosteusteknisesti toimivan ja hyvin ääntä eristävän rakennuksen, jolla on pitkä käyttöikä ja alhaisempi ympäristökuormitus[4].

Hyvä loppulaatu vaatii aina sitoutunutta yhteistyötä koko rakentamisen ketjussa[4].

Valmisosarakentamisen edullisuus perustuu työn parempaan tuottavuuteen tehtaassa ja pieneen työmenekkiin työmaalla. Rakennusaika lyhenee ja tätä kautta yhteiskustannukset pienenevät. Eri rakentamistekniikoita ei voida verrata pelkästään rakenneosien kustannusten perusteella, vaan kaikki yhteiskustannukset ja aikakustannukset tulee ottaa huomioon. [4.]

Elementtirakentamisessa jälkitöitä joudutaan suurimmalta osalta tekemään juuri vaaditun laadun saavuttamiseksi. Saavuttaakseen vaaditun ilma-, lämpö-, palo- tai äänitiivyyden täytyy elementtiasennukseen liittyvät asennukset ja saumat tehdä huolellisesti. Kun asiat tehdään asennuksen yhteydessä kunnolla, ei turhia jälkitöitä tule.

Elementtien valmistajan tulee ilmoittaa työmaalle tarpeelliset tiedot elementtien käsittelystä, kuten elementtikuorman oikeanlaisesta purkamisesta, elementtien nostamisesta ja asentamisesta. Elementtien tiedoista tulee ilmetä myös elementtien painot ja mitat sekä elementtien valupäivämäärät.

Ennen asennustyön aloittamista työnjohto ja työntekijät käyvät läpi elementtiasennussuunnitelman, työkohteen olosuhteet, tarvittavat materiaalit ja kaluston, elementtien toimitusaikataulun ja välitavoitteet, laadunvarmistuksen sekä työturvallisuusasiat. Ennen töiden aloittamista todetaan myös, että asennuskalusto on oikea ja kaikkien välineiden tarkastukset ovat voimassa ja välineet ovat määräysten mukaisia. Elementtiasentajat toteavat vielä ennen jokaisen elementin nostoa, että elementti on silmämääräisesti kunnossa. [5.]

Riittävä seuranta ja varsinkin omaseuranta ovat välttämättömyyksiä. Ikävä kyllä työntekijät eivät joka tilanteessa noudata hyviä rakennustapoja tai annettuja ohjeita. Kiireessä voi joku asia jäädä huomaamatta tai mietitään, ettei tuo ole niin tärkeä asia. Varsinkin ajattelumalli, jossa ajatellaan, ettei tuota kukaan näe tai huomaa, on yllättävän yleinen.

Hallittu elementtiasennus, jossa jälkityöt ovat minimissään, vaatii

- ajoitusta eli eri toimijoiden yhteen sovitettua aikataulua
- työn toteutuksen suunnittelua työmaalla
- asenteiden muokkaamista
- oikeiden materiaalien käyttöä
- osapuolten omia tarkastuksia ja korjauksia
- teknisiä kokeita, tarkastuksia ja mittauksia
- jälkitarkastuksia.

Elementtitöiden jälkityöt ovat suurelta osin vältettävissä. Lähinnä kyse on siitä, miten suunnitelmat ja tekijät saadaan ohjattua samaan lopputulokseen. Tämä vaatii kaikilta tekijöiltä tarkkuutta, kykyä ja halua saada asiat toimimaan.

## 5.2 Pohdinta

Betonielementtitoissa jälkitöiden määrä on monen asian summa. Tässä osassa tuodaan esille seurantakohteessa esille tulleet, sekä muissa kohteissa huomatu jälkitöitä aiheuttavat työvaiheet.

Sopimusneuvotteluissa tulisi varmistaa elementtien laatu läpi urakan ja toimitusten varmuus työmaan antaman aikataulun mukaisesti. Lähinnä kyseeseen tulee tehtaan aikaisempiin kohteisiin perehtyminen, tehtaan työmaan aikainen tilauskanta ja rahalliset sanktiot, joilla saadaan työmaalle tarvittavat työkalut ja painostuskeinot, jos tuotannossa, laadussa tai toimituksissa alkaa ilmenemään ongelmia.

Työmaan ja elementtiasennusryhmän kesken pidetään asennustyön aloituskokous. Aloituskokouksessa sovitaan asennusurakkaan liittyvät tahot ja osapuolet sekä heidän vastualueensa, urakkarajat, aikataulut, työmaan kokouskäytännöt, käydään läpi rakennuttajan edellyttämät laadunvarmistustoimenpiteet ja yhteisien mallikatselmuksien järjestämiset.

Urakkarajojen tulee olla sellaiset, ettei asennuksen jälkeen huomata työsuoritteita, jotka eivät kuulu kenellekään, ja ne joudutaan tekemään itse. Pahimmillaan tämä työvaihe saattaa olla jo peitossa, ennen kuin sen puute huomataan.

Aikataulun tulee olla realistinen. Elementtiasennuksille on oltava riittävästi aikaa, ettei asennuksille tule liian kiire. Kiire ja laatu eivät käy käsi kädessä, sillä jälkitöiden määrä kasvaa kiireen keskellä. Elementtiasennuksissa aikataulun kiinni kurominen on haastavaa. Työvaiheet vaativat oikein tehtynä oman aikansa, eikä elementtejä voi yhdellä nosturilla nostaa kuin yhden kerrallaan. Tietysti asennusryhmien ja nosturien lisääminen on mahdollista, mutta silloin raha ja asennusliikkeen resurssit tulevat nopeasti vastaan.

Palavereja tai kokouksia olisi pidettävä säännöllisesti. Vaikka tuntuu, ettei asiaa ole ja työt luistavat hyvin, pieni jutustelu rauhassa toimistolla kahvin kanssa tuo yllättävän paljon asioita esille. Monet asennustyöhön liittyvät asiat, joita toinen osapuoli pitää itsestään selvänä, eivät toiselle ole täysin avautuneet tai tuttuja. Muutenkin hyvä yhteishenki työmaalla on tärkeää laadun kannalta. Jos suhteet ovat kunnossa, tulee pienet virheetkin kerrottua helpommin ja niiden korjaaminen voidaan tehdä heti eikä vasta jälkitöinä. Myöhemmin se on aina kalliimpaa ja syyllisen löytäminen usein vaikeaa.

Mallikatselmuksilla haetaan malli, joka vastaa haluttua laatua ja sitä työn tasoa, mitä urakoitsijan tulee ylläpitää läpi urakan. Samalla käydään läpi työt, jotka kuuluu tehdä samalla kertaa, ettei myöhemmin tule ongelmia. Esimerkiksi elementin asennuksen yhteydessä tulee tehdä juurivalut niin, ettei vaakasaumoja jouduta myöhemmin ulkopuolelta nostimien kanssa täyttämään.

Elementtisuunnittelijaa varten muiden suunnittelijoiden suunnitelmien tulee sisältää kaikki ne osat ja asiat, jotka elementtiin on tarkoitettu laitettavaksi: läpiviennit, sähköva-  
raukset ja rasiat, ikkuna- ja oviaukot, tartunnat sekä asennusvaiheeseen liittyvät elementtissä kiinni olevat osat kuten vaarnat. Tämän onnistuminen vaatii yhteistyötä eri suunnittelijoiden välillä.

Tämän vuoksi suunnittelijoiden tulisi pitää pääsuunnittelijan johdolla yhteinen palaveri, jossa käydään jokaisen suunnittelijan piirustukset läpi, ja tarkastetaan, että hänen halua-  
mansa asiat elementtikuvista löytyy. Jotenkin tuntuu, että nykypäivänä ei palavereja juurikaan pidetä, vaan kaikki suunnittelijat kuittaavat sähköpostilla katsoneensa elementti-

kuvat läpi. Monesti tarkastetaan, että piirretyt asiat löytyvät, mutta esimerkiksi korkomaa-ilmaa jää tarkistamatta. Myös rakentajan on oltava tarkkana. On perehdyttävä ja tutkittava piirustuksia ja verrattava niitä elementtikuviin, jotta ne ovat järkevästi toteutettavissa ja ne vastaavat arkkitehdin ajatusta.

Ikkuna-aukkojen korot, ikkuna- ja oviaukkojen koot, elementin lisäraudoitukset sekä tekniikan läpivientien ja rasioiden oikeat paikat on muun muassa mietittävä tarkkaan ja otettava huomioon elementtisuunnittelussa. Nämä asiat pitäisi saada elementtisuunnittelijalle, ennen kuin betonielementti tehtaalla valetaan. Muuten timanttisahalle on turhan paljon käyttöä ja paikkaustyöt lisääntyvät. Tämä olisi vältettävissä yhdellä yhteisellä koontumisella, jossa kaikki asianosaiset olisivat läsnä.

Elementtien valmistus täytyy onnistua mitoitusten, betonilaadun ja valumuottien suhteen. Virheet mitoituksissa elementtitehtaalla johtavat lisätöihin työmaalla tai pahimmassa tapauksessa mahdollisesti elementin palautukseen. Samassa ajassa timpuri elementtitehtaalla tekee muotit oikeisiin tarkkoihin mittoihin, kuin että tekee muotit sinne päin. Samat mittatyöt pitää kuitenkin suorittaa. Uutta elementtiä viallisen tai väärin mitoitettun tilalle tehtaalta odotellessa alkavat aikataulut nykypäivän kireiden työaikojen puitteissa pettämään. Asennusjärjestys on suunniteltu tietyn asennuskierron mukaan, ja pahimmassa tapauksessa koko elementtiasennus pysähtyy yhden elementin takia.

Jos betonin tai elementin laatu ei vastaa vaadittua, joudutaan ne valamaan uudelleen. Jo valmiiksi haljenneet elementit työmaalla ovat turvallisuusriski. Vähäiset viat, jotka eivät heikennä elementin ominaisuuksia, voidaan korjata työmaalla. Tällaisia ovat lähinnä paikkaukset. Ne on työmaan syytä dokumentoida, jotta elementtitehtaalle saadaan lasku paikkauksista.

Elementin laadun ollessa heikkoa on tehtaan omakontrolli pettänyt. Ennen elementtien valmistuksen aloittamista suoritetaan normaalisti vierailu elementtitehtaalla, jolloin tulisi kiinnittää huomiota tehtaan omaan valvontaan. Pyytää esittämään omavalvontasuunnitelma ja kertomaan, miten sitä toteutetaan. Varmistetaan omavalvonnan toimiminen pyytämällä dokumentteja edellisten kohteiden valvonta-asiakirjoista.

Kuitenkin loppujen lopuksi työmaan ainoa toimiva keino saada priimakuntoisia elementtejä ajallaan työkohteeseen on rahallinen uhka, esim. toimitusten viivästymisestä johtuva

sakko. Ei työmaahenkilökunnalla ole aikaa tai mahdollisuutta jatkuvaan tehtaan tuotannon valvontaan paikan päällä. Tehdas lähettää viikoittaisia elementtien valmistusraportteja ja seuraavien viikkojen valujärjestyksiä työmaalle, mutta kukaan ei tiedä oikeata tilannetta, ennen kuin elementit ovat työmaan pihassa.

Kun elementit on valettu, ne välivarastoidaan tehtaalle kuivumisen ajaksi. Kiireessä liian tuoreena kuormattu elementti on altis vahingoittumaan. Nostolenkkien irtoaminen, elementin vääntyminen ja lohkeamat ovat useasti seurauksena tästä. Elementin vääntymisen ei aiheuta välttämättä tehtaalle palautusta. Eikä se aina ole järkevää. Se riippuu työmaan aikataulullisesta tilanteesta ja vääntymisen suuruudesta. Joskus vääntymää ei edes huomata, tai ainakaan asentaja ei sitä kerro ennen asennusta, koska raha ei liiku urakassa, jollei elementtejä saada asennettua. Se huomataan vasta, kun elementtejä on niin paljon asennettu, ettei kyseistä elementtiä pystytä vaihtamaan, vaan se paikataan ja tasoitellaan jälkitöinä.

Kuorman saapuessa työmaalle asennustyön johtajan tulisi tarkastaa kaikki saapuvat elementit ja reklamoida sekä dokumentoida mahdolliset virheet ja puutteet. Lisäksi tulisi merkitä lähetteeseen tarkasti saapuneet elementit. Näin vältetään myöhemmin mahdollisesti tuleva kiista, onko jokin tietty elementti saapunut työmaalle, vai onko lähetteeseen vain merkitty tehtaalla vahingossa väärä tunnus. Tehdas haluaa kuitenkin rahaa uudesta elementistä, koska tehtaalla kirjanpidon mukaan elementti on työmaalle lähtenyt.

Valokuva on loistava dokumentoinnin väline. Valokuvasta on myös helppo myöhemmin osoittaa työ- tai materiaalivirhe. Pelkästään kirjoitetusta tekstistä ei vian laatu tule niin hyvin esiin, ja se ei ole yhtä kiistaton kuin valokuva. Näin saadaan reklamaatioaineistoa tehtaalle ja elementtitehdas maksajaksi mahdollisille jälkitöille. Samalla tavalla valokuvaa kannattaa käyttää apuna myös asennusvirheissä.

Koko työmaan elementtiasennuksen kattava kuvasarja on niin elementtitehtaan kuin elementtiasennusliikkeen taloudellisia loppuselvityksiä varten mainio aputyökalu. Siitä pystytään lähes kiistattomasti osoittamaan havaitut virheet ja ajallisesti osoittamaan milloin ja missä virhe on havaittu ja kuka maksaa jälkityöt.

Elementit tulisi mahdollisuuksien mukaan nostaa kuormasta suoraan paikalleen. Näin välivarastoinnista aiheutuvia kolhuja, vääntymisiä tai jopa ilkeävaltaa ei pääsisi tapahtu-

maan. Nykyisin suosittu elementit, joiden pinnassa on kuviota tai kuvaa, ovat houkuttelevia kohteita spray-maalareille. Siksi kannattaa ne peittää ja suojata heti asennuksen jälkeen, jotta ne saataisiin luovutettua rakennuttajalle siisteinä, eikä puhdistuksesta tai jopa elementin vaihdosta aiheudu turhia kuluja ja jälkitöitä rakennusurakoitsijalle.

Kuitenkin normaalitapauksissa elementit on nostettava työmaalla välivarastoon elementtipukeille. Elementtipukit tulisi sijoittaa niin, että nostomatkat olisivat mahdollisimman lyhyitä. Jotta vältetään elementtipukkien liikkumiselta, niiden perustat on tehtävä kunnolla, ettei maan vajoamisia pääse tapahtumaan. Samaten elementtien asettaminen elementtipukille ja tukeminen pukilla tulee tehdä huolellisesti. Pukkien ympärille tulisi saada järjestettyä tarpeeksi tilaa, jotta elementtien nostot voidaan suorittaa turvallisesti, sujuvasti ja elementtejä kolhimatta.

Usein elementtiasentajat asettavat elementtejä nojaamaan penkkoja tai talon seinää vasten. Tätä tulisi välttää. Nojallaan oleva elementti saattaa vääntyä, ja se voi nojatesaan seinään vahingoittaa jo tehtyä seinää aiheuttaen paikkauksia ja maalauksia. Samoin ollessaan pois elementtipukilta penkkaa vasten se helposti likaantuu tai muut työmaalla olevat työkonet saattavat törmätä siihen aiheuttaen vahinkoja. Jos elementtejä joudutaan varastoimaan vaakasuorassa, lähinnä laattaelementtejä, tulisi alle tehdä tukeva petaus. Tässä hyvin helposti vähätellään petauksen tärkeyttä ja asetetaan vain yksi puupalikka toiselle reunalle. Maa saattaa sateen tai muun syyn vuoksi vajota ja laatta pääsee vääntymään.

Yleensä huonoja petauksia tehdään kiireessä, kun kuorma pitää saada äkkiä purettua, tai kun seuraava asennettava elementti ei ole se pinon päällimmäinen. Laitetaan laatta vähäksi aikaa sivuun ja nostetaan kohta takaisin oikealle paikalleen. Siihen se kuitenkin unohtuu pariiksi päiväksi ja kaivuri ajaa yli, jolloin elementti vahingoittuu niin paljon, että se joudutaan vaihtamaan. Jos elementti on ainutlaatuinen, eikä toista samoilla mitoitusilla olevaa, esimerkiksi seuraavan kerroksen saman kohdan elementtiä ole työmaalla, joudutaan odottamaan uutta aikataulun kustannuksella. Vaikka elementti pystyttäisiin nostamaan paikoilleen, on sille aiheutuneet vahingot korjattava myöhemmin jälkitöinä.

Elementit nostetaan työhön ja työmaalle sopivalla nostokalustolla, esimerkiksi torninosturilla tai autonosturilla. Elementtipukin luona työskentelevä alamies kiinnittää elementit nosturin koukkuihin työkohteessa olevan asennusryhmän ohjeiden mukaisessa järjestyksessä. Jokaisella elementillä on oma tunnus, kuten kuvasta 3. näkyy. Asennusryhmä

katsoo piirustuksista seuraavan asennettavan elementin tunnuksen ja ilmoittaa sen alamiehelle.



Kuva 3. Elementin tunnus

Asennusryhmän on oltava tarkkana elementtikaavioita katsoessaan. Aina elementin asennuksen jälkeen tulisi kuviin merkitä asennettu elementti rastimalla tai yliviivaamalla sen tunnus elementtikaaviosta. Näin vältetään väärä asennusjärjestys. Jos kaavioon ei merkitä asennettuja elementtejä, väärän asennusjärjestyksen mahdollisuus kasvaa varsinkin pitkissä seinälinjoissa. Ikkuna-aukollinen elementti väärässä paikassa aiheuttaa suuria korjauksia.

Parvekelaatat saattavat aiheuttaa kiireessä virheitä. Vaikka laatat näyttävät ulospäin samanlaisilta, voi laatoille olla laskettu erilaisia kuormia, jolloin esimerkiksi laatan sisällä olevat raudoitukset ovat kuormitetuilla laatoilla vahvemmat. Jos tiilipielisille parvekkeille laitetaan avoparvekkeen laatta, kuorma saattaa rikkoa laatan ajan kuluessa. Tällainen laatta joudutaan vahvistamaan tai tukemaan myöhemmin jälkitöinä.

Elementtiryhmän mittamies merkitsee seinälinjat ja korot asentajille. Tässä työvaiheessa tapahtuvat virheet ovat jälkitöidenkin kannalta mittavia. Seinälinjojen tai pilariseinän merkintä väärään paikkaan vaikuttaa suurella todennäköisyydellä kalusteiden asennuksiin. Kalusteet eivät mahdollisesti mahdu suunniteltuun tilaan, tai niille varattu tila on suurempi ja viereisen huoneen suunniteltu pinta-ala pienenee. Paikallavalettavissa massiivilaatoissa viemäröinnit mitoitetaan mittamiehen holvimuottiin eli holvipöytäan merkitsemistä seinälinjoista. Väärästä seinälinjasta johtuvat väärät kaivojen paikat, kevyisiin väliseiniin



suunnitellut lattialaatasta nousevat vesi- ja lattialämmitysjohdot ja katosta tulevat sähkövaraukset joudutaan piikkaamaan auki ja siirtämään.

Lattian korkovirheestä johtuen joudutaan lattiaa kasvattamaan tai hiomaan ja jyrsimään. Lattioiden liian suuret korkoerot aiheuttavat ongelmia ovien käynnissä, esteellisyyksvaatimusten täyttymisessä ja niin edelleen. Työmaan mestareiden tulisi mahdollisuuksien mukaan tarkistaa mittamiehen mittaukset, mutta ilman mittamiehen koulutusta ja tarvittavia laitteita on vaikea lähteä varmistamaan kaikkia mittauksia.

Mittamies merkitsee paikallavalulaulaattoihin ja ontelolaattoihin varauksien paikat. Paikallavalulaulaatoissa väärässä paikassa olevan varauksen siirtäminen oikeaan paikkaan on usein hankalaa. Valetussa laataassa kulkee sähkövarauksia, viemäreitä, lattialämmitysputkia ja vesijohtoja, jotka suurella todennäköisyydellä on asennettu juuri siihen kohtaan, mihin varaus oikeasti kuuluisi. Tällöin piikatessa tai lattiaa sahatessa ne vahingoittuvat ja jälkityöt lisääntyvät.



*Kuva 4. Paikalla valettavan massiivilaatan sisään jää paljon varauksia ja tekniikkaa.*

Massiivilaatan valun jälkeen on tärkeää, että mittamies merkitsee kuivuneeseen laatan pintaan alueet, joissa sijaitsee lattialämmitysputkia, viemäreitä tai sähkövarauksia. Tietysti kaikkien yksittäisten sähkövarausten merkitseminen on aika mahdotonta, mutta seinän vierustoilla olevat varauskeskittymät esimerkiksi tulevan sähkökaapin luona olisi merkittävä. Tämä siksi, että seinää pystyssä pitävät elementtituet kiinnitetään betoniruuveilla holviin. Ruuveja varten porataan ensin reikä, johon ruuvi kiristetään. Jos reikä porataan lattialämmitysalueella, se suurella todennäköisyydellä osuu lämmitysputkeen, jolloin lattia on aukaistava ja putki korjattava. Joskus käy niin, että putket vain hieman vahingoittuvat, mutta eivät vuoda työnaikaisissa painekokeissa. Myöhemmin aiheutuu kustannuksiltaan suuria korjauksia putken antaessa periksi siinä vaiheessa, kun talo on jo täydessä käytössä.

Saman mittamiehen toimiminen työmaalla läpi asennusurakan on tärkeää. Jos mittamies vaihtuu kesken urakan, kasvaa mahdollisuus virheisiin. Uusi mittamies ei tiedä kaikkia sovittuja asioita, eikä työnjohto muista hänelle kaikkia asioita kertoa. Ja jokaisella mittamiehellä on omanlaisensa merkitsemistapa, joka kesken kaiken vaihtuessa saattaa johtaa tulkintavirheisiin.

Laattaelementtien asennuksessa tietysti asennuskorot on huomioitava ja niitä noudatettava. Laattojen virheelliset paksuudet on otettava huomioon ja mahdolliset virheiden puolitukset on tehtävä asennuksen yhteydessä. Seinäelementin päälle asennetaan asennuspalat. Asennuspalat on valmistettu muovista, vanerista tai teräksestä. Näillä saadaan päälle tuleva laatta oikeaan korkoon. Ne on asennettava niin syvään seinäelementin päälle, etteivät ne saumauksen jälkeen jää näkyviin.

Asennuspaloja käytetään lähes kaikkien elementtien asennuksessa. Huoneen sisälle näkyvä asennuspalapakka on poistettava mekaanisesti. Näkyvän pakan ympäristöä piikataan, jotta päästään poistamaan se tarpeeksi syvältä joko polttoleikkaamalla tai kulmahiomakoneella. Tällaiset virheet johtuvat puhtaasti piittaamattomuudesta asennuksessa. Asentajilla ei ole ollut halua tehdä työtään kunnolla. Näissä tapauksissa myös valvonta on pettänyt.

Kun suunniteltu alue elementtejä on asennettu, suoritetaan saumavalu. Vaakasauamat on asennusvaiheessa jo valettu. Pystysaumoihin asennetaan tarvittavat teräkset suunnitelmien mukaan. Raudoittajan on raudoitettava saumat niin, että raudoitus varmasti jää saumamassan sisään saumavalussa, eikä valuun jää esiin pistäviä harjateräksiä.

Itse saumauksen tulee täyttää saumat seinäpinnan tasoon asti. Erityisesti sisäkulmissa tulee varoa ylitäyttöä, jota myöhemmin joudutaan piikkaamaan ja paikkaamaan. Pystysaumojen kanssa samaan aikaan täytetään elementin alaosassa olevat kolot, joissa alapuolelta tuleva teräs on ankkuroitu kahden seinäelementissä olevan vaakasuuntaisen harjateräksen väliin estäen seinäelementin liikkumisen sivusuunnassa. Näitä ei asennusvaiheen saumauksissa pystytä täyttämään. Samalla mahdolliset vaakasaumojen saumauksissa olevat reiät täytetään. Jälkitöinä tehtynä vaakasaumat ovat ongelmallisia siinä suhteessa, että ne eivät helpolla tule täyteen, vaan keskelle jää ilmakupla. Vajaat saumat, joissa saumamassa ei mene yhtenäisenä elementin saumassa, aiheuttavat taas eristeellisiä ongelmia. Saumoja joudutaan aukomaan ja täyttämään jälkitöinä.

Jos kohteessa ulkoseinillä ei käytetä sandwich-elementtejä, vaan ulkovuoraus tehdään erikseen joko betonielementillä tai muulla materiaalilla, löytyy potentiaalisia jälkitöitä lisää.

Sisäkuorielementin asennuksen jälkeen elementtisaumat saumataan huolellisesti. Ennen ulkokuorielementin asennusta on sisäkuoren ulkopinta eristettävä. Jos saumat ovat huonosti tehtyjä, sisäkuorielementin ulkopuolella saumat ovat vajaita. Ne on ensin täytettävä, ennen kuin eristäjä pääsee asentamaan eristeitään. Sama ongelma tulee, jossa saumoja ylitäytetään. Silloin joudutaan ylimääräinen saumamassa poistamaan seinältä. Jälkitöinä tehtävään saumaustyöhön tarvitaan yleensä nostin, jollei seinille rakenneta telineitä muurausta varten.

Huonosti tehdyt sisäkuoren paikkaukset aiheuttavat ilma- ja lämpövuotoja. Sama koskee tietysti myös sandwich-elementtien saumoja. Sandwich-elementeissä saumat ja liitokset tehdään huolellisesti rakennesuunnittelijan ohjeiden ja piirustusten mukaan. Varsinkin eristeiden asennuksen huolellisuuteen tulee panostaa, koska jälkikäteen havaitut lämpövuodot ovat hankalia korjata.

Porrasasennuksissa tulee kiinnittää suurta huomiota korkoihin. Portaiden ensimmäisen askelman nousun kanssa on oltava tarkkana. Alimman askellankun ja valmiin lattiapinnan korkoeron on oltava kuvissa vaadittu. Samoin ylimmän askellankun koron pitää olla sama kuin ylemmän kerroksen porrastason valmiin lattiapinnan. Jälkeenpäin näiden korjaaminen on vaikeaa. Jos porrastasolaatat ovat oikeassa korossa ja aukot ja porrasedementti ovat oikean kokoisia, asennuksessa ei normaalisti tule ongelmia. Mutta jos joku näistä mitoituksista on väärin, virheitä tapahtuu helposti.

Hallittu elementtiasennus jälkitöitä minimoiden vaatii työnjohdolta jatkuvaa työn laadun seurantaa. Piirustuksia pitää vertailla, tutkia ja kyseenalaistaa läpi asennustyön. Työmaalle saapuvat kuormat kirjataan ja seurataan elementtitehtaan toimintaa ja elementtien valmistumista. Yritetään löytää mahdollisia tuotannon tulevia ongelmia etukäteen, etteivät ne yllätä. Tulevia asennuksia varten tilataan materiaalit, lämmittimet ja suojakalusto ajoissa. Asennusryhmän kanssa ollaan päivittäin tekemisissä. Tarkastetaan jo tehdyt asennukset. Virheitä havaitessaan työnjohdon on puututtava ja mainittava niistä, eikä niitä jätetä jälkitöiksi. Tarkastetaan, että jo sovitut korjaukset on tehty. Kysellään ja suunnitellaan tulevia asennuksia ja kuunnellaan mielialoja. Jos asennusryhmän sisällä on ongelmia, ne yleensä heijastuvat työhön ja työn laatuun.

Kun työmaalla on kiire ja aikataulut ovat kireät, haluavat asennusryhmät usein tehdä pitkää päivää ja viikonlopputöitä. Viikonloppuihin ei lähtökohtaisesti saisi sijoittaa mitään työvaiheita, jotka maanantaiaamuna on valettu piiloon. Tai sitten peittoon jäävät rakenteet täytyy ehtiä työnjohdon tarkistaa jo perjantaina. Esimerkiksi saumauksia tehdään kiireisinä aikoina viikonloppuisin. Silloin raudoitusten ja muottilaudoitusten täytyy olla valmiina ja tarkastettavissa jo perjantaina iltapäivällä.

Yleisenä huomiona rakennusalalta itselläni on tunne, että sitoutuminen hankkeisiin, niin elementtiasennuksissa kuin rakennusalalla kokonaisuudessaan, on heikkoa. Sellaista yhdessä tekemisen tuntua ei ole enää. Nykyään tullaan työmaalle suorittamaan tietty tehtävä, eikä olla kiinnostuneita, kuka jatkaa ja miten jatkaa minun jälkeen. Rakennusalalla on nykyisin urakoiden pilkkomisesta johtuen tapa, että tehdään oma urakka loppuun, kuitataan rahat ja poistutaan seuraavalle keikalle. Kaikki tämä tapahtuu miettimättä, mitä tapahtuu minun jälkeeni ja kuinka seuraava pystyy jatkamaan omaa urakkaansa. Tämä sama toistuu jokaisessa työvaiheessa läpi rakennustyön. Jatkuvuuden ajattelutapa pitäisi saada iskostettua kaikkien mieliin. Ymmärrys siitä, miksi minä teen tämän työn ja miten seuraava jatkaa tästä ja minkä takia, tulisi olla jokaisella. Ja oikeanlaisista tervettä ammattilpeyttä tulisi saada rakennuksille lisää.

## Lähteet

1. Finlex 578/2003
2. Tuotteet, verkkodokumentointi, Halfen, [www.halfen.fi](http://www.halfen.fi), luettu 16.11.2015
3. Betonikerho ry, 2011, Betonielementtien toleranssit 2011, Suomen Rakennusmedia Oy
4. Valmisosarakentaminen, verkkodokumentti, Elementtisuunnittelu.fi, [www.elementtisuunnittelu.fi](http://www.elementtisuunnittelu.fi), luettu 16.11.2015
5. Elementtien asennus, verkkodokumentti, Elementtisuunnittelu.fi, [www.elementtisuunnittelu.fi](http://www.elementtisuunnittelu.fi), luettu 16.11.2015