



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Paulus Nevalainen

# Aikataulutoteutumien tehostaminen korkeassa rakentamisessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

9.4.2020

Tekijä Otsikko	Paulus Nevalainen Aikataulutoteutumien tehostaminen korkeassa rakentamisessa
Sivumäärä Aika	76 sivua + 12 liitettä 9.4.2020
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine	Projektinhallinta
Ohjaajat	Yliopettaja Mika Lindholm, Metropolia AMK Työpäällikkö Petri Santala, SRV Rakennus Oy
<p>Työssä tutkitaan sitä, miten korkea rakentaminen saadaan työsaavutuksiltaan yhtä tehokkaaksi kuin matalampien rakennuksien rakentaminen. Työ tehdään SRV Rakennus Oy:lle, ja työn tutkimuskohteina toimii SRV:n rakentama Redin Majakka, sekä rakenteilla oleva Redin Loisto.</p> <p>Korkean rakentamisen rajaksi Suomen osalta voidaan määrittää sadan metrin harjakorkeus. Maailmalla, erityisesti Aasiassa, rakennetaan jatkuvasti kuitenkin jo yli 300 metriä korkeita rakennuksia, joten korkean rakentamisen määritelmä vaihtelee sijainnin mukaan.</p> <p>Korkeassa rakentamisessa on paljon erityispiirteitä, mitä matalammassa rakentamisessa ei täydy huomioida. Nämä erityispiirteet vaikuttavat huomattavasti aikataulutoteutumiin. Työssä tutkitaan aikataulutoteutumiin vaikuttavia ongelmia ja niihin mahdollisia ratkaisuja jokaisesta suuresta työvaiheesta erikseen. Työssä perehdytään myös aikataulusuunnittelun osa-alueisiin, sekä siihen, millä aikataulusuunnittelun osa-alueella mitään ongelmia pyritään ratkomaan ja täten tehostamaan aikataulutoteutumia korkeassa rakentamisessa.</p> <p>Suurimmat esteet haluttujen työsaavutusten osalta ovat liikkuminen työmaalla, kovat tuulet, monien työvaiheiden päällekkäisyydet, erikoistyövaiheet (esimerkiksi vesikatkot ja palo-osastointi), sekä tavallista vaativammat käyttöönotto- ja toimintakokeet.</p> <p>Moniin ongelmiin on olemassa jo selkeitä ratkaisuja, joista suurin osa vaatii sopimusten parantelua, aikataulujen laatimiseen uusien asioiden huomioimista, jatkuvaa päivittäistason valvontaa kaikkien työvaiheiden ja urakoitsijoiden osalta, sekä täysin uusia vastuualueita (esimerkiksi hissivastaava ja avainten haltija).</p> <p>Työn lopputuloksena syntyi taulukot jokaiselle työvaiheelle, joissa käydään läpi ongelmat, ratkaisut ja suunnittelualue, jossa ongelmaan täytyy reagoida.</p>	
Avainsanat	Pilvenpiirtäjä, aikataulu, työmenekki, logistiikka

Author Title	Paulus Nevalainen Enhancing Schedule Efficiency in High-Rise Buildings
Number of Pages Date	76 pages + 12 appendices 9 April 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Professional Major	Project Management
Instructors	Mika Lindholm, Principal Lecturer, Metropolia UAS Petri Santala, Project Manager, SRV Rakennus Oy
<p>The thesis examines how high-rise construction can be as efficient in terms of work achievements as the construction of lower buildings. SRV Rakennus Oy commissioned the thesis, and the research sites for the thesis were Redin Majakka built by SRV and the Redin Loisto, which is under construction.</p> <p>The ridge height of one hundred meters can be set as the limit for high construction in Finland. However, in the world, especially in Asia, buildings already over 300 meters high are constantly being built, thus the definition of high-rise construction varies by location.</p> <p>There are many special features in high-rise construction that does not need to be taken into account in lower buildings. These special features have a significant impact on schedule achievements. The thesis examines the problems affecting schedule implementations and possible solutions to them for each major work step separately. The thesis also examines the areas of schedule planning, as well as studies in which area of schedule planning any problems remain to be solved and thus enhance the efficiency of schedule implementation in high-rise construction.</p> <p>The main obstacles to the desired work achievements are movement on site, strong winds, overlapping of many work phases, special work phases (e.g. water control and fire compartmentation), and more demanding commissioning and operation tests.</p> <p>There are already clear solutions to many problems, most of which require improved contracts, new issues to be taken into account in scheduling, continuous day-to-day monitoring of all work phases and contractors, and completely new areas of responsibility (e.g. elevator manager and key holder).</p> <p>The result of the thesis was the creation of spreadsheets for each work phase, which covers the problems, solutions and the design area where the problem must be reacted.</p>	
Keywords	Skyscraper, schedule, man-hour requirement, logistics

## Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Työn tausta	1
1.2	Työn tavoitteet	2
2	Korkealle rakentamiselle ominaiset piirteet	3
2.1	Korkeiden rakennuksien rakentaminen maailmalla	5
2.2	Korkea rakentaminen Suomessa	9
3	Aikataulusuunnittelun periaatteet	11
3.1	Pilvenpiirtäjien aikataulusuunnittelu	15
4	Redin pilvenpiirtäjien aikataulut	20
4.1	Redin pilvenpiirtäjien ominaispiirteet	20
4.2	Runkotyön aikataulut	21
4.3	Julkisivuasennuksen aikataulut	29
4.4	Sisävalmistusvaiheen aikataulut	35
4.5	Talotekniikan aikataulut	46
4.6	Viimeistelyvaiheen aikataulut	51
4.6.1	Työvaiheiden loppuun vieminen ja tarkastukset	51
4.6.2	Tekniikan käyttöönotto ja toimintakokeet	54
5	Laadukas aikataulusuunnittelu pilvenpiirtäjäkohteissa	59
5.1	Yleisaikataulun ja työvaihe aikataulujen laatiminen	59
5.2	Aluesuunnittelu	61
5.3	Hankinnat ja sopimukset	62
5.4	Viikkoaikataulujen laatiminen	65
6	Johtopäätökset	66
7	Yhteenveto	69
	Lähteet	73

## Liitteet

- Liite 1. Runkotyövaiheen aikataulutoteutumien tehostaminen (Vain tilaajan käyttöön)
- Liite 2. Julkisivuasennuksen aikataulutoteutumien tehostaminen (Vain tilaajan käyttöön)
- Liite 3. Sisävalmistusvaiheen aikataulutoteutumien tehostaminen (Vain tilaajan käyttöön)
- Liite 4. Talotekniikan aikataulutoteutumien tehostaminen (Vain tilaajan käyttöön)
- Liite 5. Työvaiheiden loppuun viemisen ja tarkastuksien aikataulutoteutumien tehostaminen (Vain tilaajan käyttöön)
- Liite 6. Toimintakokeiden ja tekniikan käyttöönoton aikataulutoteutumien tehostaminen (Vain tilaajan käyttöön)
- Liite 7. Redin Loiston tahtiaikataulu 2019, SRV Rakennus Oy (Vain tilaajan käyttöön)
- Liite 8. Redin Loiston yleisaikataulu 2019, SRV Rakennus Oy (Vain tilaajan käyttöön)
- Liite 9. Redin Loiston viikkoaikataulu 2019, SRV Rakennus Oy (Vain tilaajan käyttöön)
- Liite 10. US-Rakennetyyppi Redin Loisto, Sweco Oy (Vain tilaajan käyttöön)
- Liite 11. Redin Loiston pohjapiirustus (8.kerros), Arkkitehtitoimisto Pekka Helin & Co. 2019 (Vain tilaajan käyttöön)
- Liite 12. Redin Loiston aluesuunnitelma 2019, SRV Rakennus Oy (Vain tilaajan käyttöön)

# 1 Johdanto

## 1.1 Työn tausta

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on käydä läpi korkea rakentamisen eri työvaiheiden aikatauluja, niiden toteutumia ja mahdollisia ongelmia toteutumissa. Työssä tutkitaan myös aikatauluongelmien seurauksia, sekä kehitetään ratkaisuja aikataulujen toteutumisille. Aikataulutoteutumia ja niihin liittyviä asioita käydään työssä läpi isoimpien rakennusvaiheiden osalta. Kaikista rakennusvaiheista tutkitaan ongelmien ja ratkaisuiden lisäksi myös erikseen työvaiheen logistiikkaa ja sen vaikutusta työvaiheen aikataulutoteutumiin.

Opinnäytetyö tehdään SRV Rakennus Oy:n tilauksesta. SRV on yksi Suomen suurimpia rakennusyhtiöitä, joka tunnetaan isoista ja vaativista rakennusprojekteista. Tämä työ tehdään SRV:n käynnissä olevaa Kalasataman tornitaloprojektia varten. SRV on rakentanut Helsingin Kalasatamaan kauppakeskus Redin sekä Suomen korkeimman asuinrakennuksen, Redin Majakan, joka on 35-kerroksinen ja 132m korkea. Tämän lisäksi SRV on kaavoittanut Kalasatamaan yhteensä kahdeksan tornitaloa, joista toinen, Redin Loisto, on rakenteilla. Opinnäytetyö tehdään pian alkavalle kolmannelle tornitalolle, Redin Kompassille.<sup>1,2,3</sup>

Työssä on tutkittu edellisten Kalasataman tornitalojen aikatauluja, aikataulutoteutumia ja työvaiheiden suunnitelmia. Työtä varten on myös seurattu rakenteilla olevan tornitalon työvaiheiden toteutumista paikan päällä, sekä tehty sitä kautta havaintoja. Lisäksi opinnäytetyössä on haastateltu kyseisiin projekteihin osallistuneita toimihenkilöitä sähköpostitse sekä henkilökohtaisesti paikan päällä.

---

<sup>1</sup> SRV Rakennus Oy 2020: Muuttovalmis REDIn Majakka - <https://www.srv.fi/asuminen/helsingin-redin-majakka/> - Viitattu 29.3.2020

<sup>2</sup> SRV Rakennus Oy 2020: Helsingin REDIn Loisto nyt myynnissä - <https://www.srv.fi/asuminen/helsingin-redin-loisto/> - Viitattu 29.3.2020

<sup>3</sup> SRV Rakennus Oy 2020: SRV Yhtiönä - <https://www.srv.fi/srv-yhtiona/> - Viitattu 29.3.2020

## 1.2 Työn tavoitteet

Tutkimustyön tavoitteena on löytää ratkaisuja todettuihin ongelmakohtiin korkean rakentamisen aikataulutoteutumien osalta. Työssä etsitään ongelmia kaikista suurista työvaiheista rakennusprojektissa, jonka pohjalta ongelmakohtiin löydetään ratkaisut. Ratkaisujen löytämisen lisäksi työssä pohditaan aikataulusuunnittelun eri osa-alueiden suunnittelutyön parantamista, sekä erilaisia keinoja luoda toimivia aikatauluratkaisuja korkean rakentamisen hankkeisiin.

Opinnäytetyön lopputuloksena on taulukot, joihin on kerättynä yhteen kaikkien eri työvaiheiden osalta ongelmat, ratkaisut ja suunnitteluvaihe, jossa kyseisiin ongelmiin voidaan suunnittelulla tai toiminnalla saada aikataulutoteutumien osalta tehokkaampi lopputulos (Liitteet 1, 2, 3, 4, 5 ja 6).

## 2 Korkealle rakentamiselle ominaiset piirteet

Korkealle rakentamiselle ei ole yhtä selkeää määritelmää, mutta Suomessa korkeiksi rakennuksiksi luokitellaan kaikki rakennuksen, jotka ovat yli 12 kerroksisia. Tämä on kuitenkin hyvin epämääräinen määritelmä, sillä nykymuotoisessa rakentamisessa yli 12-kerroksisia rakennuksia rakennetaan jatkuvasti, eikä niiden tuotannossa ole minkään näköisiä haasteita. Tämän takia yli 12-kerroksisia rakennuksia on alettu kutsua tornitaloiksi, eikä niitä välttämättä silti määritellä korkeiksi.<sup>4</sup>

Esimerkiksi rakennuksen rungon rakennusvaiheessa ei tarvitse poiketa millään tavalla normaaleista tavoista, kun rakennetaan esimerkiksi 14-kerroksista rakennusta, sillä Suomen korkeimmat pumppuautot yltävät jopa 62 metrin korkeuteen, joka mahdollistaa hyvinkin korkean rakennuksen valutöiden toteuttamisen tavallisilla tavoilla<sup>5</sup>. Sama pätee myös moniin mobiilnostureihin (Kuva 1.), kurottajiin sekä rakennushisseihin<sup>6</sup>. Myös nykypäivän standardeilla ja tekniikalla saadaan korkeatkin rakennukset turvallisiksi, niin paloturvallisuuden kuin sääolosuhteiden osalta<sup>7</sup>. Tämä kaikki on kuitenkin vielä 20 vuotta sitten ollut Suomessa huomattavasti haastavampaa, niin kaluston, tekniikan kuin myös tietotaidon osalta. Siksi myös juuri vuosiluvulla on suuri vaikutus korkean rakentamisen määritelmään.

---

<sup>4</sup> Sirkka Saarinen: Suomessa tornitalo-statuksen saa yli 12-kerroksella. *Betoni-lehti*, 2005, nro 4 s.46 ja 47. Betoniteollisuus ry. – Viitattu 28.12.2019

<sup>5</sup> Betonipumppaus Laatikainen – Kalustomme ja autojen tekniset tiedot - <https://www.betonipumppaus.fi/kalusto/> - Viitattu 3.1.2020

<sup>6</sup> Nostopalvelu J.Helakoski – Liebherr LTM 1250/1 - <https://www.j-helaakoski.fi/nosturit/ajoneuvonosturit/nosturit-250tn-ja-yli/liebherr-ltm-1250-1/> - Viitattu 3.1.2020

<sup>7</sup> Seppo Männikkö: Pelastusalan ammattilaiset: Korkeat rakennukset paloturvallisia. Helsingin sanomat, 2012 - <https://www.hs.fi/kotimaa/art-2000002520029.html> - Viitattu 28.12.2020





Kuva 1. Nykypäivän mobiilnostureilla ei ole ongelmia yltää yli 60 metriin. Kuvassa Liebherr LTM 1250-1, jonka puomin pituus on 72 metriä.<sup>8</sup>

Pilvenpiirtäjille on myös hyvin epämääräiset määritelmät. Emporiksen standardeissa pilvenpiirtäjät määritellään yli 100 metrisiksi rakennuksiksi. Tämä on kuitenkin hyvin löyhä määritelmä, sillä ympäri maailmaa rakennetaan jatkuvasti yli 200-, jopa 300 metrisiä rakennuksia. Suomessa kuitenkin 100 metrin rajaa voidaan hyvinkin pitää korkeiden rakennusten rajapyykkinä nykymuotoisessa rakentamisessa.<sup>9</sup>

Sijainnilla voi siis olla hyvinkin suuri merkitys, kun puhutaan siitä, mikä luokitellaan korkeaksi rakentamiseksi. Erityisesti Euroopassa on useissa historiallisissa kaupungeissa kielletty pilvenpiirtäjien rakentaminen<sup>10</sup>. Tällöin voidaan pitää korkeana lähestulkoon mitä tahansa rakennusta, mikä yltää yli muiden kaupunkikuvassa. Vastakohtana Euroopalle voidaan pitää Aasiaa, jossa suuret kaupunkikeskukset ovat pullollaan yli 200 metrisiä rakennuksia<sup>11</sup>. Tällaisissa suurkaupungeissa on vaikea sanoa, että muiden alapuolelle jäävä 100 metrin rakennus olisi pilvenpiirtäjä. (Kuva 2.).

<sup>8</sup> KHL – International Cranes and Specialized transport – Ainscough on ice 2010 - <https://www.khl.com/news/ainscough-on-ice/60289.article> - Viitattu 3.1.2020

<sup>9</sup> Emporis Standards: Skyscraper (ESN 24419) - <https://www.emporis.com/building/standard/75/skyscraper> - Viitattu 3.1.2020

<sup>10</sup> Dan Cortese 2019: Why Europe doesn't build skyscrapers? – The B1M - <https://www.theb1m.com/video/why-europe-doesnt-build-skyscrapers> - Viitattu 3.1.2020

<sup>11</sup> Encyclopaedia Britannica – Skyscraper – Alkuperäisjulkaisu 1998 - <https://www.britannica.com/technology/skyscraper> - Viitattu 3.1.2020



Kuva 2. 462 metrisen pilvenpiirtäjän vieressä on vaikea sanoa 12 kerroksisia taloja korkeiksi. Havainne kuva Lakhta Centeristä, jota rakennetaan parhaillaan Venäjällä Pietarissa.<sup>12</sup>

## 2.1 Korkeiden rakennuksien rakentaminen maailmalla

### Pilvenpiirtäjien historia

Pilvenpiirtäjiksi luokiteltavia rakennuksia rakennettiin ensimmäisenä Yhdysvaltoihin Chicagoon 1870- ja 1880-luvulla. Kaupunkikeskusten kysyntä Yhdysvalloissa kasvoi nopeaa vauhtia, joten kaupunkien ydinkeskustat haluttiin saada rakennettua mahdollisimman tiheästi täyteen. Samoihin aikoihin kehittynyt tekniikka hissien osalta, sekä teräsrakenteiden yleistymisen mahdollistivat korkeiden rakennuksien rakentamisen. 1800-luvulla rakennettuja pilvenpiirtäjiä ei enää nykypäivän standardien mukaan voida pitää pilvenpiirtäjinä. Ensimmäinen silloin pilvenpiirtäjäksi luokiteltu rakennus on 42 metriä korkea Chicagon Home Insurance Building, joka valmistui vuonna 1884.<sup>13</sup>

<sup>12</sup> RBC.ru - Не там встали: скандалы вокруг установки монументов и зданий в России Подробнее на 2015 - <https://www.rbc.ru/photoreport/09/06/2015/5576ca369a7947314904c5e8> - Viitattu 3.1.2020

<sup>13</sup> Encyclopaedia Britannica – Skyscraper – Alkuperäisjulkaisu 1998 - <https://www.britannica.com/technology/skyscraper> - Viitattu 3.1.2020

1900-luvun alussa kehittyneen sähkövalon ja koneellisen ilmastoinnin takia pystyttiin suuriin rakennuksiin sijoittamaan tiloja muualle kuin ulkoseinien yhteyteen. Tämä mahdollisti huomattavasti suuremmat kerrospinta-alat, jonka myötä rakennuksien korkeudet pääsivät uusille tasoille. Erityisesti Chicagossa ja New Yorkissa rakennettiin 1900-luvun alkupuolella hyvinkin paljon pilvenpiirtäjiä. 1930-luvulla rakennuksien korkeudet ylsivät jo yli 300 metriin.<sup>14</sup>



Kuva 3. Empire State Building on yhä tänä päivänä yksi New Yorkin näyttävimpiä monumentteja.<sup>15</sup>

Kuuluisin 1900-luvun alun pilvenpiirtäjä on New Yorkissa sijaitseva Empire State Building (Kuva 3.), joka valmistui vuonna 1931, ja oli maailman korkein rakennus vuoteen 1972 asti. Empire State Buildingissa on 102-kerrosta ja sen korkeus on 381 metriä pois lukien huipulle asennettu radiomasto, jonka jälkeen kokonaiskorkeus yltää 449 metriin.<sup>14</sup>

1930-luvulla pilvenpiirtäjien rakentaminen yleistyi myös muualla maailmassa, kuten Japanissa, Latinalaisessa Amerikassa ja Venäjällä. Eurooppaan korkeat rakennukset rantautuivat vasta 1950-luvulla, kun Madridiin ja Frankfurtiin rakennettiin ensimmäiset pilvenpiirtäjät. Yhä tänäkään päivänä pilvenpiirtäjät eivät ole tyypillisiä Euroopan suurkaupunkien katukuvassa, sillä Euroopan kulttuuriperinteiden ja pitkän historian vuoksi

<sup>14</sup> Encyclopaedia Britannica – Skyscraper – Alkuperäisjulkaisu 1998 - <https://www.britannica.com/technology/skyscraper> - Viitattu 3.1.2020

<sup>15</sup> Adobe Stock 2019 – Viitattu 3.1.2020

kaupunkeja on pyritty pitämään matalina. Esimerkiksi Ranska hyväksyi pilvenpiirtäjien rakentamisen tietyille kaavoitetuille alueille Pariisissa vasta vuonna 2008. Pilvenpiirtäjät Euroopassa ovatkin aiheuttaneet paljon mielipiteiden jakautumista. Toiset näkevät pilvenpiirtäjien rakentamisen mahdollisuutena kehittää kaupunkeja ja palveluita sekä lisätä kaupunkien arvoa. Pilvenpiirtäjiä on taas kritisoitu juuri siitä syystä, että Euroopan korkeakulttuuria ja historiaa on pyrittävä arvostamaan ja siitä on pidettävä huolta, mieluummin kuin rakennettava uutta ja modernia tilalle.<sup>16,17</sup>

### **Korkeaa rakentamista nyt ja tulevaisuudessa**

Suurimmat pilvenpiirtäjien keskittymät tänä päivänä löytyvät Pohjois-Amerikasta ja Aasiasta, vaikkakin Yhdysvalloissa ollaan selkeästi jäämässä jälkeen korkeiden rakennusten rakentamisessa. Vuonna 1989 kaikki maailman kymmenen korkeinta asuin- tai toimistorakennusta sijaitsivat Yhdysvalloissa, kun vuonna 2009 ainoastaan yksi Yhdysvalloissa sijaitseva rakennus mahtui samalle listalle. Kaikki loput yhdeksän rakennusta sijaitsivat joko Lähi-idässä tai Aasian itäosissa.<sup>16</sup>

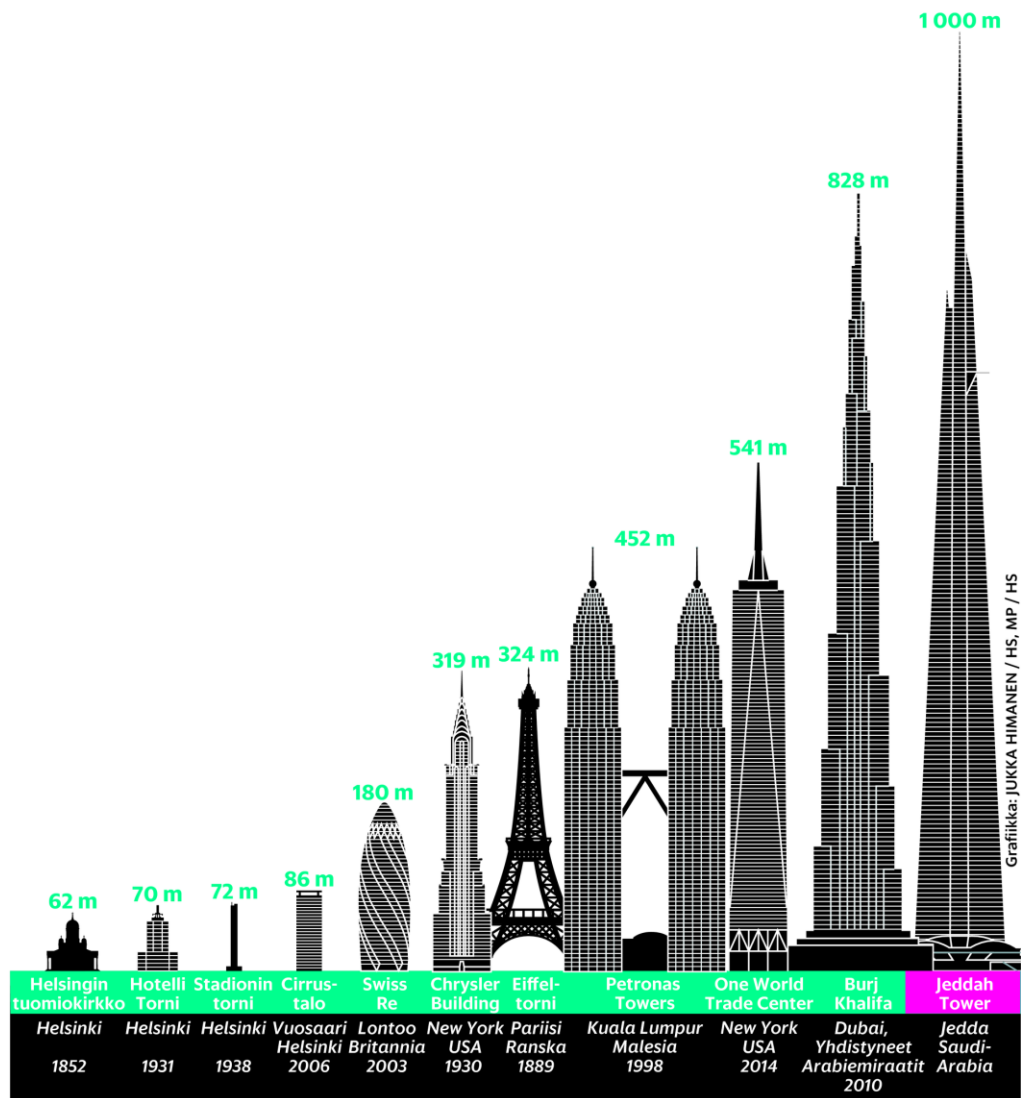
Tällä hetkellä maailman korkein rakennus on Burj Khalifa, joka on 828 metriä korkea ja sisältää 163 kerrosta. Burj Khalifa sijaitsee Dubaissa Yhdistyneissä arabiemiirikunnissa<sup>16</sup>. Rakennusvaiheesta löytyy kuitenkin jo huomattavasti korkeampia rakennuksia. Saudi-Arabiassa on rakenteilla Jeddah Tower (Kuva 4.), jonka suunniteltu korkeus tulisi olemaan yli kilometrin. Jeddah Tower:in rakennustyöt aloitettiin vuonna 2019, ja sen arvioitu valmistumisvuosi on 2021. Kyseisen pilvenpiirtäjän rakennuskustannuksiksi ilmoitettiin alkuun 860 miljoonaa euroa, mutta myöhemmin ilmoitettiin kustannuksien olevan lähempänä 20 miljardia euroa. Myös rakennuksen suunnittelussa on todettu ongelmia, sillä 169 kerroksesta jopa 85 tulisi olemaan tyhjiä, sillä ne eivät ahtauden takia soveltuisi asumiseen tai toimistotiloiksi.<sup>18,19</sup>

<sup>16</sup> Encyclopaedia Britannica – Skyscraper – Alkuperäisjulkaisu 1998 - <https://www.britannica.com/technology/skyscraper> - Viitattu 3.1.2020

<sup>17</sup> France24: Paris to allow high-rise buildings – 2008 - <https://www.france24.com/en/20080708-paris-allow-high-rise-buildings-paris-skyscrapers> - Viitattu 3.1.2020

<sup>18</sup> Patrick Sisson, Curbed 2018: 10 Tallest buildings under construction or in development around the world – <https://www.curbed.com/2017/2/21/14677494/tallest-buildings-under-construction-jeddah-tower> - Viitattu 3.1.2020

<sup>19</sup> Markus Heikkilä, Helsingin Sanomat 2015: Saudi-Arabiaan tulee kilometrin korkuinen pilvenpiirtäjä 2020 - <https://www.hs.fi/matka/art-2000002870754.html> - Viitattu 3.1.2020



Kuva 4. Vertailua eri maiden korkeiden rakennusten välillä. Kuvaan lisätty myös rakenteilla oleva Jeddah Tower.<sup>20</sup>

Yli kilometrin korkea rakennus olisi ensimmäinen luokassaan, mutta suunnittelupöydältä löytyy kuitenkin jo huomattavasti korkeampia rakennuksia. Japanissa on suunniteltu yli neljä kilometriä korkeaa rakennusta, jonka tämän hetkinen nimi on X-Seed 4000. Rakennuksen halkaisija maantasolla tulisi olemaan jopa kuusi kilometriä. Rakennuksesta ei ole kuitenkaan tehty vielä virallista päätöstä, joten sen tulevaisuus on vielä hyvinkin hämärän peitossa.<sup>21</sup>

<sup>20</sup> Markus Heikkilä, Helsingin Sanomat 2015: Saudi-Arabiaan tulee kilometrin korkuinen pilvenpiirtäjä 2020 - <https://www.hs.fi/matka/art-2000002870754.html> - Viitattu 3.1.2020

<sup>21</sup> Emporis Standards: X-Seed 4000 - <https://www.emporis.com/buildings/103142/x-seed-4000-tokyo-japan> - Viitattu 3.1.2020

Yhä korkeampien, haastavampien ja arkkitehtuurisesti näyttävämpien rakennusten rakentaminen mahdollistuu jatkuvasti. Uusien tekniikoiden ja ratkaisuiden kautta pystytään tekemään rakennuksien rungoista kestävämpiä ja jäykempiä, suurentamatta rakennuksien kerros pinta-alaa. Riittävällä jäykistyksillä, niin teräksen, raudoitusten, betonin kuin jälkijäykistyksien, kuten jännepunoksien, avulla saadaan tuulikuormat ja värähtelyt mitätöityä. Myös niin sanotun ydinkuilun rakentaminen edellä muuta vähentää rakennusrungon häiriöherkkyyttä. Teräsrunko, joka alun perin mahdollisti pilvenpiirtäjien rakentamisen, ei ole kuitenkaan ainoa ratkaisu, sillä esimerkiksi Euroopassa ja Aasiassa rakennetaan jatkuvasti korkeita rakennuksia täysin betonirungolla.<sup>22</sup>

Runkoratkaisujen lisäksi myös talotekniikka, kuten lämmitys ja ilmastointi, ovat kehittyneet niin paljon, että hyvä sisäilma ja luotettava lämmitys pystytään toteuttamaan mihin korkeuteen tahansa. Paloturvallisuuteen liittyvät tekniikat ovat myös kehittyneet huomattavasti. Esimerkiksi savunpoisto- ja sprinklerisysteemit sekä palosuojatut hissit ovat todettu turvallisiksi ratkaisuksi pilvenpiirtäjissä<sup>23</sup>. Myös julkisivurakenteet ovat kehittyneet, sillä yhä kevyemmällä ja nopeammin asennettavilla ratkaisuilla pystytään tuottamaan tarvittava tiiveys ja lämmöneristys.<sup>22</sup>

## 2.2 Korkea rakentaminen Suomessa

Korkea rakentaminen on Suomessa hyvin harvinaista ja pienimuotoista. Niin sanottuja tornitaloja, joissa on yli 12-kerrosta, on Suomessa kuitenkin jo monia. Nykypäivän tekniikoilla ja kalustolla 12-kerroksisia taloja pystytään kuitenkin rakentamaan hyvinkin tehokkaasti. Kun kuitenkin katsotaan yli 20-kerroksisia rakennuksia, löytyy niitä Suomesta ainoastaan yhdeksän. Näistä yhdeksästä ainoastaan kaksi on rakennettu ennen 2000-luvun vaihdetta, ensimmäisenä rakennettiin Helsingin Olympiastadionin torni (1938), joka ei ole asuin- tai toimistokelpoinen rakennus, joka on 24-kerroksinen ja 72 metriä korkea. Toisena rakennettiin Accountor Tower (1976) Espoon Keilaniemeen, joka tunnetaan paremmin Fortumin ja sitä ennen Nesteen pääkonttorina. Kyseinen rakennus on tänäkin päivänä Suomen korkein toimistorakennus, ja rakennuksesta löytyy 20-kerrosta,

<sup>22</sup> Encyclopaedia Britannica – Skyscraper – Alkuperäisjulkaisu 1998 - <https://www.britannica.com/technology/skyscraper> - Viitattu 3.1.2020

<sup>23</sup> Joonas Gustavsson, Tekniikanmaailma 2018: Uudet tornitalot ovat yli 100-metrisiä, mutta pelastuslaitoksen nosturit yltävät vain 67 metriin – Miten tornitalojen paloturvallisuus hoidetaan? - <https://tekniikanmaailma.fi/uudet-tornitalot-ovat-yli-100-metrisia-mutta-pelastuslaitoksen-nosturit-yltavat-vain-67-metriin-miten-tornitalojen-paloturvallisuus-hoidetaan/> - Viitattu 3.1.2020

ja kokonaiskorkeutta 83,6 metriä<sup>24</sup>. Suomen korkein rakennus ei toisaalta edes ole mitattu kerroksissa, sillä kyseessä on Tampereella sijaitseva Näsinneula, joka on 134,5 metriä korkea näköalatorni<sup>25</sup>.

Suunnitteilla Suomessa on kuitenkin jo huomattavasti korkeampia rakennuksia. Espoon Keilaniemeen on suunniteltu 32-36 kerroksisia pyöreitä pilvenpiirtäjiä yhteensä neljä<sup>26</sup>. Näiden lisäksi Pasilan uudistuvaan keskukseen on suunnitteilla yli 180 metrinen pilvenpiirtäjä, Trigoni (Kuva 5.), jonka alustava kerrosmäärä on 51. Trigonin lisäksi alueelle tulee muita pilvenpiirtäjiä, jotka kuitenkin jäävät Trigonia matalammaksi. Kyseisen pilvenpiirtäjän rakennustöiden olisi tarkoitus alkaa arviolta vuonna 2021.<sup>27</sup>



Kuva 5. Havainne kuva Pasilaan suunnitelluista pilvenpiirtäjistä.<sup>27</sup>

---

<sup>24</sup> Emporis Standards: Fortum (EBN 110277) - <https://www.emporis.com/buildings/110277/fortum-espoo-finland> - Viitattu 3.1.2020

<sup>25</sup> Särkänniemi: Näsinneula - <https://sarkanniemi.fi/muut/nasinneula/> - Viitattu 3.1.2020

<sup>26</sup> SRV Rakennus Oy: Espoon Keilaniemi - <https://www.srv.fi/asuminen/espoo-keilaniemi/> - Viitattu 3.1.2020

<sup>27</sup> YIT Oy: Trigoni, Helsinki High-rise - <https://www.yit.fi/trigoni> - Viitattu 3.1.2020

### 3 Aikataulusuunnittelun periaatteet

Rakennushankkeissa aikataulusuunnittelu toimii kaiken tuotannon toteutuksen peruspiilarina. Rakennushankkeiden aikataulutus alkaa jo hyvinkin varhaisessa vaiheessa, sillä yleisesti jo tarjousvaiheessa laaditaan alustavia aikatauluja kohteen toteutukselle. On selvää, että ympäri maailmaa rakentaminen on projektiluontoista, ja hyvä suunnittelu takaa yleisesti laadukkaan lopputuloksen. Aikataulusuunnittelu on keskeinen osa hankkeiden suunnittelua ja ohjaamista. Laadukkaalla aikataulusuunnittelulla varmistetaan, että projektille on selkeät linjaukset siitä, mitä, missä ja milloin pitää tapahtua. Aikataulusuunnittelulla varmistetaan myös aliurakoitsijoiden sitoutuminen hankkeen toteutukseen, sillä heidän on suostuttava jo tarjousvaiheessa toimimaan annettujen aikataulujen mukaisesti.<sup>28</sup>

Tyypillisiä aikatauluja rakennushankkeille on monia. Yleisesti ensimmäisenä rakennushankkeeseen ryhdyttäessä rakennuttaja laatii hankeaikataulun, joka määrittelee hankkeen suunnittelun, tarjoukset, tuotannon sekä luovutuksen. Hankeaikataulun pohjalta rakennuttaja laatii suunnitteluajataulun suunnittelijoille, sekä hankinta-ajataulun pääurakoitsijan hankinnalle. Tarjousvaiheeseen rakennuttaja laatii myös alustavan yleisaikataulun, jota valittu pääurakoitsija tarkentaa ennen hankkeeseen ryhtymistä. Pääurakoitsija laatii ennen rakentamista myös oman hankinta-ajataulun, sekä mahdollisesti ensimmäiset työvaiheajataulut. Kun rakentaminen alkaa, tehdään projektille tarkennettu yleisaikataulu, loput työvaiheajataulut (runkoajataulu, sisävalmistusaikataulu, viimeistelyajataulu), viikkoajataulut, sekä erilliset kohdekohtaiset ajataulut.<sup>29</sup>

Aikataulutyyppejä on myös monia erilaisia. Yleisesti rakennushankkeissa käytössä ovat jana-ajataulut, vinoviiva-ajataulut, vinjettiaikataulut ja lukujärjestykset. Jana-ajataulu (Taulukko 1.) on perinteinen ajataulumuoto, missä ajataulu etenee kronologisesti sivuttaissuunnassa, ja vaakarivillä on erilaiset työvaiheet tai tehtävät, joiden kohdalla olevat janat on sijoitettu oikeaan ajanjaksoon. Jana-ajataulu on erittäin selkeä ja tehokas ajataulutyyppi, jos sijainteja ei ole monia tai jos sijainti ei ole olennainen asia ajataululle. Hyviä käyttötarkoituksia jana-ajataululle ovat esimerkiksi yksittäisen sijainnin työvaiheajataulut (Vesikattoaikataulu, malliasunnon ajataulu).<sup>30</sup>

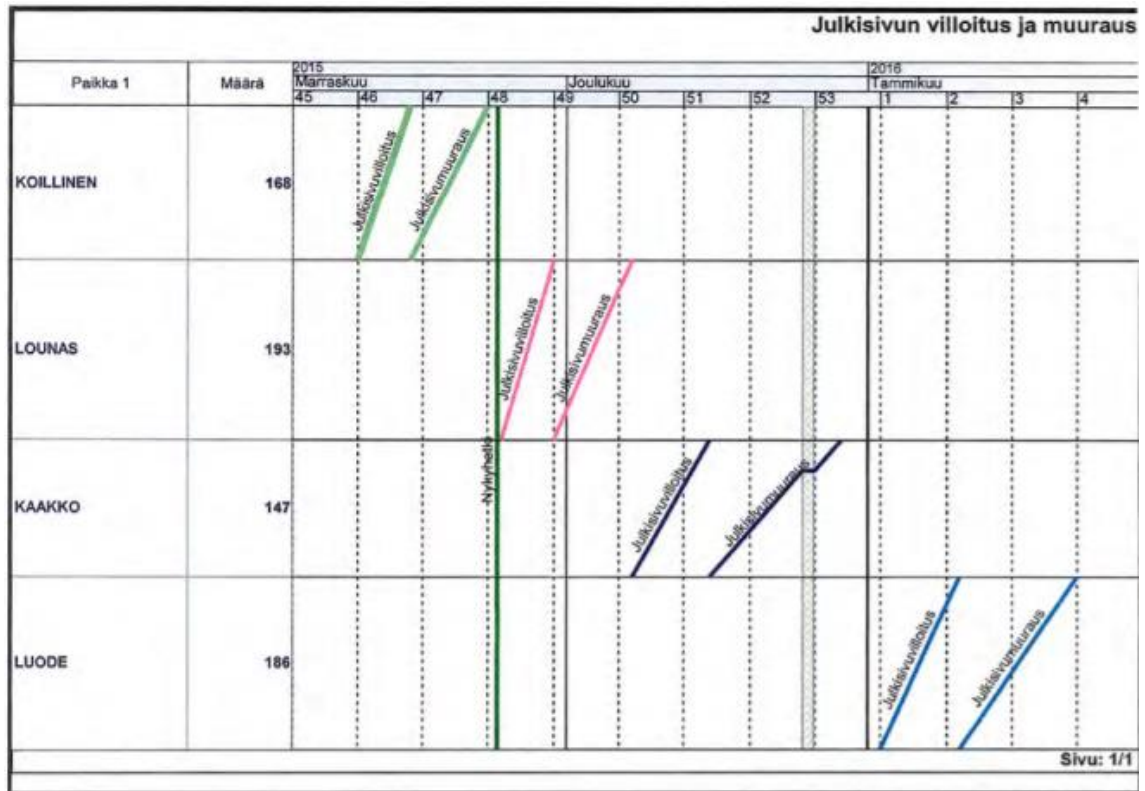
<sup>28</sup> Rakennustieto 2017: Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus s.6-17 – Viitattu 3.3.2020

<sup>29</sup> Rakennustieto 2017: Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus s.40-61 – Viitattu 3.3.2020

<sup>30</sup> Rakennustieto 2017: Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus s.21-39 – Viitattu 3.3.2020







Taulukko 2. Havainnoiva vinoviiva-aikataulu.<sup>33</sup>

Vinjetiaikataulu tai valvontavinjetti (Taulukko 3.) on tehokas työkalu työn toteutumien jatkuvaan valvontaan. Vinjetiaikataulu poikkeaa tavallisista jana- ja vinoviiva-aikatauluista siten, että vinjetin rakenne on yleisesti ruudukko. Työtehtävät pysty- tai vaakasarakkeilla ja sijainti toisella sarakkeella. Vinjetissä työvaiheen alkamis- ja loppumisajankohdat on merkattu ruudukon sisälle, jolloin sitä on mahdollista seurata. Vinjetiaikatauluille on tyypillistä, että työvaiheen tilanne merkataan ruutuun. Jos työvaihe on myöhässä, saatetaan se merkata punaisella viivalla. Kun työvaihe taas on valmis kyseisellä sijainnilla, vedetään ruudun yli rasti. Tämä auttaa aikatauluseurannassa huomattavasti, ja sen avulla pystytään valvomaan helposti sitä, mikä tai mitkä työvaiheet ovat mahdollisesti myöhässä. Vinjetiaikataulua käytetään usein sellaisissa työvaiheissa, missä erilai-

<sup>33</sup> Rakennusteollisuus 2015: Laadukasta rakentamista s.13 – Viitattu 3.3.2020

sia töitä tapahtuu useita tiheällä tahdilla samassa sijainnissa. Hyvänä esimerkkinä voidaan pitää rakennushankkeen levyväliseinätyötä, missä mukana on levyseinätyön lisäksi talotekniikkaa.<sup>34</sup>

Tehtävä	Kerros ja B-porras					
	A1	A2	A3	B1	B2	B3
Kiviväliseinät	5	5	7	7	12	12
	6	7	7	11	12	12
Betonipintojen jälkityö	10	10	11	12	13	13
	11	11	12	12	13	14
Levyväliseinät ja -katot	11	11	12	14	16	17
	11	12	13	15	17	17
Lattiaaatoitus	14	14	13	18	17	17
	14	14	14	18	18	17
Tasoitetyöt	17	16	14	21	20	18
	18	17	16	23	21	20

ei ajankohtainen

ajallaan

etujasssa

jäljessä

työtä ei aloitettu

työstä tehty 50 %

työ valmis

Taulukko 3. Havainnoiva vinjettiaikataulu.<sup>34</sup>

Lukujärjestykset, toiselta nimeltään viikkoaikataulut (Taulukko 4.), ovat keskeinen osa työmaan tuotannosuunnittelua. Viikkoaikataulun ideana on, että työmaan toimihenkilöt suunnittelevat aliurakoitsijoiden kanssa yhteistyössä jokaisen päivän osalle työtehtävät, sijainnin ja mahdollisesti resurssimäärät. Viikkoaikataulut varmistavat päivittäisellä tasolla työn etenemisen halutusti, jolloin sitä on myös helpompi seurata ja valvoa. Viikkoaikatauluja voi tehdä erikseen eri työvaiheiden osalta tai ne voivat olla yhdistettynä yhdeksi isoksi työmaan viikkoaikatauluksi. Viikkoaikatauluihin voidaan myös kirjata, onko työvaihe edellä aikataulua, ajallaan tai myöhässä. Viikkoaikataulu on myös hyvä tapa jakaa tietoa kaikille projektin osapuolille, sillä sinne kirjattavilla tapahtumilla voi olla myös vaikutusta koko työmaahan (esimerkiksi planovalut, joiden aikana kokonainen kerros

<sup>34</sup> Rakennustieto 2017: Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus s.21-39 – Viitattu 3.3.2020

voi olla poissa käytöstä). Viikkoaikataulut laitetaan yleisesti jakeluun koko työmaaorganisaatiolle ja aliurakoitsijoille. Viikkoaikataulut tehdään yleensä joka viikko, kaksi tai kolme viikkoa eteenpäin.<sup>35</sup>

VIIKKOAIKATAULU														
Tehtävä	Tekijä	Vahvuus	vko 43					vko 44					vko 45	
			MA	TI	KE	TO	PE	MA	TI	KE	TO	PE	MA	TI
<b>C LOHKO</b>														
Anturat, laudoitus	Alpo aliurakoitsija	2												
Routasuojaus, asennus	GM-yritys	1												
Anturat, raudoitus	MaiKa	3												
Anturat, valu ja tartunnat	Alpo aliurakoitsija	3												
Purku ja siivous	Alpo aliurakoitsija	1												
Täytöt	Maa-aliurakoitsija	kone												
VS-nostojen laudoitus	Alpo aliurakoitsija	2												

Taulukko 4. Havainnoiva viikkoaikataulu.<sup>36</sup>

### 3.1 Pilvenpiirtäjien aikataulusuunnittelu

Korkeaa rakentamista on tehty pitkään, ja aikataulullisesti pilvenpiirtäjien valmistuminen on nopeutunut huomattavasti. Tämä ei kuitenkaan päde kaikkialla, sillä esimerkiksi jo aiemmin mainittu Empire State Building rakennettiin alle kahdessa vuodessa. Hyvänä vertauksena tähän toimii juurikin Redin pilvenpiirtäjät, jotka ovat lähes kolme kertaa matalampia, mutta aikataulut ovat kuitenkin suurin piirtein yhtä pitkiä. Tähän vaikuttaa monet rakenteelliset tekijät, kuten rungon teräsrakenteiden määrä. Teräsrunkoisen rakennuksen runkovaihe on huomattavasti betonirunkoa nopeampi toteuttaa. Suurimmassa osassa Euroopan valtioista teräsrunkoiset pilvenpiirtäjät ovat kuitenkin kiellettyjä, sillä ne eivät täytä kaikkia vaatimuksia ja määräyksiä, mitä rakennuksille asetetaan. Euroopassa halutaan myös estää jatkuva sortuma, jonka takia teräsrunko ei ole mahdollinen ratkaisu, kun taas betonirunko on paras vaihtoehto.<sup>37</sup>

<sup>35</sup> Rakennustieto 2017: Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus s.21-39 – Viitattu 3.3.2020

<sup>36</sup> Rakennustieto 2017: Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus s.60 – Viitattu 5.3.2020

<sup>37</sup> Encyclopaedia Britannica – Skyscraper – Alkuperäisjulkaisu 1998 - <https://www.britannica.com/technology/skyscraper> - Viitattu 3.1.2020

## Työturvallisuuden vaikutus aikataulutehokkuuteen

Toinen suuri tekijä siihen, miksi esimerkiksi Venäjällä ja Aasiassa yleisesti korkeita rakennuksia saadaan valmistettua huomattavasti nopeammin, on se, että ihmisoikeudet ja arvot eivät ole samalla tasolla kuin esimerkiksi Euroopassa. Työvuorot voivat venyä jopa 16 tunnin pituisiksi, työntekijät saattavat asua työmaan läheisyydessä väliaikaisissa yöpymiseen tarkoitetuissa rakennelmissa ja työvoimaa on yleisesti enemmän tarjolla, pienemmällä palkalla. Työntekijöiden terveydestä, vakuutuksista tai taustatiedoista ei ole minkään näköisiä vaatimuksia, eikä työhyvinvointia valvota samalla tavalla kuin Euroopassa.<sup>38</sup>

Välinpitämättömyys työturvallisuudesta ja tiukat aikataulupaineet suurissa rakennusprojekteissa näkyvät myös tapaturmissa ja kuolonuhrien lukumäärissä. Suomessa tapaturmia valvotaan hyvinkin tarkasti, esimerkiksi Rakennusteollisuuden tekemässä tapaturmakyselyssä selvisi, että Suomessa rakennustyömailla tapahtui vuonna 2018 yhteensä 1 098 tapaturmaa, joista 89 olivat vakavia. Työtunteja työmailla tehtiin yhteensä 53 miljoonaa. Keskimääräinen tapaturmataajuus oli noin 20,6 tapaturmaa per miljoona työtuntia.<sup>39</sup>

Vastakohtana Suomen lukemiin voidaan tutkia Yhdistyneitä arabiemiirikuntia, jossa Safety Median tekemän tutkimuksen mukaan noin 70 % rakennusyrityksissä ymmärrys työturvallisuuden osalta on vajavaista ja 70 % työntekijöistä ei ole mahdollisuutta ilmoittaa työtapaturmista. Vaikkakin rakentaminen on tehokkaampaa ympäri maailmaa, on se työturvallisuuden osalta kuitenkin huomattavasti vajavaisempaa kuin esimerkiksi Euroopassa, erityisesti Suomessa.<sup>40</sup>

## Erikoisaikataulut pilvenpiirtäjähankkeissa

Rakentaessa korkeita rakennuksia, missä kerroksia on monia ja toistoa paljon, täytyy aikataulutuksessa ottaa huomioon erityisiä asioita, mitä ei välttämättä ajatella yhtä tarkasti tavallisempien matalien rakennuksien aikataulusuunnittelussa. Suurena vaikuttajana korkea rakentamisen aikataulutuksessa on työntekijöiden liikkuminen työmaalla.

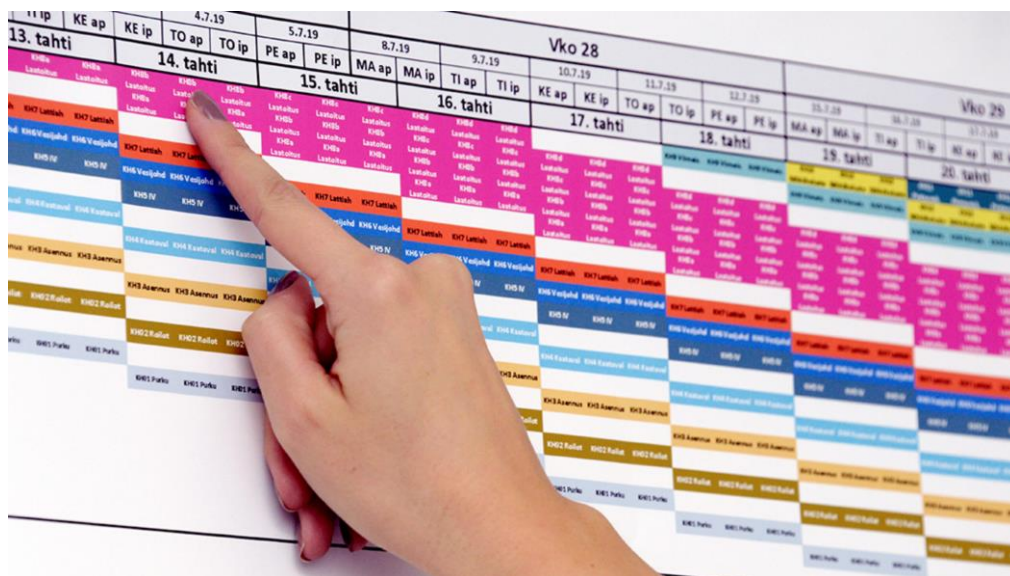
<sup>38</sup> Yrjö Kokkonen, Yle Suomi 2013: Orjat rakentavat jalkapallon MM-kisojen stadioneita - <https://yle.fi/uutiset/3-6850869> - Viitattu 5.1.2020

<sup>39</sup> Rakennusteollisuus 2019: Tapaturmakyselyt ja tulokset - <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Tyoturvallisuus/Tyoturvallisuuskysely-ja-tulokset/> - Viitattu 5.1.2020

<sup>40</sup> Jeremie Witt & Antonia Birt, Iosh 2014: Middle East Annual Conference – Viitattu 5.1.2020

Hissejä on käytössä rajoitetusti, ja mitä korkeammalla ollaan, sitä enemmän työntekijöitä työmaalla on. Aikataulutuksessa on siis pureuduttava huomattavasti tarkemmin päivätasolle tai jopa tuntitasolle, varsinkin kun puhutaan töiden ja työntekijöiden tahdittamisesta.

Tavallisten yleis-, työvaihe- ja viikkoaikataulujen lisäksi korkean rakentamisen kohteissa käytetään yleisesti tahtiaikataulua (Kuva 6.). Tahtiaikataulu tarkentaa tavanomaisen paikka-aika-kaavion pienempiin lohkoihin, sekä tahdittaa työn jopa päivätasolle. Käytännössä tahtiaikataulu on vinjetiaikataulun ja vinoviiva-aikataulun sekoitus, jonka avulla työvaiheita pystytään valvomaan hyvinkin tarkasti niin sijainnin kuin ajankohdan osalta. Tahtiaikatauluja käytetään korkean rakentamisen lisäksi myös muissa suurissa hankkeissa, missä sijainteja on monia ja aikataulu on tiukka. Tahtiaikataulua voidaan valvoa työmailla päivittäin urakoitsijoiden kanssa, jolloin toteutumaa ja aikatauluongelmia pystytään kontrolloimaan tehokkaasti, ja niihin pystytään puuttua heti.<sup>41</sup>



Kuva 6. Havainnoiva kuva tahtiaikataulusta. Työtehtävien valmistuttua, merkataan ne valmiiksi aikatauluun vinjetiaikataulun periaatteella.<sup>42</sup>

Korkeissa rakennuksissa, missä kerroksia on monia ja missä kerrokset ovat suurimmalta osaa hyvinkin samanlaisia, käytetään myös niin sanottuja modulimitoitettuja aikatauluja, jotka ovat kerroskohtaisia. Kyseisissä aikatauluissa on erikseen huomioitu eroavai-

<sup>41</sup> Liite 7. – Redin Loiston tahtiaikataulu, 2019 – Viitattu 5.1.2020

<sup>42</sup> Sari Gustafsson, Rakennuslehti 2018: Hoasin tahtiaikataulutuksessa yksi asunto korjataan 25 päivässä - <https://www.rakennuslehti.fi/2018/12/hoasin-tahtiaikataulutuksessa-yksi-asunto-korjataan-25-paivassa/> - Viitattu 5.1.2020

suudet edellisiin kerroksiin, jonka pohjalta aikataulu on muokattu kerroskohtaiseksi. Tämän tyylinen aikataulutusta voi toimia hyvinkin tehokkaasti, sillä jo aikataulun laatimisessa pystytään havaitsemaan mahdollisia riskikohtia, joiden takia aikatauluihin saattaa tulla viivästyksiä. Tämän lisäksi ympäri maailmaa käytetään myös pitkissä rakennusprojekteissa aikatauluja, joissa otetaan huomioon työvaihetta tekevän työryhmän vakiintuminen ja henkilöiden yhteistyön kehittyminen. Tällaisella aikatauluajattelulla pystytään työtahtia nopeuttamaan loppua kohden. Työryhmään mukautuva aikataulutusta myös vaatii työvaiheen toteuttavalta urakoitsijalta sitä, että heiltä löytyy työntekijöitä, jotka eivät vaihdu työvaiheen aikana.<sup>43,44</sup>

Opinnäytetyössä tutkittavissa Redin Majakan ja Loiston rakennusprojekteissa käytettiin ja käytetään pääsääntöisesti tavallisia yleis-, työvaihe- ja viikkoaikatauluja sekä tahtiaikatauluja sisätyövaiheessa, jossa kerros on jaettu kahteen lohkokon ja viikkotasolle<sup>45,46,47</sup>. Viikkoaikatauluja tehdään kahden viikon tarkkuudella niin työvaiheissa kuin työntekijöiden tehtävissä. Redin Loistossa on myös käytössä viikoittainen logistiikka-aikataulu (Taulukko 5.), jonka mukaan materiaalien nostot ja haalaukset toteutetaan tuntikohtaisesti<sup>48</sup>.

---

<sup>43</sup> Arthur W T Leung 2003, City University of Hong Kong: Scheduling for high-rise building construction using simulation techniques - <http://itc.scix.net/pdfs/w78-2003-186.content.pdf> - Viitattu 5.1.2020

<sup>44</sup> Tarek Hegazy 2008, University of Waterloo: Efficient Repetitive Scheduling for High-Rise Construction - [https://www.researchgate.net/publication/245283784\\_Efficient\\_Repetitive\\_Scheduling\\_for\\_High-Rise\\_Construction](https://www.researchgate.net/publication/245283784_Efficient_Repetitive_Scheduling_for_High-Rise_Construction) - Viitattu 5.1.2020

<sup>45</sup> Liite 8. – Redin Loiston yleisaikataulu 2018 – Viitattu 5.1.2020

<sup>46</sup> Liite 9. – Redin Loiston viikkoaikataulu 2019 – Viitattu 5.1.2020

<sup>47</sup> Liite 7. – Redin Loiston tahtiaikataulu 2019 – Viitattu 5.1.2020

<sup>48</sup> Carina Four, SRV Rakennus Oy, Jan Lund ja Oskari Luotamo: Logistiikka-aikataulu viikko 47, 2019 – Viitattu 12.3.2020

SRV Loisto rakennuslogistiikka									
Vuosi									
2019									
Viikko									
47	Materiaalit	Toimitus työmaalle	Määrä	Kerros/huone	Millä	Haalajat	Työaika	Suoritettu	%
<b>Maanantai</b>									
<b>18.11.2019</b>	<b>Toimitukset Keskolta</b>								
	Seinätaasoitteet	11:30	1 lava	11 krs	Hissi	4 hlö	12:30-21:00		
	Kiinnityslaasti	11:30	1 lava	11 krs	Hissi				
	Lattiatasoitteet	11:30	1 lava	11 krs	Hissi				
	Vedeneriste	11:30	1 lava	11 krs	Hissi				
	Primeri	11:30	1 lava	11 krs	Hissi				
	Kiillon laasti	11:30	1 lava	12 krs	Hissi				
	Sähkökamat	11:30	x lavaa	13 krs	Hissi				
	Kiskot	11:30	X lavaa	7 krs	Hissi				
	12mm vaneri	11:30	15kpl	8 krs	Hissi				
	39x66 Kertopuu	11:30	100kpl	8 krs	Hissi				
	Kipsilevy 3000mm	14:00	2 nippua	16 krs	Nosturi				
	Kipsilevy 2600mm	14:00	1 nippu	17 krs	Nosturi				
	IV-kamat	14:00	10 lavaa	17 krs	Nosturi				
	<b>Muut hommat:</b>								
	L-teräsket	Sillan alta	x kpl	9 - 17 krs	Hissi	4 hlö	12:30-21:00		
	66 Seinäranka	Sillan alta	20 nippua	8 krs	Hissi				
	66 korkea alajuoksu	Sillan alta	5 nippua	8 krs	Hissi				
	66 matala yläjuoksu	Sillan alta	5 nippua	8 krs	Hissi				
	Kattoranka (GK) (4000mm)	Sillan alta	20 nippua	7 krs	Hissi				
	12x85x35 Z-pelti	Sillan alta	1 nippua	8 krs	Hissi				
	Kerrostien tyhjennystä			5 krs - 15 krs	Hissi	2 hlö	7:00 - 15:30		
<b>Tiistai</b>									
<b>19.11.2019</b>	<b>Toimitukset Keskolta</b>								
	IV-koneet	11:30	6 kpl	4 krs	Hissi / Nosturi	4 hlö	12:30-21:00		
	Kipsilevy 3000mm	11:30	3 nippua	17 krs	Nosturi				
	Kipsilevy 3000mm	11:30	2 nippua	18 krs	Nosturi				
	Alumiinikiskot Scan-Mikael	11:30	1 nippu	7 krs	Hissi				
	jt-kaapit	11:30	1 nippu	7 krs	Hissi				
	<b>Muut hommat:</b>								
	Telineosat 5 krs		5 nippua	Sillan alle	Hissi / Nosturi				
	Kerrostien tyhjennystä			5 krs - 15 krs	Hissi	2 hlö	7:00 - 15:30		
<b>Keskiviikko</b>									
<b>20.11.2019</b>	<b>Toimitukset Keskolta</b>								
	Kipsilevy 3000mm	14:00	3 nippua	18 krs	Nosturi	4 hlö	12:30-21:00		
	Kipsilevy 2600mm	14:00	1 nippu	18 krs	Nosturi				
	<b>Muut hommat:</b>								
	Laatat	9:00	11 lavaa	11 krs (ehkä 12 krs)	Hissi				
	Kerrostien tyhjennystä					2 hlö	7:00 - 15:30		
	Haalautaso			17 krs -> 19 krs	Nosturi				
	Vanerit + 2X4			18 krs	Nosturi				
	Vanerit + 2X4			19 krs	Nosturi				
	Telineosat		1,5 häkkiä	18 krs	Nosturi				
<b>Torstai</b>									
<b>21.11.2019</b>	<b>Toimitukset Keskolta</b>								
	<b>Muut hommat:</b>								
	Kerrostien tyhjennystä			5 krs - 15 krs	Hissi	4 hlö	7:00 - 15:30		
<b>Perjantai</b>									
<b>22.11.2019</b>	<b>Toimitukset Keskolta</b>								
	<b>Muut hommat:</b>								
	Kerrostien tyhjennystä			5 krs - 15 krs	Hissi	4 hlö	7:00 - 15:30		

Taulukko 5. Redin Loiston logistiikka-aikataulu tehdään aina viikko kerrallaan. <sup>49</sup><sup>49</sup> Carina Four, SRV Rakennus Oy, Jan Lund ja Oskari Luotamo: Logistiikka-aikataulu viikko 47, 2019 – Viitattu 12.3.2020



## 4 Redin pilvenpiirtäjien aikataulutus

Tässä kappaleessa käydään läpi suurimmat työvaiheet tutkittavissa kohteissa. Jokaisen työvaiheen osalta käydään läpi aikataulutoteutumien ongelmakohdat ja ratkaisut sekä käsitellään työvaiheen logistiikkaa. Tutkimustyötä tutkittavat kohteen aikataulutoteutuksesta on tehty haastatteluilla, suunnitelmien ja aikataulujen tutkimuksella sekä seuraamalla työntekijöiden liikkumista ja työtehoa kohteissa.

### 4.1 Redin pilvenpiirtäjien ominaispiirteet

Näsinneulaa vain puoli metriä matalampi, Suomen korkein asuinrakennus, on vastavalmistunut Redin Majakka (Kuva 7.), joka sijaitsee Helsingin Kalasatamassa. Majakassa on yhteensä 35 kerrosta, joista 29 kerroksessa on asuntoja. Rakennus sijaitsee kauppakeskus Redin yläpuolella, jonka takia alimmat neljä kerrosta ovat kauppakeskuksen käytössä. Myös kerrokset 5 ja 33 ovat yleisiä tiloja, joista löytyy muun muassa saunatilat, kattoterassi, juhlatiloja, kuntosali ja pyörien huoltotila. Majakassa on yhteensä 283 asuntoa.<sup>50</sup>



Kuva 7. Kuvassa takana vasta valmistunut Redin Majakka, ja etuosassa rakennusvaiheessa oleva Redin Loisto.<sup>51</sup>

<sup>50</sup> SRV Rakennus Oy 2020: Muuttovalmis REDIn Majakka - <https://www.srv.fi/asuminen/helsingin-redin-majakka/> - Viitattu 4.2.2020

<sup>51</sup> Helsingin Sanomat, Valtteri Parikka 2019: Suomen korkein tornitalo on valmis: Ensimmäiset asukkaat muuttavat Kalasataman Majakkaan tänään - <https://www.hs.fi/kaupunki/art-2000006319892.html> - Viitattu 4.2.2020

Majakan lisäksi Redi-kokonaisuuteen on valmistumassa vielä seitsemän tornitaloa, joista korkein tulee olemaan Redin Kapteeni, jonka suunniteltu kerrosten määrä on 37. Tällä hetkellä rakennusvaiheessa Redissä on Loisto (Kuva 8.), 32-kerroksinen asuinkäyttöön tarkoitettu pilvenpiirtäjä, sekä alkamassa on Kompassi, joka tulee myös asuinkäyttöön<sup>52</sup>. Ainoastaan yksi kahdeksasta pilvenpiirtäjästä on suunniteltu olemaan hotelli- ja toimistokäytössä, loput seitsemän asuinrakennuksia.

Redin ensimmäisen pilvenpiirtäjän Majakan rakennusvaihe ei kuitenkaan mennyt kaikin puolin onnistuneesti. Monien aikatauluongelmien, joita työssä tutkitaan myöhemmin tarkemmin, Majakka koki valtavan vesivahingon helmikuussa 2019. Vesivahinko aiheutti suuria vahinkoja yli 50 asuntoon, joissa jouduttiin muun muassa purkamaan kipsilevyseinä, piikkaamaan lämpölattioita auki sekä uusimaan kalusteita. Vesivahinko aiheutti merkittäviä ylimääräisiä kustannuksia sekä pitkitti rakennuksen luovutusta asukkaille. Vesivahingon syynä oli 32 mm paksu työmaan vesilinja, joka oli jäänyt päälle yöksi, jonka seurauksena liitoskohta hajosi. Vettä pääsi valumaan vesijohdosta arviolta kuuden tunnin ajan. Kaikki Majakan vesivahingosta aiheutuneet vahingot saatiin kuitenkin korjattua, ja asukkaat pääsivät muuttamaan rakennukseen porrastetusti alkaen 25.11.2019. Yhteensä porrastetut muutot kestivät neljä viikkoa.<sup>53,54</sup>

#### 4.2 Runkotyön aikataulutus

Runkovaiheen aikataulujen, aikataulutoteutumien ja mahdollisten ratkaisuiden tutkimus tapahtui haastatteleamalla Redin Loiston runkotyönjohtajaa Miira Lehtoa (SRV Rakennus Oy), sekä Majakan ja Loiston osalta toimineen runkotyön urakoitsijan työnjohtajaa Andrei Tsinnonjoita (Rakennustoimisto Kontek Oy). Tutkimuksessa käytettiin myös lähteinä Loiston runkoaikataulua, viikkoaikatauluja sekä seurattiin tuulipäivien määriä ja niiden vaikutusta. Työn liitteenä (Liite 1) on tiivistetty taulukko runkotyövaiheen aikataulutoteutumien tehostamisesta.

---

<sup>52</sup> SRV Rakennus Oy 2020: Helsingin REDIn Loisto nyt myynnissä - <https://www.srv.fi/asuminen/helsingin-redin-loisto/> - Viitattu 4.2.2020

<sup>53</sup> SRV Rakennus Oy 2020: Muuttovalmis REDIn Majakka - <https://www.srv.fi/asuminen/helsingin-redin-majakka/> - Viitattu 4.2.2020

<sup>54</sup> Rakennuslehti, Johanna Aatsalo 2019: Kaksi virhettä aiheutti Kalasataman tornitalon miljoonavahingon - <https://www.rakennuslehti.fi/2019/06/kaksi-virhetta-aiheutti-kalasataman-tornitalon-miljoonavahingon/> - Viitattu 4.2.2020

Redin Majakka ja Loisto ovat hyvin saman tyyppisiä runkovaiheen osalta. Molemmissa runko koostuu kantavista paikalla valetuista seinistä, elementtiseinistä sekä paikalla valetuista holveista. Muun rungon edellä kulkee ydinkuilu, joka pitää sisällään porrassyökyä, porrashuoneen ja hissikuilun. Molemmissa kohteissa käytettiin Perin sääsuojaseinää, sekä osittain itsestään nousevaa muottijärjestelmää. Betonivalut tehtiin myös molemmissa kohteissa käyttämällä korotettavaa pumppulinjaa, jonka yläpäässä on jakelu-  
puomi ja alapäässä maan tasolla pumppuasema.

Redin Loistossa on kuitenkin käytetty muutamia uusia tapoja ja ratkaisuja runkotyön tehostamiseksi. Suurimpana eroavaisuutena on se, että Loistossa on kaksi torninosturia, yksi rakennuksen ulkopuolella ja toinen hissikuilussa. Molemmat nosturit ovat myös Suomen ensimmäiset puristepuomi nosturit. Puristepuomilla varustettu nosturi eroaa tavallisesta nosturista siten, että sen vaakapuomi pystyy liikkumaan myös pystysuunnassa. Tämä mahdollistaa nosturien sijoittamisen lähelle toisiaan, sillä ne pystyvät väistämään toisiaan nostamalla vaakapuomia ylöspäin. Loistossa myös rungon valmistumisen kierto on jaettu neljään lohkokolmeen sijasta. Tämä mahdollisti runkotyön aikataulutuksen erilaisella tahdilla, eikä suurilla aikatauluihin vaikuttavia riskejä ole yhtä paljoa.

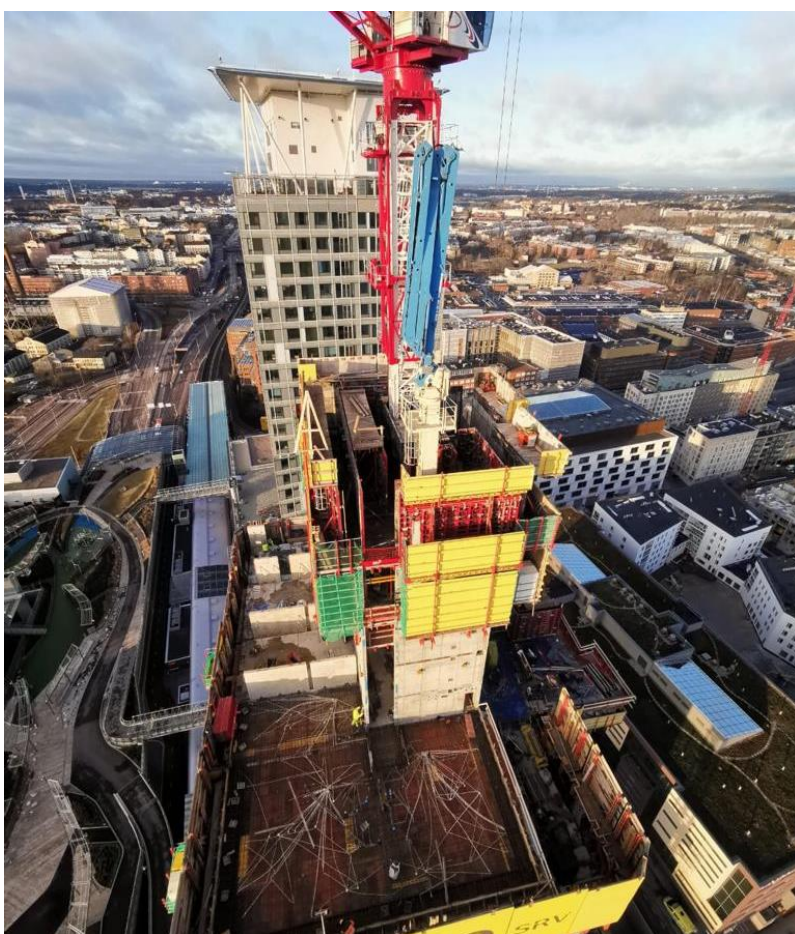
Loiston osalta yhä käynnissä oleva runkotyövaihe on täysin aikataulussa vielä rungon ohitettua rakennuksen nicksahduskohta, joka on teoriassa viimeinen suuri muutos runkotyössä. Täten voidaan olettaa, että Redin Loiston runkotyövaihe tulee valmistumaan aikataulussa. Majakassa runkotyö viivästy noin kahdella kuukaudella.

### **Ongelmat aikataulutoteutumien osalta**

Korkean rakentamisen runkovaiheessa on paljon erilaisia tekijöitä jotka voivat aiheuttaa merkittäviä viivästymisiä aikatauluihin nähden. Yksi suurimmista aikataulutoteutumiin vaikuttavista tekijöistä korkean rakentamisen runkovaiheessa on tuuli. Liian kova tuuli estää nosturien käytön nostoihin. Se, miten kovaa saa tuulla riippuu siitä mitä nostetaan. Yleisrajana nosturin käytölle on 20m/s tuuli nosturin korin korkeudessa, kun taas esimerkiksi betonielementtejä saa nostaa ainoastaan 15m/s tuulirajaan asti. Keskiarvolta tuulipäiviä, jotka ovat estäneet nosturien käytön, on ollut Majakan ja Loiston työmaiden osalta vuodessa 14. Yli 20m/s tuuli estää myös pumppulinjan jakelupuomin käytön, jolloin myös

valaminen on mahdotonta, sillä ilman pumppulinjaa voidaan valaa jassikalla, joka täytyisi tehdä nosturilla.<sup>55</sup>

Pilvenpiirtäjäkohteissa ympäri maailmaa käytetään sääsuojaseiniä holvin ympärillä, joka mahdollistaa työskentelyn huonoissakin sääolosuhteissa. Jos sääsuojaseinän asennus viivästyy, vaikuttaa se huomattavasti työtehoon runkovaiheessa. Sääolosuhteiden lisäksi myös työmaa-aikaiset vesi-, betoni- ja sähkölinjat voivat pettää, jolloin työskentely rungon osalta pysähtyy lähes kokonaan. Betoninlinjan (Kuva 8.) osalta on myös oltava erittäin tarkkana siitä, ettei betonia jää jumiin pumppulinjaan. Betonin kovettuessa pumppulinjan sisään, aiheuttaa se suuren vaaran betoninlinjan hajoamiselle seuraavassa valussa.<sup>55</sup>



Kuva 8. Redin Loiston betoninlinjan jakelupuomi. Jakelupuomia nostetaan ylöspäin holvin edessä.<sup>56</sup>

<sup>55</sup> Haastattelu: Miira Lehto (SRV Rakennus Oy), Andrei Tsinnonjoi (Rakennustoimisto Kontek Oy) – Viitattu 5.3.2020

<sup>56</sup> Valokuva: Kristjan Toomemaa, Trenox Oy – Viitattu 12.3.2020

Nosturien toimivuus on kriittisin tekijä rungon aikataulutoteutumien osalta. Pilvenpiirtäjäkohteissa nosturit eivät pysty kannattelemaan itseään korkeuden takia, minkä vuoksi ne täytyy kiinnittää haruspalkkeilla (Kuva 9.) rakennuksen runkoon. Harustamisessa on mahdollisuudet epäonnistumiselle, sillä haruspalkkien mitoitus on haastavaa, ja pelivaraa on hyvin vähän. Samalla myös nosturien tunkkaus ylöspäin voi viedä aikaa. Molemmat tekijät vaikuttavat erittäin paljon rungon aikataulutoteutumiin, jonka takia niiden suunnittelu on erittäin olennaista. Myös itse nostot nostureilla vievät enemmän aikaa, kun matalammissa kohteissa, jonka ajallinen merkitys voi olla pitkän kohteen aikana huomattava.<sup>57</sup>



Kuva 9. Redin Loiston ulkonosturin harukset täytyy olla asennettuna viiden kerroksen välein. Harukset kiinnitetään teräspilareihin, jotka on liitetty runkoon holvivalujen yhteydessä.<sup>58</sup>

<sup>57</sup> Haastattelu: Miira Lehto (SRV Rakennus Oy), Andrei Tsinonjoi (Rakennustoimisto Kontek Oy) – Viitattu 5.3.2020

<sup>58</sup> Valokuva: Miira Lehto, SRV Rakennus Oy – Viitattu 12.3.2020

Korkealla rakentaessa myös siirtymät ovat pidempiä. Työmaa-aikainen hissi on välttämättömyys runkotöiden etenemiselle, sillä työntekijöiden pääseminen holville olisi lähes mahdotonta ilman hissiä. Liikkuminen hisseillä vie kuitenkin aikaa, erityisesti silloin, kun alemmissa kerroksissa on menossa monia työvaiheita, joiden tekijät käyttävät myös hissiä. Hissit eivät myöskään ikinä pääse holvin tasolle, jonka takia ylimääräistä kävelyä syntyy väkisin runkotyöntekijöille. Siirtyminen tauoille ja vessaan voivat viedä huomattavasti pidemmän ajan, kun matalammissa kohteissa. Siirtymiin kuluva aika vaikuttaa myös työntekijöiden taukoihin, jonka takia työntekijät lähtevät helposti normaalia aikaisemmin siirtymään taukotiiloihin kuin normaalisti.<sup>59</sup>

### **Ratkaisuja aikataulutoteutumien tehostamiseen**

Runkotyövaiheessa pienilläkin epäonnistumisilla on suuri vaikutus aikatauluun, sillä lähestulkoon kaikki työvaiheen asiat riippuvat samoista asioista. Tuulipäivät ovat suuri tekijä, johon ihminen ei voi vaikuttaa. Se, mihin työmaalla voidaan vaikuttaa, on sääennusteiden tutkiminen etukäteen, ja tätä kautta työn suunnittelu ennusteiden perusteella. Kun tehdään työnsuunnittelua työmaalla, täytyy välttää tärkeiden nostojen ja valujen sopimista päiville, milloin on luvattu normaalia kovempia tuulia. Pelkät sääennusteet eivät kuitenkaan kerro totuutta, sillä yli sadan metrin korkeudessa tuulivoimat ovat huomattavasti maantasa voimakkaampia. Tämän takia tuulikarttojen, mitkä osaavat näyttää tuulivoimia eri korkeusasteissa, seuraaminen on olennaista.

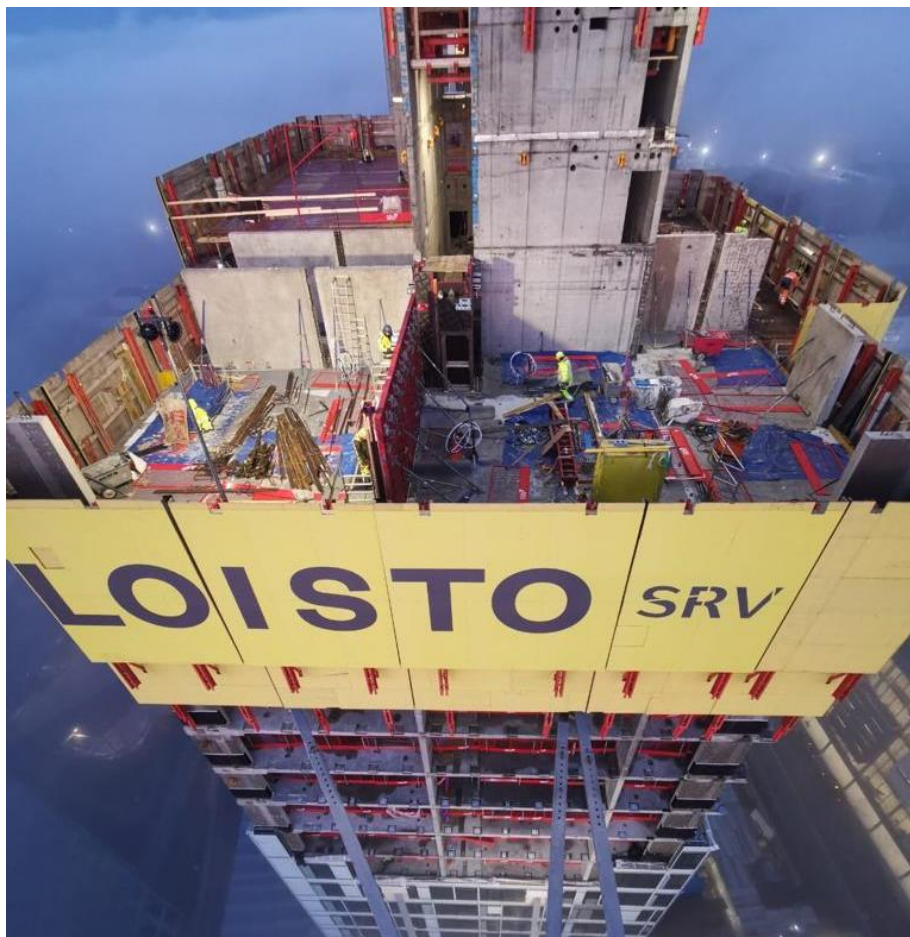
Työmaan viikkosuunnittelussa on siis huomioitava tuulipäivät, ja vältettävä tuulelle alttiiden töiden sopimista niille päiville. Tuulipäivien lisäksi on hyvä jättää viikkosuunnittelussa kuin myös työmaan aikataulutuksessa pelivaraa tuulipäivien osalta. Työmaan alue-suunnittelussa voidaan hyödyntää tiedettyä tuulen suuntaa. Esimerkiksi Kalasatamassa voimakkaimmat tuulet tulevat lähes poikkeuksetta lounaasta. Tätä tietoa voidaan hyödyntää, kun suunnitellaan nosturin sijaintia, sekä elementtifakin ja kuormanpurku alueen sijaintia. Jos nostoalueet ja nosturi itsessään saadaan sijoitettua niin, että rakennus itsessään estää suurimmat tuulivoimat, voidaan nostoja tehdä myös tuulisina päivinä.<sup>59</sup>

Rungon sääsuojaseinien (Kuva 10.) osalta on tärkeää, että ne asennetaan niin pian kuin mahdollista. Sopimukset ja materiaalityöt täytyy toteuttaa heti kohteen alkaessa,

---

<sup>59</sup> Haastattelu: Miira Lehto (SRV Rakennus Oy), Andrei Tsinnonjoi (Rakennustoimisto Kontek Oy) – Viitattu 5.3.2020

jos sääsuojaseinät rakennetaan työmaalla. Jos ne taas toimitetaan valmiina elementteinä työmaalle, täytyy toimituksien ajankohta sopia heti runkotyön alkaessa. Sääsuojaseinien asennukseen täytyy myös olla varattu tarpeeksi aikaa työmaan viikkosuunnittelussa, kuin myös runkotyön aikataulutuksessa.<sup>60</sup>



Kuva 10. Redin Loiston sääsuojaseinät estävät tuulta holvilla ja toimivat putoamissuojina.<sup>61</sup>

Vesi- ja sähkölinjojen toimivuudesta pystytään huolehtimaan jatkuvalla valvonnalla. Tämän lisäksi on tärkeää, että holville on nostettuna vesisäiliö sekä sähkögeneraattori, joiden avulla pystytään varmistumaan siitä, että vaikka linjat pettäisivät, eivät työt pysähdy täysin. Pumppulinjan osalta on hyvin olennaista, että pumppulinjan ja jakelupuomin kun-

<sup>60</sup> Haastattelu: Miira Lehto (SRV Rakennus Oy), Andrei Tsinonjoi (Rakennustoimisto Kontek Oy) – Viitattu 5.3.2020

<sup>61</sup> Valokuva: Kristjan Toomemaa, Trenox Oy – Viitattu 12.3.2020

toa ja kiinnityskohtia tarkastetaan tasaisin väliajoin. On myös tärkeää, että ennen ja jälkeen valujen päästetään pumppulinjaa pitkin vettä läpi, jolla varmistutaan linjan puhtautesta.<sup>62</sup>

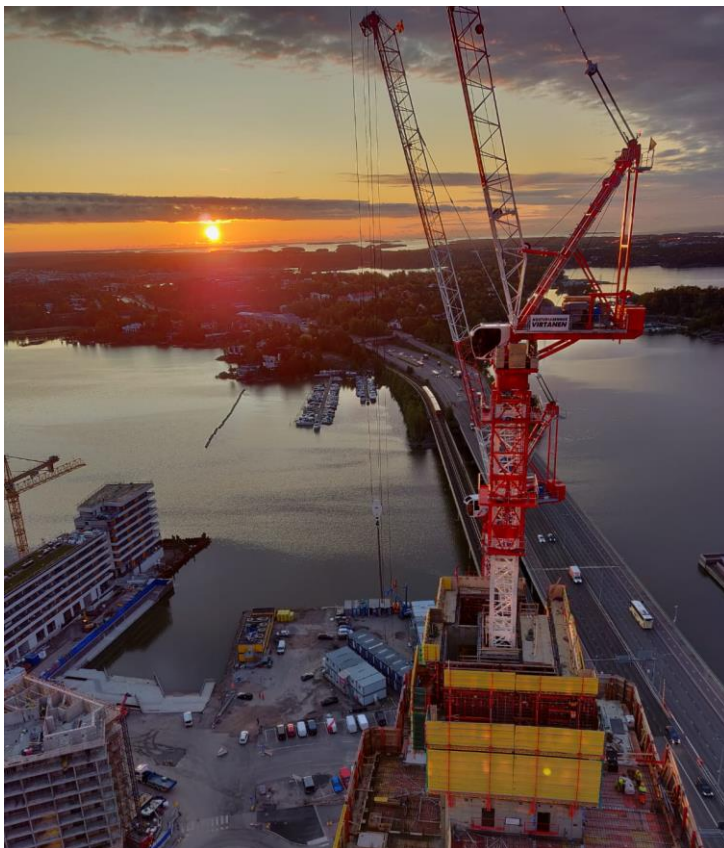
Nosturien harustuksen ja tunkkaamisen osalta työvaiheille on varattava tarpeeksi aikaa, ja ne on aina tehtävä hyvissä ajoin. On siis tärkeää, että nosturien harutukset ja tunkkaukset aikataulutetaan kerrossidonnaisesti. Holvin ollessa tietyssä kerroksessa, toteutetaan nosturin tunkkaus tai harustus. Tämä johtaa siihen, ettei harustuksia ja tunkkauksia jätetä liian myöhäiselle ajankohdalle, jolloin epäonnistumiset tai huonot sääolosuhteet eivät pysäytä runkotyön etenemistä. Haruksien suhteen on myös huomattavasti kannattavampaa suunnitella ja tilata säädettävät harukset, jolloin harusten mitoituksessa ei tule ongelmia. Redin Loistossa kokeiltiin säätämättömiä haruksia kustannusten minimoinnin takia, mutta jatkuvien mittaongelmien takia kohteessa siirryttiin säädettäviin haruksiin. Tämä vaikutti myös negatiivisesti runkotyön aikataulutoteutumiin.<sup>62</sup>

Nosturien osalta on Redin pilvenpiirtäjissä havaittu, että kahden nosturin (Kuva 11.) avulla runkotyön aikataulutoteutumat tehostuvat huomattavasti. Redin Loistossa nosturirajat on sovittu urakoitsijoiden kanssa sopimuksissa. Runkourakoitsijalla on molemmat nosturit käytössä 6-13:00, jonka jälkeen yksi nosturi 13-18:00. Nostotöihin kuluva ylimääräinen aika korkeuden takia on myös otettava huomioon aikataulusuunnittelussa.<sup>62</sup>

---

<sup>62</sup> Haastattelu: Miira Lehto (SRV Rakennus Oy), Andrei Tsinnonjoi (Rakennustoimisto Kontek Oy) – Viitattu 5.3.2020





Kuva 11. Redin Loiston torninosturit ovat Suomen ensimmäiset puristepuominosturit. Vaaka-puomin pystysuunnan liikkuvuus mahdollistaa nosturien sijainnit lähellä toisiaan.<sup>63</sup>

Työntekijöiden siirtymisiin kuluva aika saadaan kirittyä pois rakentamalla heille taukotilat mahdollisimman lähelle holvia. Yleisesti ideaali sijainti taukotoille on kolme kerrosta holvin alapuolella, jolloin suurimmat vesisateetkaan eivät kastele tilaa täysin. Taukotilassa täytyy olla tuoleja ja pöytiä, kahvinkeitin tai kahvikone sekä jääkaappi, jotta työntekijät voivat pitää kahvi- ja ruokataukonsa kyseisessä tilassa. Tilaan täytyy rakentaa vannerista suojaseinä julkisivun kohdalle, jotta tuuli ei pääse vaikuttamaan tilaan. Taukotilaan täytyy myös rakentaa helposti siirrettävä ovi, jolloin tilan voi rajata niin, että ainoastaan sen sisäpuolella työntekijät saavat viettää aikaa ilman suojarusteita. Taukotilan läheisyydessä täytyy myös olla pisuaareja, sekä holvilla vähintään yksi bajamaja, jota voidaan nostaa nosturilla ylöspäin rungon edetessä. Työmaa-aikaisten hissien täytyy myös pystyä tulemaan aina niin ylös kuin mahdollista, jonka takia hissien korotuksien suunnittelussa täytyy kommunikoida runkourakoitsijan kanssa tarkoista aikatauluista.

<sup>63</sup> Valokuva: Elias Kinnunen, SRV Rakennus Oy – Viitattu 12.3.2020

Hissien korotukset täytyy tahdistaa niin, että runko olisi aina minimimäärän holvin alapuolella.<sup>64</sup>

## Logistiikka

Runkotyövaiheessa logistiikka on olennaista, sillä erityisesti paikallavaluholveissa kuluu paljon erilaisia materiaaleja, kuten muottikalustoa ja harjateräksiä. Runkotyön logistiikan osalta on tärkeää, että sopimuksissa sovitaan runkourakoitsijan itse vastaavan materiaaleista ja niiden siirroista. Jos nosturit ovat käytössä runkourakoitsijalla vähintään kahdeksan tuntia päivässä, onnistuu materiaalien siirto niiden osalta hyvin. On myös tärkeää sopia runkourakoitsijan kanssa etukäteen siitä, mitä materiaaleja halutaan nostaa holville seuraavia vaiheita varten. Hyviä esimerkkejä ovat harkot, putkitavarat ja kipsilevyt. Runkourakoitsijan kanssa on tärkeää myös sopia, että he ovat itse yhteydessä logistiikkaurakoitsijaan siitä, milloin muiden työvaiheiden materiaaleja täytyy nostaa holville, jolloin tahdistus pysyy heillä. On myös tärkeää suunnitella etukäteen nostettavien materiaalien tarkka sijoitus, jotta tavaroiden vaakasiirroista ei koidu ylimääräistä työaikaa.<sup>64</sup>

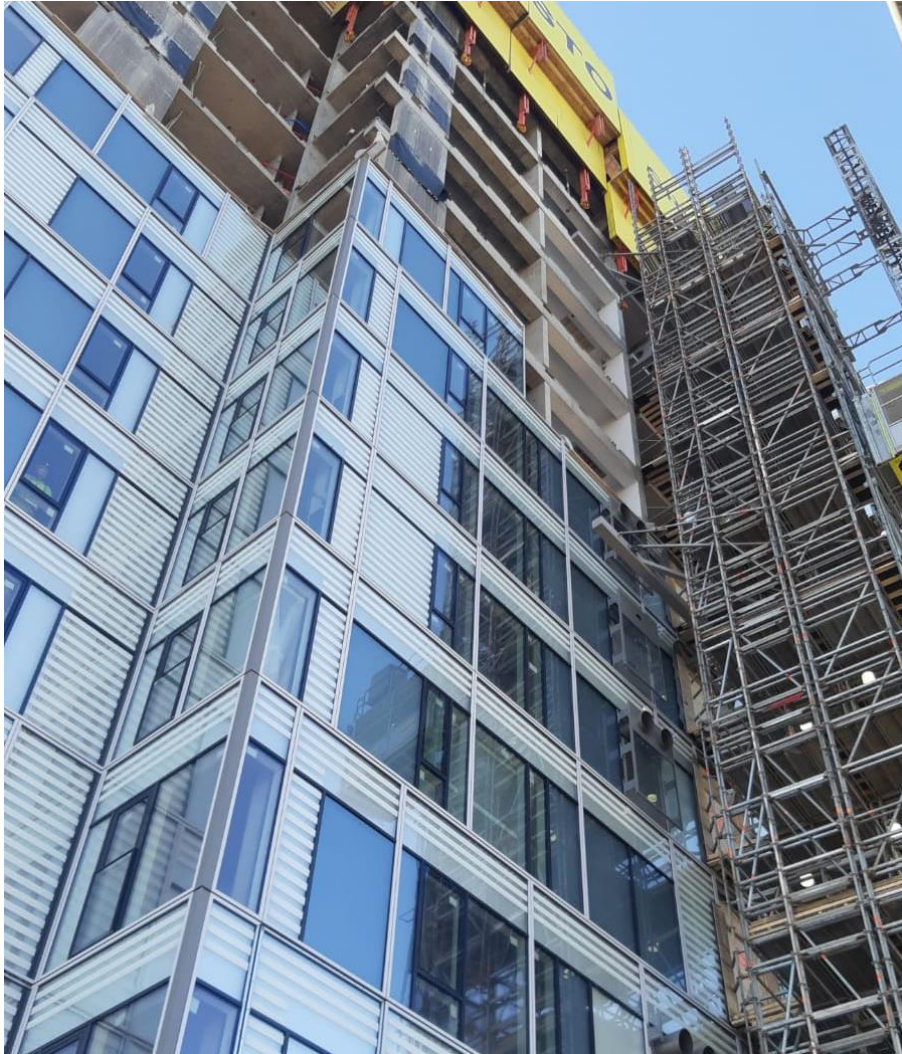
### 4.3 Julkisivuasennuksen aikataulut

Redin tornitaloissa käytetään Shüco:n USC 65-julkisivujärjestelmää (Kuva 12.), joka pitää sisällään 2K-umpiolasia, alumiinia, mineraalivillaa ja terästä. Julkisivuelementit ovat kevyitä ei-kantavia rakenteita, jotka kiinnitetään HAC-kiskoihin ja teräslevyihin, jotka taas ovat kiinnitettynä rakennuksen runkoon. Julkisivuasennuksessa ei ole ollut suuria aikataulullisia ongelmia, mutta työvaiheessa on kuitenkin paljon huomioitavia asioita. Työn liitteenä (Liite 2) on tiivistetty taulukko julkisivuasennuksen aikataulutoteutumien tehostamisesta.<sup>65</sup>

---

<sup>64</sup> Haastattelu: Miira Lehto (SRV Rakennus Oy), Andrei Tsinnonjoi (Rakennustoimisto Kontek Oy) – Viitattu 5.3.2020

<sup>65</sup> Liite 10. – US-Rakennetyyppi Redin Loisto, Sweco Oy – Viitattu 12.3.2020



Kuva 12. Redin Loiston julkisivuasennus.<sup>66</sup>

### **Ongelmat aikataulutoteutumien osalta**

Julkisivuasennukseen pätee paljon samoja ongelmia kuin runkotyövaiheeseen, sillä molemmat työvaiheet vaativat jatkuvaa nosturinkäyttöä. Kovat tuulet estävät nostureita nostamaan julkisivuelementtejä, joka pysäyttää julkisivuasennukset lähestulkoon kokonaan.

Julkisivuelementtien nostotyössä on myös paljon vaativia tekijöitä, sillä rungon tuulisuojausnä, sekä mahdolliset haalaustasot (Kuva 13.) ylemmissä kerroksissa vaikeuttavat julkisivuasennusta nosturin avulla huomattavasti. Julkisivuasennus tapahtuu aina kerroksen holvin reunalla, jolloin henkilöiden ja materiaalien putoaminen on aina estettävä.

<sup>66</sup> Valokuva: Paulus Nevalainen, SRV Rakennus Oy – Viitattu 12.3.2020

Nostoissa ongelmallista on myös sijainti, sillä esimerkiksi Redin Loistossa koko eteläsivu on metroraitteiden yläpuolella. Julkisivuelementtien asennuksessa on tällöin käytettävä tuplavarmennettuja nostolenkkejä, joka hidastaa elementtien asennusta.



Kuva 13. Julkisivuelementtien asentaminen sääsuojaseinän haalaustasojen alapuolelle on haastavaa, mutta oikeilla välineillä ja menetelmillä täysin mahdollista.<sup>67</sup>

Julkisivuelementtien asennus on erittäin tahdistava työvaihe, sillä se mahdollistaa vesikatkojen tekemisen, joka taas mahdollistaa sisävalmistusvaiheen töiden tekemisen. Vesikatkon tekeminen tasaisin väliajoin tiettyihin kerroksiin täytyy tapahtua hyvin tehokkaasti, mutta kuitenkin niin laadukkaasti, ettei vesikatko vuoda. Vesikatkon tekeminen aiheuttaa lisätyötä, mitä matalammissa rakennuksissa ei täydy huomioida.

### **Ratkaisuja aikataulutoteutumien tehostamiseen**

Julkisivuasennuksen aikataulutoteutumien tehostamiseen liittyy paljon etukäteissuunnittelua. Tuulipäivien seuraaminen, ja niiden avulla asennustöiden tahdistaminen on erittäin olennaista. Julkisivuasennukseen kuuluu kuitenkin paljon muitakin töitä, mitkä eivät

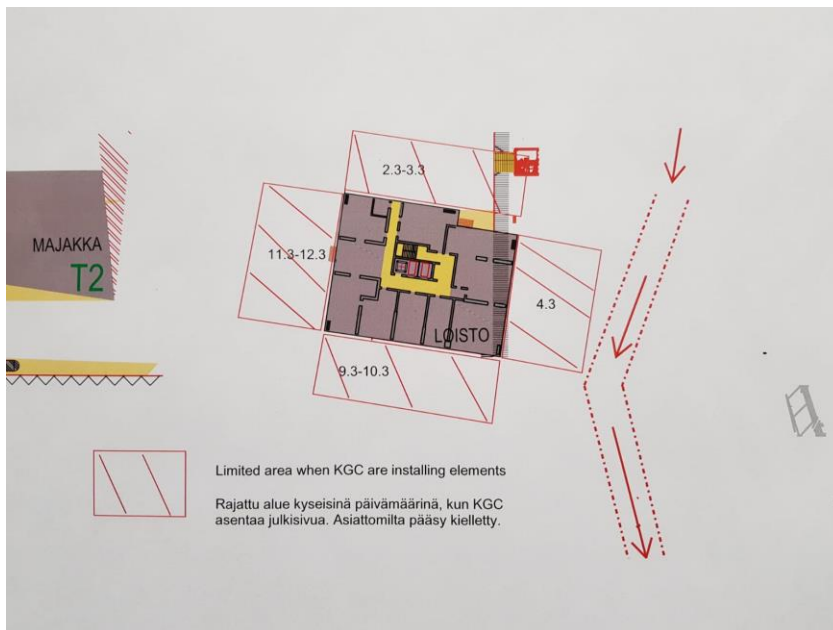
<sup>67</sup> Valokuva: Paulus Nevalainen, SRV Rakennus Oy – Viitattu 21.3.2020

vaadi nosturia, kuten saumojen eristäminen ja pohjapeltien asennus. On siis tärkeää, että julkisivu-urakoitsija sijoittaa työntekijät oikein, jolloin tuulettomina päivinä on monta työntekijää asentamassa julkisivuelementtejä, ja tuulisina päivinä pystytään tekemään muita oheistöitä.

Julkisivun haastavimmat kohdat asennuksen suhteen ovat niitä paikkoja, joissa yläpuolella on jotain, mikä estää nosturin pääsemisen holvin reunalle. Tällaisissa tilanteissa ratkaisuna voidaan pitää vastapainopuomia (Kuva 14.), jossa nosturi kiinnitetään puomin keskipisteeseen, ja toisessa päässä olevat painot tasapainottavat puomia, kun toisesta päästä kiinnitetään nostettava asia kiinni puomiin. Vastapainopuomilla pystytään nostamaan julkisivuelementtejä, vaikka kohdan yläpuolella olisikin esimerkiksi haalaustaso. Vastapainopuomi on myös olennainen väline runkoasennukseen, sekä logistiikkaan, jonka takia on tärkeää, että työmaan toimihenkilöt suunnittelevat aina sen, kuka käyttää milloinkin vastapainopuomia. Julkisivuasennuksen tapahtuessa paikassa jossa vastapainopuomia tarvitaan, on siitä tiedotettava runko- ja logistiikkaurakoitsijaa. Tätä pystytään myös suunnittelemaan etukäteen, sillä julkisivu-urakoitsijan olisi hyvä laatia julkisivuasennuksen viikkoaikataulu (Kuva 15.), jossa näkyy se, missä päin rakennuksen sivuja asennetaan elementtejä minäkin ajanjaksona. Tällöin alue voidaan myös rajata alapuolelta niin, ettei kukaan saa kulkea alueen alapuolella, vähentäen myös työturvallisuusriskejä.



Kuva 14. Vastapainopuomi nostovalmiudessa elementtiasennusta varten.<sup>68</sup>



Kuva 15. Redin Loiston julkisivuasennuksen tahtisuunnitelma, jonka mukaan alueet myös rajataan käyttökieltoon muille henkilöille.<sup>69</sup>

<sup>68</sup> Valokuva: Paulus Nevalainen, SRV Rakennus Oy – Viitattu 21.3.2020

<sup>69</sup> Lauri Kankaanpää 2020, SRV Rakennus Oy: Redin Loiston julkisivuasennuksen tahtikartta – Viitattu 21.3.2020

Vesikatkon (Kuva 16.) osalta on erittäin tärkeää, että kyseiselle työvaiheelle on nimetty kaksi työntekijää, jotka vastaavat vesikatkon tekemisestä. Vesikatko on saatava tehtyä vähintään neljän kerroksen välein, ja sen tekeminen on aloitettava aina välittömästi, kun kerroksen julkisivu on ummessa. Vesikatkon tekemisessä on Redin Majakan ja Loiston osalta käytetty vuokratyöntekijöitä, mutta työn ulkoistaminen urakaksi varmistaisi sen, että työhön on aina olemassa tarpeeksi resursseja. Vesikatkon tekemisen muuntaminen urakaksi mahdollistaisi myös sakolliset välitavoitteet, jolloin työn aikatauluttaminen ja siihen sitoutuminen olisi helpompaa hallita.



Kuva 16. Julkisivuasennuksen jälkeen tehtävä vesikatko. Vaakasaumat eristetään, sekä alemman kerroksen julkisivu verhoillaan pressuilla. Julkisivun ja betoniseinien väleihin asennetaan kouruja, joita pitkin väliin valuva vesi ohjataan oikealle puolelle.<sup>70</sup>

<sup>70</sup> Valokuva: Paulus Nevalainen, SRV Rakennus Oy – Viitattu 21.3.2020

## Logistiikka

Julkisivutyön logistiikka on Redin kohteissa täysin ulkoistettuna julkisivu-urakoitsijalle. Urakoitsija vastaanottaa elementtejä tasaisin väliajoin, ja nostaa ne heille määrätyle alueille kohteen pihalla. Julkisivuelementit tulevat isoissa paketeissa, jonka takia niitä ei pystytä nostamaan suoraan kuorman kyydistä paikoilleen. Tämän lisäksi elementit on nostettava ensin vaakatasoon, jotta niihin saadaan kiinnitettyä oikeat nostokoukut. Logistiikan takia on tärkeää, että julkisivu-urakoitsijalle on etukäteen suunniteltu aluesuunnittelussa oma alue, jossa he voivat välivarastoida, laskea vaakatasoon, ja tarkastaa elementtejä. Myös julkisivukuormien tarkat saapumisajankohdat on hyvä ilmoittaa, esimerkiksi viikkoaikataulussa, jotta kaikki osapuolet tietävät milloin kuormat saapuvat pihalle.

### 4.4 Sisävalmistusvaiheen aikataulut

Sisävalmistusvaiheessa on monia eri työvaiheita, jotka kaikki tahdistavat toisiaan. Kappaleessa on tutkittu työntekijöiden liikkumista työmaalla, työn tehokkuutta ja verrattu niitä suunniteltuun työmenekkiin. Kappaleessa on myös haastateltu Redin Majakassa ja Loistossa työskenteleviä työnjohtajia Elias Kinnusta ja Janne Elorantaa (SRV Rakennus Oy). Työn liitteenä (Liite 3) on tiivistetty taulukko sisävalmistusvaiheen aikataulutoteutumien tehostamisesta.

### Ongelmat aikataulutoteutumien osalta

Sisävalmistusvaiheessa työvaiheet eivät eroa korkeassa rakentamisessa juurikaan matalampiin asuintuotannon rakennushankkeisiin, sillä asunnot ovat loppujen lopuksi kuitenkin hyvin samanlaisia rakennuksesta riippumatta. Korkeissa kohteissa on enemmän asioita, mitkä hidastavat ja tuottavat ongelmia aikataulutoteutumiin.

Yksi suurimmista työn toteutumisen hidastajista on liikkuminen työmaalla. Monien työvaiheiden käynnissä oleminen hyvinkin tiheästi lähikerroksissa vaikeuttaa liikkumista, sillä tauoille ja takaisin työmestalle liikkuminen on normaalia matalampaa kohdetta haastavampaa. Työntekijät saattavat helposti odottaa yli kymmenen minuuttia, että hissi saapuu kerrokseen, joka saattaa olla täynnä. Liikkumisen vaikeutuminen johtaa tehokkaan



työajan vähenemiseen. Vaikka Redin Loistossa on käytössä yksi sisähissi ja yksi ulkohissi, jotka palvelevat työntekijöitä, on liikkuminen silti hidasta suuren työmaavahvuuden takia, erityisesti sisävaiheen ollessa käynnissä lähestulkoon jokaisessa kerroksessa.<sup>71</sup>

Toinen suuri tekijä sisävalmistusvaiheen aikataulutoteutumien ongelmallisuudelle on tarvittavan resurssimäärän hahmottaminen aliurakoitsijoiden osalta. Tarjousvaiheessa ei välttämättä osata ymmärtää, kuinka suuren määrän työntekijöitä vaaditaan, jotta pilvenpiirtäjäkohteesta selvittää suunniteltujen aikataulujen puutteissa. Työvaiheet tahdistetaan niin, että työt on saatava jokaisen työvaiheen osalta valmiiksi samassa aikaikkunassa, jolloin mikään työvaihe ei jää jälkeen, eikä myöskään ota kiinni edeltävää työvaihetta. Tässä suurin ongelma on levyväliseinätyön osalta, sillä kyseinen työvaihe vaatii paljon työtä, joka on saatava valmiiksi hyvinkin lyhyessä ajassa. Redin Loistossa on parhaillaan 18 työntekijää levyväliseinä- ja alakattotyön parissa. Jos urakoitsija ei ole varannut tarpeeksi resursseja pilvenpiirtäjähankkeeseen, joutuvat he ottamaan itselleen aliurakoitsijoita, joiden työntekijöitä joudutaan erikseen perehdyttämään työhön ja kohteeseen, eikä heidän työtehoa tiedetä etukäteen. Tämä taas johtaa siihen, että työryhmä saattaa muuttua jatkuvasti, joka rikkoo työtahdin kokonaan, ja täten hidastaa työtoteutusta.<sup>71</sup>

Ongelmalliseksi Redin tornitaloissa on myös koettu urakoitsijoiden työnjohdon puutteellisuus. Aliurakoitsijoiden työnjohtajat saattavat vetää montaa eri kohdetta, jolloin heidän läsnäolo työmaalla ei ole täyspäiväistä. Urakoitsijoiden olisi kuitenkin hyvä ymmärtää, että pilvenpiirtäjäkohteissa jokaisella urakalla työnjohdon on oltava täyspäiväistä, sillä kohteissa on hyvin tiukka aikataulu ja työntekijöiden valvonta on tavallista tärkeämpää. Esimerkiksi juuri liikkumisen osalta aliurakoitsijoiden työnjohdolla on velvollisuus varmistaa, että työtahti pysyy sovituksessa aikataulussa, mutta jos työntekijät hakevat työkaluja hissillä yhden kerroksen alemmaksi, tuhlavat he heti vähintään 15 minuuttia työaikaa tähän, sillä kukaan ei ole valvomassa. Aliurakoitsijoiden työnjohtajien täytyy myös varmistaa, että katselmukset ja tarkastukset tehdään oikein. Jos työnjohto ei ole paikalla päivittäin, jää laadunvarmistaminen liian vähäiselle ajalle, aiheuttaen helposti tilanteita, missä korjattavaa on vielä jäljellä, mutta seuraava työvaihe on jo tulossa kyseiseen kerrokseen töihin.<sup>71</sup>

---

<sup>71</sup> Haastattelu: Elias Kinnunen ja Janne Eloranta (SRV Rakennus Oy) – Viitattu 13.3.2020



Kuva 17. Korkeassa rakentamisessa alimmissa kerroksissa on menossa viimeisimpiä työvaiheita, kun samalla ylimpien kerroksien holveja valetaan.<sup>72</sup>

Tiukkaan tahdistetuissa aikatauluissa haasteita tuottaa myös työvaiheiden välinen niin sanottu harmaa alue, eli ne työt, jotka eivät kuulu kenenkään urakkaan. Nämä työt jäävät pääurakoitsijan vastuulle, mikä vaatii vuokratyövoimaa. Harmaan alueen työtehtäviä ei ole aikataulutettu, jolloin niiden tekemiselle on hyvin pieni väli, joka saattaa tahdistaa tulevia työvaiheita. Näitä harmaan alueen työtehtäviä ovat esimerkiksi seinien ja kattojen paikkaukset ennen tasoitetyötä, hiontatyöt kylpyhuoneissa ennen laatoitusta ja valustopareiden asennus ennen pintalattiavaluja. Työtehtävien etukäteinen suunnitteleminen tuottaa haasteita työmaan aikataulutoteutumiselle, sekä haasteita kustannushallintaan, kun töitä joudutaan tekemään tuntitöinä. Vaikka harmaata aluetta on kaikissa rakennushankkeissa, korostuu se erityisesti korkean rakentamisen kohteissa, sillä kerroksia on huomattavasti normaalia enemmän.<sup>73</sup>

<sup>72</sup> Valokuva: Paulus Nevalainen, SRV Rakennus Oy – Viitattu 21.3.2020

<sup>73</sup> Haastattelu: Elias Kinnunen ja Janne Eloranta (SRV Rakennus Oy) – Viitattu 13.3.2020

Harmaan alueen töiden lisäksi myös itse urakkatöiden sisälle mahtuu paljon työvaiheita, jotka vaativat monen urakoitsijan työpanosta. Suurimpana esimerkkinä tähän on alakattotyöt, sillä se vaatii kaiken talotekniikan lähestulkoon täyden valmiuden. Kohteessa, missä työvaiheita on meneillään monessa eri kerroksessa, on kaikkien urakoitsijoiden saaminen tekemään työnsä ajallaan erittäin haastavaa. Yhden aliurakoitsijan töiden jääminen jälkeen tahdistaa pahimmassa tapauksessa kaikkia muita urakoitsijoita.<sup>74</sup>

### **Levyväliseinätyön työmenekin seuranta ja tutkimus**

Osana tutkimustyötä toteutettiin Redin Loiston kipsilevyväliseinäurakoitsijan työntekijöiden seuranta yhden työpäivän osalta. Tutkimuksessa seurattiin työntekijöiden saavuttamaa työmenekkiä sekä seurattiin työntekijöiden liikkumiseen kuluvaan aikaa. Seurannan jälkeen työmenekkiä verrattiin Ratu-kortiston määrittelemään työmenekkiin levyväliseinätyön osalta. Tutkimuksessa seurattiin pelkästään levyseinien työtä, eikä puututtu alakattotyöhön tai julkisivujen levytykseen.

Levyväliseinien osalta Redin Loistossa yhden kerroksen seinät tehdään valmiiksi kahdessa viikossa. Ensimmäisen viikon aikana kerroksessa työskentelee kolme työntekijää, jotka tekevät rangat ja levyttävät seinien ensimmäiset puolet. Toisen viikon aikana kerroksessa työskentelee neljä työntekijää, jotka levyttävät seinien toisen puolen, eli tuplaavat seinät. Redin Loistossa kerroksessa on noin 350 m<sup>2</sup> seinäpinta-alaa.<sup>75</sup>

Työntekijöiden liikkuminen työpisteeltä lähimpiin taukutiloihin tai sosiaalityötiloihin vie keskimäärin 12 minuuttia per suunta. Matalammissa kohteissa siirtyminen sosiaalityötiloihin vie keskimäärin neljä minuuttia. Toisin sanoen ylimääräistä aikaa siirtymisiin kuluu korkeassa kohteessa noin kahdeksan minuuttia per siirtymä. Näiden siirtymien lisäksi osa työntekijöistä kävi vessassa työaikana, joista yksi käytti tähän hissiä, vaikka pisuaarit olivat vai kaksi kerrosta alempana. Tähän siirtymään aikaa kului noin viisi minuuttia. Yksi työntekijöistä kävi myös kerran työpäivän aikana viisi kerrosta alempana hakemassa itselleen lisää kiinnitysmateriaaleja hissillä. Tähän siirtymään aikaa kului noin kuusi minuuttia.

<sup>74</sup> Haastattelu: Elias Kinnunen ja Janne Eloranta (SRV Rakennus Oy) – Viitattu 13.3.2020

<sup>75</sup> Liite 11. – Redin Loiston pohjapiirustus (8.kerros), Arkkitehtitoimisto Pekka Helin & Co. 2019 – Viitattu 14.3.2020

Työntekijöiden työmenekki päivän ajalta oli suunniteltua tasoa, eli tahti oli noin kaksi viikkoa per kerros. Kun kuitenkin laskee työntekijöiden työmenekin kyseisellä työtahdilla, saadaan tulokseksi  $0,96 \text{ tth/m}^2$  ( $[8\text{h/työpäivä} \times 7 \text{ työntekijää} \times 6 \text{ työpäivää}] : 350\text{m}^2 = 0,96\text{tth/m}^2$ ). Rakennustiedon ”Rakennustöiden Menekit 2020” kirjan mukaan levyväliseinätyön työmenekki  $0,67\text{tth/m}^2$ . Kyseiseen työmenekkiin on huomioitu molempien puolien levytys, eristys, sekä puu- että metallirankojen asennus k600 jaolla, sillä Redin Loistossa levyseiniin tulee paljon sisäikkunoita ja seinänsisäisiä liukuovia, jonka takia seinien rungot vaativat tavallisten metallirankojen lisäksi myös lähes yhtä paljon puurankoja.<sup>76</sup>

Siirtymisiin levyväliseinätyön työntekijät käyttivät päivän aikana keskimäärin tunnin ylimääräistä aikaa matalampiin kohteisiin verrattuna, sillä kahdeksan minuutin siirtymiä tulee päivän aikana yhteensä kahdeksan (työn aloitus, ensimmäinen kahvitauko edestakaisin siirtymä, lounastauon edestakaisin siirtymä, toisen kahvitauon edestakaisin siirtymä, työn lopetus) ( $8\text{min} \times 8 = 64\text{min}$ ). Jos siirtymiä ei oteta huomioon työmenekissä, on Redin Loistossa levyväliseinätyön todellinen työmenekki  $0,84\text{tth/m}^2$  ( $[8\text{h/työpäivä} \times 7 \text{ työntekijää} \times 6 \text{ työpäivää} - 1\text{h/työpäivä} \times 7 \text{ työntekijää} \times 6 \text{ työpäivää}] : 350\text{m}^2 = 0,84\text{tth/m}^2$ ).

Vaikka työntekijöiden liikkuminen työmaalla saataisiin mitätöityä, eivät työn saavutukset yllä Rakennustiedon määrittelemiin työmenekkeihin. Suurimpana tekijänä tähän on kohteen levyseinien haastavuus (Kuva 18.), kuten huoneistojen väliset seinät, seinien sisäiset liukuovet sekä sisäikkunat. Työn tehokkuutta voitaisiin saada kuitenkin selvästi tehostettua, jos työryhmässä kaikki työntekijät olisivat yhtä tehokkaita kuin työryhmän tehokkain työntekijä, eli toisin sanoen työryhmä pysyisi alusta loppuun samana. Tutkimuksesta myös huomataan, kuinka suuri vaikutus kohteen korkeudella on liikkumiseen, sekä se, kuinka suuri vaikutus työmenekkiin liikkumisella on.

<sup>76</sup> Rakennustieto 2020: Rakennustöiden menekit 2020 s.100-101 – Viitattu 14.3.2020



Kuva 18. Redin tornitalojen levyväliseissä on tavallista haastavampia ratkaisuja, kuten vasemmalla näkyvä sisäikkuna, sekä oikealla alakatossa näkyvä viherhuoneen lasiseinien kisko.<sup>77</sup>

### Ratkaisuja aikataulutoteutumien tehostamiseen

Sisävalmistusvaiheen aikataulutoteutumien ongelmiin on olemassa monia ratkaisuja. Suurimpana sisävalmistusvaiheen ongelmana korkeassa rakentamisessa voidaan pitää siirtymien viemää ylimääräistä aikaa. Redin Loistossa on käytössä tavallisen työmaahissin lisäksi myös Kone Oy:n Jumplift-hissi (Kuva 19.), joka toimii rakennuksen hissikuilussa. Jumplift-hissin koneistoa pystytään korottamaan rungon edetessä nostamalla vinssiä ja moottoria. Hissin koneisto on kuitenkin pysyvä, tarkoittaen sitä, että pysyvien hissien asennuksessa on yksi hissi vähemmän asennettavana. Jumplift hissien osalta ai-noastaan hissien kori pitää vaihtaa pysyvään koriin hissiasennuksen aikana. Jumplift hissi

<sup>77</sup> Valokuva: Paulus Nevalainen, SRV Rakennus Oy – Viitattu 21.3.2020

on huomattavasti nopeampi kuin tavallinen työmaahissi, joka nopeuttaa työntekijöiden siirtymää.<sup>78</sup>



Kuva 19. Jumplift-hissi palvelee työntekijöitä pitkään työmaalla, kunnes kori vaihdetaan pysyvään malliin, ja hissi siirtyy asukkaille käytettäväksi heti luovutuksen jälkeen.<sup>79</sup>

Jumplift hissien lisäksi Redin Loistossa on myös tavallinen työmaahissi, jossa on kaksi koria (Kuva 20.). Toinen hisseistä on tarkoitettu logistikalle ja toinen työntekijöille. Loiston työmaalla on kuitenkin huomattavissa, etteivät työntekijät käytä ulkohissiä yhtä ahkerasti, kuin Jumplift hissiä. Tämä johtuu siitä, että ainoastaan Jumplift hissi kulkee alas sosiaalituloihin, ja on tämän lisäksi lämpimässä rakennuksen sisällä. Jumplift hissien kova suosio johtaa siihen, että hissi on jatkuvasti täynnä, ja on hyvin mahdollista, että hissi

<sup>78</sup> Haastattelu: Elias Kinnunen ja Janne Eloranta (SRV Rakennus Oy) – Viitattu 13.3.2020

<sup>79</sup> Valokuva: Paulus Nevalainen, SRV Rakennus Oy – Viitattu 21.3.2020

pysähtyy kerroksessa, mutta on jo niin täynnä, ettei uudet työntekijät mahdu enää kyytiin.<sup>80</sup>

Hissiruuhan vähentämiseksi ratkaisuna toimii niin sanottu hissihenkilö, joka tarkoittaa työntekijää, joka ohjaa hissiä. Hissihenkilö valitsee vain ne kerrokset, mihin suurin osa työntekijöistä haluaa mennä. Tämä vähentää hissien jatkuvaa pysähtelyä, ja täten nopeuttaa hissien kulkemista. Hissihenkilön vastuulle kuuluu myös se, ettei kesken työaikoja kuljeta hissillä vain muutamaa kerrosta alaspäin hakemaan esimerkiksi työkaluja tai mennä käymään vessassa, sillä alaspäin kulkeminen hoituu myös portaita pitkin. Hissihenkilön lisäksi myös porrastetut työajat ja tauot voivat vähentää kulutettua aikaa hissien odoteluun. Jos työmaan suunnitteluvaiheessa pystytään suunnittelemaan ja aikatauluttamaan eri urakoitsijoiden tulevat työajat niin, että urakoitsijoiden työajat alkaisivat aina tunnin välein alkaen esimerkiksi kuudesta ja päättyen yhdeksään, saataisiin työntekijöiden tauot ja työpäivien aloitus- ja lopetusajankohdat rytmitettyä, jolloin hissien käyttöön ei syntyisi kiivaita ruuhka-aikoja. Työajat täytyisi saada suunniteltua etukäteen niin, että lähikerroksien työvaiheita hoitavat urakoitsijat tulevat aina samaan aikaan (esimerkiksi runkotyö ja julkisivuasennus, sekä eri aikaan levyseinätyö ja tasoite- ja maalaustyö), jolloin hissi kulkee vain lähikerrokseen tiettyinä ajankohtina, vähentäen pitkiä hissimatkoja monilla pysähdyksillä. Jos hissihenkilön ja työaikojen tahdistamisen yhdistää, saadaan tarkkaan kontrolloitu hissinkäyttö, joka varmasti tehostaa siirtymiseen kuluvaa aikaa. Urakoiden ohella ongelmana on vielä vuokratyövoima ja tuntityöntekijät, joilla ei ole selkeitä kerroksia työssään. On mahdollista, että hissihenkilö määrittäisi vuokratyöntekijöiden käyttöön ulkohissin, vähentäen ruuhkaa ja epäsäännöllisyyttä suositun sisähissin käytössä.<sup>80</sup>

---

<sup>80</sup> Haastattelu: Elias Kinnunen ja Janne Eloranta (SRV Rakennus Oy) – Viitattu 13.3.2020



Kuva 20. Redin Majakassa ja Loistossa toimiva Scanclimberin Twin-työmaahissi on traditionaalisempi työmaahissi, jossa on kaksi koria. Loistossa toinen on varattu logistiikalle, ja toinen työntekijöille.<sup>81</sup>

Aliurakoitsijoiden kanssa olisi myös erittäin tärkeää käydä läpi hyvissä ajoin ennen työn aloitusta se, kuinka paljon työresursseja korkean rakentamisen hankkeissa on tähän mennessä käytetty (Redin Majakka ja Loisto → Seuraavat Redin tornitalot). Aliurakoitsijoiden täytyy pysytä lupautumaan tarvittavaan resurssimäärään, sekä lupautua pitämään saman työryhmän työmaalla. Nämä asiat pystyttäisiin lisäämään sopimukseen, joka olisi automaattisesti tällöin velvoite urakoitsijalle, joka heidän täytyy hyväksyä. Työryhmän pysyvyyteen pystytään myös vaikuttamaan aikataulusuunnittelulla. Jos käyttöön otetaan kiihtyvät aikataulut, saadaan urakoitsijat pitämään alkuperäisen ja yhteen hitsaantuneen työryhmän työmaalla, sakollisten välitavoitteiden avulla. Urakkasopimukseen täytyy myös

<sup>81</sup> Valokuva: Paulus Nevalainen, SRV Rakennus Oy – Viitattu 21.3.2020



lisätä velvoite sille, että urakoitsijalla on jatkuva jokapäiväinen läsnäolo työnjohdon osalta.<sup>82</sup>

Työvaiheiden väliset harmaat alueet pystyttäisiin mitätöimään sillä, että urakoihin myytäisiin mukaan myös tavallisten työvaiheiden väliset työt. Kustannushallinnan osalta tämä takaisi huomattavasti helpommin ennustettavia kustannuksia, sekä sitoisi urakoitsijat aikataulutoteutumien sujuvuuteen yhä enemmän, jättäen pääurakoitsijalle pienemmän roolin aikataulutoteutumien osalta.<sup>82</sup>

Redin Loistossa on käytössä tahtiaikataulu, jonka avulla pystytään hyvinkin tarkkaan valvomaan työvaiheita ja niiden toteutumia. Tahtiaikataulun avulla myös työvaiheet, mitkä vaativat monien urakoitsijoiden läsnäoloa, pystytään toteuttamaan onnistuneesti. Loistossa tahtiaikataulujen osalta pidetään päivittäin seurantalaveri aina siinä kerroksessa, missä levyväliseinätyöt ovat meneillään. Tämä kerrosvalinta on suunniteltu siten, että kyseisessä kerroksessa menevät alakatot umpeen seuraavaksi, joka vaatii hyvin monen urakoitsijan töiden loppuun viemistä. Tahtiaikataulun valvonta ja päivittäiset palaverit työmaalla tehostavat huomattavasti viestintää urakoitsijoiden välillä, sekä varmistavat töiden toteutumisen halutusti. Tahtiaikataulupalaverien suurin kompastuskivi Loistossa on urakoitsijoiden osallistumisen puutteellisuus. Jos tahtiaikataulupalaveriinkin osallistuminen saataisiin lisättyä osaksi sopimusta, pystyttäisiin olennaisimmat urakoitsijat sitomaan tahtiaikataulupalaveriinkin mukaan jatkuvasti.<sup>82</sup>

## Logistiikka

Korkean rakentamisen vaiheista sisävalmistusvaiheessa logistiikalla on kaikista suurin merkitys aikataulutoteutumien onnistumiseen. Sisävalmistusvaiheen monet eri työvaiheet tuovat logistiikalle paljon materiaalien siirtoa, jota hidastaa se, että nosturilla on mahdotonta nostaa materiaalia kerrokseen, missä sisätyövaiheet ovat käynnissä ummessa olevan julkisivun takia. Ennen kohteen aloitusta on kuitenkin hyvä suunnitella se, mitä materiaaleja pystytään nostamaan kerrokseen ennen julkisivua. Esimerkiksi harkkolavat pystytään nostamaan jo holville runkotyövaiheessa, sillä ne kestävät sääolosuhteita hyvin. Myös kipsilevyt on hyvä nostaa kerrokseen ennen julkisivua. Kipsilevyjä ei kuitenkaan pysytä välttämättä nostamaan holville sääolosuhteiden, sekä ylimääräisen tilan holvien tuennan takia. Kipsilevyt pystytään kuitenkin nostamaan kerrokseen juuri ennen

---

<sup>82</sup> Haastattelu: Elias Kinnunen ja Janne Eloranta (SRV Rakennus Oy) – Viitattu 13.3.2020

julkisivua vastapainopuomin avulla. Tämän kaiken takia on todella tärkeää, että logistiikkaa suunnitellaan viikoittain päivätasolla.<sup>83</sup>

Redin Loistossa on logistiikkaurakoitsijan, SRV:n ja muiden aliurakoitsijoiden kesken viikoittain järjestettävä logistiikkapalaveri, missä logistiikkaurakoitsija käy läpi seuraavan viikon saapuvat materiaalit, materiaalien sijoituksen kohteeseen (kerros, asunto), sekä tarkan päivämäärän ja kellonajan, milloin materiaalit haalataan sisään kerrokseen. Ennen logistiikkapalaveria SRV:n, kuin myös muiden urakoitsijoiden ilmoitettava logistiikalle materiaalit, määrät, sijainnin ja toivotun päivämäärän, milloin haalauksia halutaan seuraavalle viikolle. Tämän lisäksi urakoitsijoiden ja SRV:n toimihenkilöiden osalta on myös tärkeää, että materiaalit on tilattu käytössä olevaan logistiikkakeskukseen ajoissa, ja että ne ovat keskuksessa ennen logistiikkapalaveria, jolloin voidaan varmistua siitä, että tavarat saadaan tuotua kohteeseen sovittuna päivänä. Logistiikkakeskuksesta logistiikka tilaa materiaalit tarkkoina täsmäkuormina, jolloin työmaan piha-alueet pysyvät järjestyksessä, ja materiaalit viedään välittömästi rahdin kyydistä kerrokseen. Kyseinen tapa logistiikan järjestämiselle on toiminut todella hyvin, ja on suositeltava toimintatapa kaikkiin korkean rakentamisen kohteisiin, erityisesti sisävalmistusvaiheen osalta.<sup>83</sup>

Materiaalien siirron lisäksi sisävalmistusvaiheessa logistiikalle tulee paljon lisätyötä kerroksien ylimääräisten tavaroiden ja roskien viemisestä pois kerroksesta seuraavan työvaiheen tullessa kerrokseen. On erittäin tärkeää, että logistiikasta vastaavalle urakoitsijalle määrätään myös roskien tyhjennys, sillä korkeassa rakennuskohteessa roskaa ja jätettä kertyy hyvin moneen kerrokseen, joka vaatisi pääurakoitsijalta todella paljon ylimääräistä vuokratyövoimaa. Redin Loistossa on otettu käyttöön viestintäryhmä (WhatsApp), missä on mukana SRV:n työnjohtajat, kohteen siivoajat ja logistiikkaurakoitsijan työnjohtajat. Viestintäryhmän avulla siivoajat pystyvät helposti ilmoittamaan omien vastuukerroksien roskien tyhjennyksestä logistiikkaurakoitsijalle, jonka lisäksi myös SRV:n työnjohtajat pystyvät ilmoittamaan siitä, milloin kerroksia täytyy raivata tyhjäksi seuraavaa työvaihetta varten. Viestintäryhmä on todella tehokas tapa saada materiaalien pois siirtämistä tehostettua, joka varmistaa sen, että työvaiheet pääsevät lähtemään liikkeelle kerroksissa aikataulujen mukaisesti.<sup>83</sup>

Asukasmuutoksien kautta tulevat erikoismateriaalit on myös hyvä saada välittömästi logistiikan tietoon, jotta logistiikkaurakoitsijan työnjohto pystyy valvomaan, että juuri oikeat

---

<sup>83</sup> Haastattelu: Elias Kinnunen ja Janne Eloranta (SRV Rakennus Oy) – Viitattu 13.3.2020

tavarat menevät oikeaan asuntoon. Tämän takia on tärkeää, että asukasmuutoksista vastaavat toimihenkilöt lisäävät logistiikkaurakoitsijan työnjohtajat tiedoitusketjuun mukaan.<sup>84</sup>

#### 4.5 Talotekniikan aikataulut

Talotekniikan osalta aikataulutoteutumien haluttu tehokkuus on todella tärkeää, sillä taloteknisiä töitä tehdään läpi työmaan, ja se on osana lähestulkoon kaikkia työvaiheita. Tässä kappaleessa käytäviä asioita on tutkittu haastattelemalla Redin Majakan, sekä Loiston LVI-valvojaa Timo Kähköstä (SRV Rakennus Oy). Tämän lisäksi Loiston taloteknisten töiden toteutumisesta on verrattu aikatauluihin, sekä tutkittu työn etenemistä paikan päällä. Työn liitteenä (Liite 4) on tiivistetty taulukko talotekniikan aikataulutoteutumien tehostamisesta.

#### **Ongelmat aikataulutoteutumien osalta**

Talotekniikan ongelmat aikataulutoteutumien osalta ovat hyvinkin samat, kuin sisävalmistusvaiheessa, sekä runkotyövaiheessa. Sisävalmistusvaiheessa suurimpia ongelmia ovat juurikin liikkuminen työmaalla, resurssienhallinta, sekä työnjohdon puute. Runkotyövaiheessa ongelmia saattaa aiheuttaa työntekijöiden tahdistaminen, valutöiden aikataulut ja siitä kommunikointi, sekä tuulipäivät materiaalinostojen osalta.

Talotekniikan osalta on kuitenkin olemassa ongelmia, jotka eivät ole suoraan yhteydessä muihin työvaiheisiin. Yksi suurimpia tekijöitä aikatauluongelmille talotekniikan osalta on normaalia asuinrakennusta huomattavasti suurempi määrä tekniikkaa ja järjestelmiä. Ilmanvaihdon osalta Redin tornitaloissa on noin 15 kertainen määrä tekniikkaa normaaleihin asuinkehteisiin verrattuna. Yksi iso tekijä tähän on se, että IV-koneita on Redin torneissa kahden kerroksen välein (Kuva 21.), kun taas matalammassa asuinkehteissä IV-koneita on yleensä yksi iso ja kaksi pienempää konetta. Sama pätee myös lämpötekniikkaan, sillä matalammassa asuinkehteissä lämmönsiirtäjiä on yleensä noin 3, kun taas Redin Loistossa niitä on yli 40. Tekniikkaa on siis huomattavasti enemmän, ja sama pätee myös sähköpuoleen. Tämä aiheuttaa urakoitsijoille ja materiaalien toimittajille suuria vaikeuksia, sillä suuren tekniikkamäärän tahdistaminen on hyvin haastavaa erityisesti

---

<sup>84</sup> Haastattelu: Elias Kinnunen ja Janne Eloranta (SRV Rakennus Oy) – Viitattu 13.3.2020

korkeassa rakentamisessa, kun lähestulkoon kaikki työvaiheet ovat saman aikaisesti käynnissä.<sup>85</sup>



Kuva 21. Redin tornitaloissa IV-konehuoneet ovat hyvin pieniä ja kompakteja, mutta niitä on joka toisessa kerroksessa, kasvattaen ilmanvaihtokoneiston määrän todella suureksi.<sup>86</sup>

Tekniikan määrän lisäksi Redin torneissa on myös Suomen asuinkehteille täysin entuudestaan tuntematonta tekniikkaa. Koneellinen savunpoisto, sprinklerijärjestelmät, älykoti-järjestelmät ja turvallisuusjärjestelmien uusimmat teknologiat ovat kaikki käytössä Redin torneissa. Nämä tekniset ratkaisut vaativat paljon etukäteissuunnittelua, sekä suunnitelmiin paneutumista urakoitsijoilta. Kaiken tekniikan osalta korkean rakentamisen kohteita voidaan pitää hyvin saman tyyppisinä kuin isoja toimitilakohteita kuten kouluja ja kauppakeskuksia. Yksi merkittävä ero on kuitenkin se, että kyseessä on asunnot, joiden tekniikan täytyy toimia moitteettomasti, ja niiden käyttökuormitus on jatkuvaa. Yksi iso

<sup>85</sup> Haastattelu: Timo Kähkönen, SRV Rakennus Oy – Viitattu 19.3.2020

<sup>86</sup> Valokuva: Paulus Nevalainen, SRV Rakennus Oy – Viitattu 21.3.2020

ongelmakohta korkeassa rakentamisessa on juurikin tekniikan yhteensovittaminen. Kaikkien teknisten järjestelmien täytyy pystyä toimimaan moitteettomasti omina yksiköinä, mutta niiden täytyy myös toimia yhdessä. Suuria aikatauluongelmia saattaakin siis syntyä tekniikan käyttöönötossa, mutta kyseisestä aiheesta lisää kohdassa 4.6.<sup>87,88</sup>

Ongelmia talotekniikan osalta aikataulutoteutumisessa aiheuttaa myös jatkuva osallistuminen ja tahdistaminen monissa työvaiheissa. Saman urakoitsijan täytyy aikatauluttaa työntekijöitä holville ennen valuja, sekä samanaikaisesti viemään tekniikkaa valmiiksi enne alakattoja alempana. Osallistuminen kaikkiin työvaiheisiin aiheuttaa helposti resurssiongelmiä, eivätkä urakoitsijat ole välttämättä ymmärtäneet kohteen suuruusluokkaa tarjousvaiheessa. Tämän lisäksi kommunikaatio talotekniikan urakoitsijoiden, rakennusurakoitsijoiden ja pääurakoitsijan välillä on todella tärkeää, mutta haastavaa, sillä yleisesti pääurakoitsijan osalta talotekniikalle on olemassa vain valvojat, jotka eivät pysty seuraamaan työn toteutumista päivätasolla, eivätkä pysty olemaan tavoiteltavissa jatkuvasti ongelmatilanteiden osalta. Urakoitsijoiden välinen kommunikaatio voi myös olla haastavaa, sillä kaikki pyrkivät luonnollisesti keskittymään omiin työvaiheisiin ja aikataulujen toteutumiseen. Kommunikaation puute luo luonnollisesti paljon ongelmia, sillä ongelma-kohtiin ei välttämättä pystytä tällöin tarttumaan heti, ja paljon asioita saattaa jäädä jälkitöiksi.<sup>87,88</sup>

Merkittävä ero taloteknisten töiden suorittamiselle korkeassa rakentamisessa ovat jatkuvat väliaikaisratkaisut. Pilvenpiirtäjissä myös työmaa-aikaiset paloturvallisuusmääräykset ovat huomattavasti vaativammat, jonka takia esimerkiksi väliaikainen savunpoisto (Kuva 22.) täytyy asentaa välittömästi. Tämän lisäksi myös neljän kerroksen välein tehtävät palokatkot vaativat tehokasta pystylinjojen valmistelua talotekniikan urakoitsijoilta. Jos ylimääräisiin töihin ei ole varattu tarpeeksi resursseja, voi se aiheuttaa aikataulutoteutumien viivästymistä.<sup>87</sup>

---

<sup>87</sup> Haastattelu: Timo Kähkönen, SRV Rakennus Oy – Viitattu 19.3.2020

<sup>88</sup> Haastattelu: Janne Sepänmaa, Tate Solutions Oy – Viitattu 19.3.2020



Kuva 22. Redin Loiston työmaa-aikainen savunpoistokanava on kohteen suuruuden vuoksi todella iso, jonka takia sen asentaminen vei huomattavasti ylimääräistä aikaa.<sup>89</sup>

### Ratkaisuja aikataulutoteutumien tehostamiseen

Isoin ratkaisu talotekniikan työvaiheiden aikataulutoteutumien tehostamiseksi on käydä urakoitsijoiden kanssa läpi kaikki mahdolliset työvaiheet, väliaikaiset työt ja erikoistapaukset, mitä pilvenpiirtäjäkohteessa voi olla samanaikaisesti käynnissä. Työvaiheiden läpikäymisellä urakoitsijat saadaan ymmärtämään resurssien tarve. Pääurakoitsija voi myös itse laskea mahdollista resurssitarvetta kohteeseen, jonka seurauksena resurssimäärää voidaan vaatia sopimuksessa urakoitsijalta. Tekniikan suurta määrää ei pysty hallitsemaan, mutta on tärkeää, että urakoitsijat ymmärtävät tekniikan määrän, sekä sen, kuinka se vaikuttaa aikatauluihin.<sup>90</sup>

<sup>89</sup> Valokuva: Paulus Nevalainen, SRV Rakennus Oy – Viitattu 21.3.2020

<sup>90</sup> Haastattelu: Timo Kähkönen, SRV Rakennus Oy – Viitattu 19.3.2020

Kohteen alusta alkaen on hyvä, että talotekniikan urakoitsijat otetaan mukaan kaikkiin aikataulusuunnittelun ja viikkosuunnittelun palaverihin, jotta he pysyvät mukana kaikissa osa-alueissa, mitä korkeassa rakentamisessa tapahtuu samanaikaisesti. Talotekniikan urakoitsijoiden täytyy olla mukana runkotyön viikkosuunnittelussa, kuin myös sisävaiheen tahtiaikataulupalavereissa, sekä paloturvallisuuskierroksilla.<sup>91</sup>

Todella merkittävä tekijä talotekniikan töiden toteutumiselle aikataulussa on kommunikaation parantaminen. Yksi merkittävä tekijä kommunikaation parantamiseen on työnjohtaja pääurakoitsijan puolelta, kenen vastuualue on talotekniikan työt. Tämä lisää kommunikaatiota, sillä työmaalla on tällöin jatkuvasti yhteyshenkilö pääurakoitsijan puolelta, joka pystyy selvittämään ongelmatilanteet, ja myös kommunikoimaan helpommin muiden urakoitsijoiden kanssa. Myös kommunikaation osalta on tärkeää, että viikkosuunnittelussa on ovat talotekniikan urakoitsijat mukana, jolloin tahdistaminen ja ongelmien ratkominen tapahtuvat mahdollisimman nopealla aikataululla. Kahden viikon välein pidettävät urakoitsijapalaverit ovat liian hitaita, sillä kahden viikon aikana havaitut puutteet ja ongelmat pitäisi saada korjattua yleensä välittömästi.<sup>91</sup>

## Logistiikka

Talotekniikan osalta logistiikalla on suuri vaikutus aikataulujen toteutumisiin. Talotekniset työt vaativat paljon materiaaleja, ja eroavaisuutena muihin työvaiheisiin, talotekniikalla on työtehtäviä käynnissä monissa eri kerroksissa samanaikaisesti. Tästä johtuen logistisesti talotekniikan materiaalit vaativat paljon suunnittelua, sillä niitä joudutaan haalamaan niin holville, kuin myös samanaikaisesti alimpiin kerroksiin.

On tärkeää, että talotekniikan urakoitsijoita veloitetaan itse huolehtimaan omien materiaalien määrästä ja toimituksien ajankohdista, ja täten myös ilmoittamaan niistä logistiikkurakoitsijalle itse. Tämä on tärkeä velvoite, joka täytyy olla lisättynä urakkasopimukseen korkean rakentamisen hankkeissa. Toisaalta on myös mahdollista, että runkourakoitsija vastaisi holville menevistä talotekniikan materiaaleista, jolloin nosturin käyttöä on helpompi suunnitella. Tämä on kuitenkin jo urakkaneuvotteluissa läpi käytävä asia, sillä se luo luonnollisesti lisäkustannuksia runkourakkaan, mutta vähentää tällöin logistiikkakuluja.

---

<sup>91</sup> Haastattelu: Timo Kähkönen, SRV Rakennus Oy – Viitattu 19.3.2020

#### 4.6 Viimeistelyvaiheen aikataulut

Viimeistelyvaiheen aikatauluongelmien, -ratkaisuiden ja –vaikutusten tutkimisessa käytettiin hyödyksi tutkittavien kohteiden luovutusvaiheen aikatauluja. Tämän lisäksi asioita käytiin läpi molempien Redin tornien talotekniikan valvojan Timo Kähkösen (SRV Rakennus Oy) kanssa, liittyen tekniikan käyttöönottoon, sekä työnjohtajien Janne Eloranta ja Elias Kinnunen (SRV Rakennus Oy) kanssa Redin Majakan viimeistelyvaiheen osalta. Työn liitteinä (Liite 5 ja 6) on tiivistetyt taulukot viimeistelyvaiheen aikataulutoteutumien tehostamisesta.

Viimeistelyvaihe on hyvin kriittinen aikataulujen toteutumisen osalta, sillä viimeistelyä tahdistaa kaikki edeltävät työvaiheet. Tämän takia on hyvin tärkeää, että työvaiheiden valmistumista, vikojen ja puutteiden korjausta, sekä tarkastuksia valvotaan ja suunnitellaan tarkkaan päivätasolla. Korkeassa rakentamisessa monien työkohteiden lisäksi suuren haasteena on lukuisat käyttöönottotarkastukset, sillä tekniikkaa on jaettuna moniin eri tasoihin ja toiminta-alueisiin.

##### 4.6.1 Työvaiheiden loppuun vieminen ja tarkastukset

#### **Ongelmat aikataulutoteutumien osalta**

Työvaiheiden viimeistelyt, korjaukset ja tarkastukset vievät tunnetusti paljon aikaa monilta osapuolilta. Tästä syystä korkeassa rakentamisessa on erittäin tärkeää, että viimeistelyt hoidetaan hallitusti ja suunnitellusti, sillä tiloja on normaalia huomattavasti enemmän. Ongelmallisimmat asiat viimeistelyiden aikataulutoteutumien osalta ovat itselleluovutusten puutteellisuus urakoitsijoiden osalta, tarkastusten huomioinnin puute aikataulutuksessa, viimeistelyjen ja asukastarkastuksien toteutuminen väärässä järjestyksessä, sekä korjauskierteeseen joutuminen.<sup>92</sup>

Urakoitsijoiden itselleluovutuksien tekeminen pitää tapahtua työvaiheen valmistuttua, eikä sitä saa jättää tekemättä, erityisesti, kun kyseessä on valmista pintaa tai materiaalia tuottava työvaihe, jossa virheet eivät tule enää ilmi seuraavien työvaiheiden osalta. Näitä vaiheita ovat esimerkiksi kalusteasennus, parkettiasennus, keittiöiden tasot ja taustat,

---

<sup>92</sup> Haastattelu: Elias Kinnunen ja Janne Eloranta (SRV Rakennus Oy) – Viitattu 2.3.2020



sekä oviasennus. Jos itselleluovutukset jäävät tekemättä, joudutaan viimeistelyssä tekemään enemmän tai mahdollisesti kutsua urakoitsijat korjaamaan puutteita jo heidän poistuttua kohteesta, jolloin ylimääräistä aikaa kuluu turhaan. Itselleluovutusten tärkeys kasvaa korkeassa rakentamisessa, sillä tehtyjä tiloja on huomattavasti normaalia enemmän, joten puutteiden havainnointi ajoissa on vaikeampaa.<sup>93</sup>

Tarkastusten osalta viimeistelyvaiheen aikatauluissa ei ole tutkittavissa kohteissa merkattu erikseen eri osapuolten tarkastuksia. Ainoastaan pääurakoitsijan itselleluovutusten huomiointi vaikeuttaa viimeistelyä ja tahdistaa myös käyttöönottokokeita. Esimerkiksi rakennusvalvojan vika- ja puutelistojen tekemiselle on pakko varata aikaa, ja jos sille ei lyödä lukkoon tarkkoja ajankohtia, vaikeutuu puutteiden korjaaminen. Tämä johtuu siitä, että jos pääurakoitsija tekee ensin omat listat ja rakennusvalvoja vasta myöhemmin, joudutaan puutteita korjata kahteen kertaan jokaisessa tilassa. Tämä syö huomattavasti aikaa viimeistelyiden tekemisestä, sillä siirtyminen vie korkeassa rakennuksessa kauan aikaa, ja tilojen hallinta on suuren lukumäärän takia haastavampaa.<sup>93</sup>

Viimeistelyvaiheen töiden saattaminen loppuun vaikeutuu huomattavasti, kun asunnot myydään suoraan asukkaille ilman erillistä rakennuttajaa, niin kuin tutkittavissa Redin Majakassa ja Redin Loistossa tehdään. Tästä johtuen, jokainen asukas on velvollinen tekemään asukastarkastuksen asuntoon, jonka pohjalta hän hyväksyy asunnon vastaanotetuksi itselleen. Asukastarkastukset vievät korkeassa kohteessa hyvin paljon aikaa, ja niiden etukäteen aikatauluttaminen on haastavaa. Erityistä aikataulutoteutumien viivästystä aiheuttaa se, jos työvaiheita ja puutteiden korjauksia ei saada edeltävien vika- ja puutelistojen osalta tehtyä ennen asukastarkastusta. Tämä johtaa siihen, että asunnosta tulee löytymään paljon puutteita, jolloin asukkaat ovat oikeutettuja tulemaan uudestaan tarkastukseen ja tarkastamaan huomattujen puutteiden korjaukset. Koska pilvenpiirtäjäkohteissa on useita kerroksia ja asuntoja, merkitsee se sitä, että jatkuvien asukastarkastusten sopiminen kahteen kertaan, kaikkien virheiden ja puutteiden korjaaminen asukastarkastuksien määrittelemillä aikarajoituksilla, ja edellisten puutelistojen korjaus samanaikaisesti aiheuttavat suuria ongelmia aikataulujen toteutumiselle.<sup>93</sup>

Yksi haastavin viimeistelyvaiheen valmistumista vaikeuttava tekijä on niin sanottuun korjauskierteeseen joutuminen, jonka merkitys kasvaa kohteen ollessa iso. Asuinpilvenpiir-

---

<sup>93</sup> Haastattelu: Elias Kinnunen ja Janne Eloranta (SRV Rakennus Oy) – Viitattu 2.3.2020

täjissä korjauskierre on erittäin haastava asia, sillä tiloja tai asuntoja on niin monia. Korjauskierteellä tarkoitetaan sitä, kun asunnossa tai tilassa on tehty loppusiivous ja vikoja tai puutteita täytyy mennä korjaamaan kyseiseen tilaan. Korjaustyöt saattavat helposti aiheuttaa vikoja, kuten jälkiä seiniin, parkettiin tai kalusteisiin. Tästä johtuen uusia vikoja täytyy korjata uudestaan, joka aiheuttaa taas riskejä uusille kolhuille, jäljille tai vioille. Korjauskierrettä on hyvin haastavaa hallita, jos vikojen korjaamiselle on jo entuudestaan kiire, ja tilojen ja tekijöiden liikkumista työmaalla on vaikeaa valvoa.<sup>94</sup>

### **Ratkaisuja aikataulutoteutumien tehostamiseen**

Viimeistelyvaiheen vieminen loppuun hallitusti ja aikataulussa korkeassa rakentamisessa vaatii paljon kommunikaatiota eri osapuolten välillä, sekä tarkkaa kirjanpitoa ja suunnittelua asioiden osalta.

Ensimmäinen olennainen asia, jonka avulla varmistetaan viimeistelyvaiheen onnistuminen ajallaan, on urakoitsijoiden itselleluovutuksien hoitaminen kuntoon välittömästi, kun mesta on valmis. On tärkeää sisällyttää urakkasopimukseen vaatimus siitä, että urakoitsija on itse vastuussa itselleluovutuksien tekemisestä. Tämän lisäksi itselleluovutuksien toteutumisen varmistamiseksi olisi tärkeää saada urakoitsijat sidottua ilmoittamaan päivät, jolloin aikovat tehdä itselleluovutuksia esimerkiksi kerroksesta tai tilasta. Kyseiset päivämäärät voitaisiin silloin lisätä työmaan viikkoaikatauluun, jolloin varmistutaan siitä, että ne tulevat tehdyksi.<sup>94</sup>

Viimeistelyvaiheessa on myös tärkeää tahdittaa kaikki jälkityöt ja korjaukset niin, etteivät ne jää asukastarkastuksien jälkeisiksi ongelmiksi. Tämä vaatii jatkuvaa kommunikaatiota pääurakoitsijan työnjohtajilta, sillä asukastarkastuksien ajankohtien selvittyä on tärkeää keskittää työryhmät niihin asuntoihin, mihin tarkastukset tullaan tekemään seuraavaksi.<sup>94</sup>

Viimeistelyvaiheessa suuri ongelma on joutua korjauskierteeseen. Korjauskierteen merkittävyys kasvaa, kun kyseessä on korkea tai laaja rakennuskohde, missä on monia asuntoja ja tiloja, jotka on pidettävät kunnossa luovutukseen asti. Tästä johtuen on tärkeää, että valmiiden ja itselleluovutettujen asuntojen ovet laitetaan lukkoon. Ovien lukkoon lyömisen jälkeen asunnoissa tehtäviä jälkitöitä on seurattava, johon ratkaisuna on avainten haltija, jonka tehtävä on avata ovia urakoitsijoille työpäivän aikana, kirjaten ylös

---

<sup>94</sup> Haastattelu: Elias Kinnunen ja Janne Eloranta (SRV Rakennus Oy) – Viitattu 2.3.2020

urakoitsijan, hänen tekemänsä työn ja huoneen tai tilan, missä työ tapahtuu. Kun urakoitsija on valmis, on hän velvollinen lukitsemaan oven, jonka jälkeen työn päätyttyä avainten haltija käy tarkastamassa asunnon kunnan, tutkien erityisesti tilaa, missä työ tehtiin. Tämän ansiosta saadaan hallitusti valvottua asuntojen kunnossa pysymistä, sekä sitä, kenen vastuulle mahdolliset naarmut, viat ja lika voidaan laittaa.<sup>95</sup>

Urakoitsijoille voidaan myös tehdä esimerkiksi sähköinen varauskalenteri, johon he voivat merkata, milloin haluavat mihinkin asuntoon töihin, mitä tekemään, ja tarkan tilan tiedot. Tämän avulla avainten haltija osaa tehokkaasti kiertää avaamassa ovet järkevässä järjestyksessä aamuisin, ja mennä hallitusti myös tarkastamaan tilat myöhemmin päivällä.<sup>95</sup>

#### 4.6.2 Tekniikan käyttöönotto ja toimintakokeet

##### **Ongelmat aikataulutoteutumien osalta**

Korkeassa rakentamisessa testattavaa tekniikkaa on huomattavasti enemmän kuin tavallisissa kohteissa, jonka takia toimintakokeiden tekeminen niin yksittäisille laitteistoille, kuin myös tekniikan yhteen sopivuuden osalta voi aiheuttaa suuriakin aikataulullisia ongelmia.

Talotekniikan käyttöönoton sekä laitteiden toimintakokeiden osalta viimeistelyvaihe on erittäin kriittinen, sillä toimintakokeet edellyttävät sen, että kaikki rakentamisen työvaiheet ovat täysin valmiita, tilat ovat pölyttömiä, talotekniset työt on saatu täysin valmiiksi, sekä itselleluovutukset tehty ja puutteet korjattu. Esimerkiksi IV-koneiden osalta toimintakokeet on tehtävä sektori kerrallaan, eli kahden kerroksen välein. Jos työvaiheet ovat kesken jollain tasolla, ei kahden kokonaisen kerrokset toimintakokeita voida suorittaa.<sup>96</sup>

Keskeneräiset työvaiheet johtavat helposti siihen, että toimintakokeita pystytään tekemään satunnaisesti eri tekniikan osalta eri kerroksissa, jonka seurauksena käyttöönotto ei etene järjestelmällisesti. Järjestelmättömyyden seurauksena tekniikan yhteen toimi-

<sup>95</sup> Haastattelu: Elias Kinnunen ja Janne Eloranta (SRV Rakennus Oy) – Viitattu 2.3.2020

<sup>96</sup> Haastattelu: Timo Kähkönen, SRV Rakennus Oy – Viitattu 2.3.2020

vuutta ei päästä todentamaan heti, joka voi johtaa siihen, että laitteiden yhteen sopivuudessa havaitaan ongelmat aivan liian myöhään, jolloin rakennuksen luovutus voi viivästyä.<sup>97</sup>

Ongelmia toimintakokeiden tekemiseen pääsemisessä aiheuttaa myös se, että edeltävien työvaiheiden osalta kyseessä on hyvin monia eri urakoitsijoita. Urakoitsijoiden määrä aiheuttaa helposti ongelmia, sillä viimeistelytöiden täytyy edetä tarkassa järjestyksessä ja jokainen edeltävä työvaihe ja virheiden korjaaminen tahdistavat seuraavaa urakoitsijaa. Kommunikaation puute urakoitsijoiden välillä johtaa siihen, että asuntokohtaisen valmistumisen valvonta vaikeutuu, kun seuraava urakoitsija ei saa tietoa siitä, milloin pääsee kyseiseen työmestään töihin tarpeeksi aikaisin. Korkean rakentamisen kohteessa tämä ongelma nousee erityisesti esiin, sillä työntekijöitä on sijoitettuna useisiin työpisteisiin ympäri kerroksia. Tämä tarkoittaa sitä, että tekijöiden sijoittaminen uuteen työmestään voi olla hitaampaa kuin pienemmissä kohteissa.<sup>97</sup>

### **Ratkaisuja aikataulutoteutumien tehostamiseen**

Jotta käyttöönotto vaihe saadaan menemään järjestelmällisesti oikein, täytyy edeltävät työvaiheet ajoittaa päivätasolla oikein. Tämä vaatii sitä, että kaikki urakoitsijat ovat yhdessä mukana suunnittelemassa aikataulutusta. Redin Majakassa käyttöönotto tehtiin epäjärjestyksessä, sillä työvaiheet olivat vielä kesken, eikä urakoitsijoilla ollut sopivaa välikättä kommunikaation parantamiseen.<sup>97</sup>

Hyvin suuren vaikutuksen kommunikaation ja tahdittamiseen saa aikaan se, että pääurakoitsijalla on yksi nimetty työnjohtaja, joka vastaa talotekniikan työvaiheiden toteutuksesta ja työn valvonnasta. Samaan aikaan kyseisen työnjohtajan olisi hyvä pitää päivittäisiä aikatauluvalvontapalavereja talotekniikan- kuin myös siivousurakoitsijan kanssa, kun toimintakokeita ollaan aloittamassa. Tämän avulla pystytään yhdessä sopimaan siitä, kenen urakoitsijan työntekijät ovat missäkin asunnossa töissä, ja siitä milloin seuraava urakoitsija pääsee seuraavaksi asuntoon.<sup>97</sup>

Yhtenä hyvänä työkaluna päivittäisen työvaiheseurannan avuksi voidaan pitää Redin Loistoon kehitteillä olevaa toimintakokeiden vinjettiaikataulua (Taulukko 6.), jossa on ilmaistuna jokaisen asunnon kohdalla valmiusaste, seuraavat työvaiheet järjestyksessä,

<sup>97</sup> Haastattelu: Timo Kähkönen, SRV Rakennus Oy – Viitattu 2.3.2020

sekä niiden valmistumiseen sovittu ajankohta. Matriisia valvomalla pystyvät kaikki urakoitsijat suunnittelemaan helposti omien työntekijöiden liikkumista ja sijoittelua työmaalla päiväkohtaisesti, joka mahdollistaa tarkkaan tahdistetun viimeistelyn toteutumisen ajalaan, jotta toimintakokeet päästään tekemään tarpeeksi ajoissa.<sup>98</sup>

Toimintakokeiden ja edeltävien vaiheiden aikataulu					Valmis	Aloitettu	Myöhässä
Lohko	Asunto	Rakennustyöt	Pölyttömyys	IV-työt	Sähkötyöt	Automaatiotyöt	Toimintakokeet
1 (1-2krs)	As1	Valmiina 25.5	Valmiina 27.5	Valmiina 2.6	Valmiina 5.6	Valmiina 8.6	Valmiina 28.7
	As2	Valmiina 27.5	Valmiina 29.5	Valmiina 4.6	Valmiina 8.6	Valmiina 14.6	
	As3	Valmiina 29.5	Valmiina 1.6	Valmiina 6.6	Valmiina 14.6	Valmiina 19.6	
	As4	Valmiina 1.6	Valmiina 3.6	Valmiina 12.6	Valmiina 19.6	Valmiina 28.6	
	As5	Valmiina 13.6	Valmiina 15.6	Valmiina 22.6	Valmiina 28.6	Valmiina 1.7	
	As6	Valmiina 15.6	Valmiina 17.6	Valmiina 24.6	Valmiina 1.7	Valmiina 4.7	
	As7	Valmiina 17.6	Valmiina 19.6	Valmiina 26.6	Valmiina 4.7	Valmiina 13.7	
	As8	Valmiina 22.6	Valmiina 24.6	Valmiina 30.6	Valmiina 13.7	Valmiina 16.7	

Taulukko 6. Havainnoiva vinjetiaikataulu toimintakokeista.<sup>99</sup>

Redin Loiston ja Majakan osalta LVI-valvojana toimivan Timo Kähkösen (SRV Rakennus Oy) mukaan Majakan käyttöönotossa oli paljon ongelmia, juurikin päivittäistason valvonnan puutteista johtuen. Kähkönen on valmistellut esitystä Loistoa varten siitä, kuinka käyttöönottovaihetta on parannettava.<sup>98</sup>

Kähkösen mukaan luovutusvaiheen aikataulua on täydennettävä, ja aikataulussa täytyy työvaiheiden lisäksi näkyä hissien valmistuminen, huoltohenkilökunnan koulutukset, äly-

<sup>98</sup> Haastattelu: Timo Kähkönen, SRV Rakennus Oy – Viitattu 2.3.2020

<sup>99</sup> Paulus Nevalainen, SRV Rakennus Oy 2020: Toimintakokeiden vinjetiaikataulu – Viitattu 2.3.2020

kotijärjestelmät, jäähdytystarpeet, yleiskaapeloinnin ja jakamojen tarvittava valmius, porashuoneen savunpoisto, turvallisuusjärjestelmät ja asukastarkastukset. Yllä mainittujen työvaiheiden puuttuminen aikataulusta mahdollistaa sen, että toimintakokeita ei päästä tekemään ajoissa, sillä kyseisiä töitä ei ole valvottu ja toteutettu ajoissa.<sup>100</sup>

Lisäksi Kähkösen mielestä luovutusvaiheeseen vaikuttavista töistä tehtävä myös vino-viiva-aikataulu, josta näkyy mm. alakattoasennusten eteneminen, jotta paloilmaisimien, palovaroittimien, poistumisopasteiden ja hätäkuulutuksen asennuksiin löytyy riittävä työ-aika. Vinoviiva-aikataulussa pitää näkyä erikseen asunnot, käytävät sekä parvekkeet.<sup>100</sup>

Toimintakokeita edeltävistä töistä on Kähkösen esityksen mukaan tehtävä myös kolme erillistä listaa, joiden pohjalta pystytään valvomaan seuraavia asioita:

1. Aikataulu 1: Ilmanvaihto (Siivouksen ja IV-asennuksien eteneminen)
2. Aikataulu 2: Turvallisuusjärjestelmät (Kaikki palotarkastuksiin tähtäävät työt ja niiden eteneminen)
3. Aikataulu 3: Muut toimintakokeita tahdistavat työt (Lämmitys ja erillispisteet)

Aikataulujen lisäksi urakoitsijoille on laadittava oman tarkastuslistat, joiden pohjalta he tekevät omat itselleluovutukset ja tarkastukset. Erityisen tärkeänä listana Kähkönen pitää IV-koneiden tarkastuslistaa, sillä asuntojen IV-koneiden käyttöönotossa osallisena ovat putki-, ilmastointi-, sähkö- ja automaatiourakoitsija, sekä IV-laitteiden valmistaja.<sup>100</sup>

Urakoitsijoiden on myös tehtävä omat itselleluovutukset ja niiden korjaukset aikataulussa, kuin myös pääurakoitsijan vika- ja puutelistojen korjaukset.<sup>100</sup>

Putkiurakan osalta käyttöönottovaiheessa tärkein asia on saada kaikki viemärikuvaukset tehtyä ajallaan mahdollisia korjauksia myöden. Hyvä ratkaisu valvoa putkikuvauksien etenemistä olisi tehdä viemärikuvausvinjetti, johon merkataan kuvatut, korjatut ja tarkastamattomat asunnot ja niiden viemäriinjat erikseen. Tämä auttaa huomattavasti valvomaan jatkuvasti tapahtuvaa viemärikuvausta, jolloin käyttöönottovaiheessa voidaan olla

---

<sup>100</sup> Haastattelu: Timo Kähkönen, SRV Rakennus Oy – Viitattu 2.3.2020

varmoja, että kaikki viemärit ovat kunnossa. Putkipuolella olennaista on myös saada verkostojen painekokeet tehtyä välittömästi verkoston täytön jälkeen.<sup>101</sup>

Ilmanvaihtourakan osalta olennainen asia on se, että ilmamäärien säätöä ei ole hyvä aloittaa ennen kuin rakennustekniset työt ovat täysin valmiita. On myös huomioitava, että IV-mittaus- ja säätötöiden aikana rakennukset ikkunat, vesikaton luukut ja parkkihallin ovet on oltava kiinni. Äänimittaukset on myös tehtävä ennen käyttöönottokokeita, jotta ongelmalliset tilat saadaan kartoitettua ja jälkikaiunta-aikojen mittaukset saadaan tehtyä ajoissa.<sup>101</sup>

Sähköpuolella ennen käyttöönottoa on varmistettava, että yleiskaapelointi ja ristikytkentäkaapit ovat valmiina, jotta ylempien vyöhykkeiden toimintakokeet voidaan aloittaa mahdollisimman aikaisin. Näin vältetään myöhästymiseltä luovutuksen suhteen.<sup>101</sup>

### **Viimeistelyvaiheen logistiikka**

Logistiikalla ei ole viimeistelyvaiheessa suurta roolia, mutta epäonnistunut logistiikka voi olla kuitenkin ratkaiseva tekijät aikataulujen toteutumiselle. Logistiikan on suunniteltava haalaukset ja materiaalien siirrot niin, etteivät ne hajota paikkoja tai jätä jälkiä maalipintoihin. Hissien käyttö viimeistelyvaiheessa tapahtuu täysin valmiilla sisähisseinä, jolloin tavara on mitoitettava oikein hissiin, ettei hissiin tule kolhuja ja naarmuja. Tavaraa on siis vietävä kerroksiin ja sieltä pois pienemmissä erissä kuin aikaisemmin, jolloin logistiikan on suunniteltava ajan käyttö materiaalien haalaukseen eri tavalla.

Logistiikka saadaan myös mukaan aikaisemmin mainittuun avainten haltijan toimintaan. Jos urakoitsijat tarvitsevat tavaraa asuntoon, jonne menevät korjaamaan puutteita tai tekemään jälkitöitä, voi sähköisessä varauksessa olla myös mahdollisuus ilmoittaa logistiikalle tarvittava materiaali, jolloin logistiikka osaa suunnitella viikkotasolla tavaroiden siirron oikeisiin paikkoihin. Materiaalit ovat yleisesti järkevämpi jättää rappukäytävään viimeistelyvaiheessa, kunnes urakoitsija pääsee paikalle. Jos materiaali on kuitenkin liian isoa varastoitavaksi käytävälle, kuten uudet kalusteen tai keittiöiden tasot, on ne vietävä asuntoon sisälle avainten haltijan kautta. On myös muistettava oikeaoppinen tavaroiden ja pintojen suojaus, kun tavaraa viedään sisälle valmiisiin asuntoihin.

---

<sup>101</sup> Haastattelu: Timo Kähkönen, SRV Rakennus Oy – Viitattu 2.3.2020

## 5 Laadukas aikataulusuunnittelu pilvenpiirtäjäkohteissa

Pilvenpiirtäjähankkeissa aikataulusuunnittelussa täytyy huomioida paljon erilaisia tekijöitä, mitä tavallisemmissa rakennushankkeissa ei välttämättä täyty ajatella ollenkaan. Pilvenpiirtäjien laadukkaaseen aikataulusuunnitteluun täytyy kiinnittää huomiota monissa eri vaiheissa projektia, mistä olennaisimmat ovat yleisaikataulun luominen, hankintojen ja sopimuksien laatiminen, työvaihe aikataulujen laatiminen, sekä viikkoaikataulujen suunnitteleminen.

Tässä kappaleessa käydään läpi merkittävimmät tavat, millä aikataulusuunnittelua korkeassa rakentamisessa saadaan vietyä eteenpäin, ja millä aikataulutoteutumia saadaan realisoitua, sekä tehostettua. Työn liitteinä (Liite 1, Liite 2, Liite 3, Liite 4, Liite 5 ja Liite 6) ovat tiivistetyt ohjeistukset eri työvaiheiden aikataulutoteutumien tehostamiseen.

### 5.1 Yleisaikataulun ja työvaihe aikataulujen laatiminen

Työmaan aikataulujen osalta pilvenpiirtäjäkohteissa on olennaista, että kaikkia työvaiheita suunnitellaan erikseen. Yleisaikataulut, sekä kaikki työvaihe aikataulut täytyy tehdä paikka-aika kaavioina<sup>102</sup>. Tämän lisäksi sisävalmistusvaiheen osalta tahtiaikataulu täytyy olla laadittuna jo ennen kohteen alkamista<sup>103</sup>.

Runkotyön osalta aikataulujen laatimisessa täytyy ottaa huomioon, että tuulipäivät estävät työn etenemistä. Redin Loiston ja Majakan osalta tuulipäiviä, mitkä ovat estäneet nosturien käytön, on ollut keskimäärin 14 vuodessa. Lisäksi runkotyön osalta on tärkeää, että nosturien harusten asennuksille ja nosturien tunkkauksille on määritelty etukäteen viikkotasolla ajankohdat, jolloin runkotyön aikataulussa tulee näiden töiden osalta viivästystä. Nosturien harusten asennukset vievät keskimääräisesti 4-8 tuntia. Nosturien tunkkaukset vievät keskimäärin 8-12 tuntia.<sup>104</sup>

Julkisivuasennukset osalta täytyy huomioida, että sen sivun mihin haalaustasot ovat asennettuna, julkisivuasennus vie enemmän aikaa vastapainopuomin käytön takia. Vas-

<sup>102</sup> Liite 8. – Redin Loiston yleisaikataulu 2019 – Viitattu 24.3.2020

<sup>103</sup> Liite 7. – Redin Loiston tahtiaikataulu 2019 – Viitattu 24.3.2020

<sup>104</sup> Haastattelu: Miiro Lehto (SRV Rakennus Oy), Andrei Tsinnonjoi (Rakennustoimisto Kontek Oy) – Viitattu 24.3.2020



tapainopuomin käyttö pidentää asennukset menekkiä noin 15%. Tämän lisäksi vesikatkojen tekemiselle olisi hyvä suunnitella aikataulut julkisivuaikataulun ohelle, erityisesti jos vesikatkon tekeminen halutaan toteuttaa urakkana.

Sisävalmistusvaiheen aikataulutuksessa on tärkeää, että työvaiheet saataisiin tahdistettua etenemään samaa tahtia, jolloin kaikki työvaiheet voivat olla käynnissä alusta loppuun ilman, että mikään työvaihe saa toista kiinni. Työvaiheiden tahti on siis suunniteltava realistiseksi kerroskohtaiseksi. Pienemmät työvaiheet, kuten sauna-asennukset, viherhuoneiden lasit tai keittiöiden taustat, jotka ovat huomattavasti pienempiä urakoita kerroskohtaisesti, täytyy tahdistaa kulkemaan muiden työvaiheiden välissä tai samanaikaisesti jos tämä on mahdollista. Nämä pienemmät urakat on aikataulutettava niin sanotusti keikkaluontoisesti, jolloin urakoitsijoilta ei välttämättä ole työntekijöitä jatkuvasti työmaalla. Sisävalmistusvaiheessa on myös todella tärkeää huomioida kaikki urakoiden väleihin jäävät harmaan alueen työt, jolloin niille on myös suunniteltava tarvittavat resurssit ja aikataulut, jolloin vältetään ylimääräisiltä riskeiltä.<sup>105</sup>

Sisävalmistusvaiheen osalta voidaan myös käyttää kiihtyviä aikatauluja, joissa otetaan huomioon työryhmän tottuminen toistuvaan työhön, jolloin työtahti kiihtyy. Kiihtyvillä aikatauluilla saadaan urakoitsijat pitämään saman työryhmän. Kiihtyvyys ei voi kuitenkaan olla jatkuvaa, mutta peruseriaatteena on hyvä, että ensimmäisten kerrosten työmenekkiin lasketaan 15% ylimääräistä aikaa, kun taas viimeisissä kerroksissa työtahti voi olla kiihtynyt 15% laskettua työmenekkiä tehokkaammaksi.<sup>105</sup>

Viimeistelyvaiheen aikataulusuunnittelussa täytyy ottaa huomioon korjauksiin kuluva aika, jotka täytyy toteuttaa ennen asukastarkastuksia. Tämän takia asukastarkastukset, sekä niitä edeltävät korjaukset täytyy aikatauluttaa yleisaikatauluun. Korjauksille täytyy jättää minimissään viisi päivää aikaa viimeisten työvaiheiden valmistumisesta asukastarkastuksiin.<sup>106</sup>

Toimintakokeiden osalta on tärkeää, että toimintakokeita edeltäville töille laaditaan vinjettiaikataulu, jota valvotaan päivittäin. Vinjettiaikataulun tarkat päivämäärät tarkentuvat

---

<sup>105</sup> Haastattelu: Elias Kinnunen ja Janne Eloranta (SRV Rakennus Oy) – Viitattu 24.3.2020

<sup>106</sup> Haastattelu: Elias Kinnunen ja Janne Eloranta (SRV Rakennus Oy) – Viitattu 24.3.2020

luonnollisesti kohteen edetessä, mutta alustavat ajankohdat viikkotasolla olisi hyvä olla laadittuna jo kohteen alkaessa.<sup>107</sup>

## 5.2 Aluesuunnittelu

Aluesuunnittelun osalta aikataulutoteutumien tehostamiseksi on tärkeää keskittyä siihen, että logistiikka saadaan toimimaan työmaa-alueella. Työmaan piha-alueella täytyy luonnollisesti olla kuorman purulle varattu alue, joka on nosturin säteellä. Kuormien purkualueen lisäksi työmaalla täytyy olla toinen alue varattuna pumpulle, jonne betoniautoilla on tilaa ajaa. On tärkeää, että nämä kaksi aluetta ovat erillään toisistaan, sillä valujen ajankohdat eivät saa estää logistiikkaa toimimasta.<sup>108</sup>

Jos kohteen sääsuojaseinät kasataan työmaalla, täytyy sille olla varattuna oma alue kaasaamisen ajaksi. Jos tämä ei ole mahdollista alueen koon osalta, täytyy sääsuojaseinät kasata muualla. Redin Loistossa sääsuojaseinät kasattiin työmaan läheisyydessä olevalla vuokratulla varastoalueella, josta sääsuojaseinät kuljetettiin työmaalle yöaikaan, sillä seinät ovat niin suuria, että ne vaativat leveän kuljetuksen.<sup>109</sup>

Julkisivuasennusta varten on varattava vähintään 200m<sup>2</sup> alue pihalta, sillä elementit täytyy välivarastoida työmaalla. Julkisivuelementit täytyy myös kaataa vaakatasoon ennen asennusta, jotta oikeat nostokoukut saadaan asennettua. Julkisivuelementtien varastointialue täytyy olla nosturin säteen sisällä.<sup>108</sup>

Tuulen suuntiin täytyy myös kiinnittää huomiota aluesuunnittelussa, sillä jos piha-alueella on tarpeeksi tilaa tuulen vastaisella puolella rakennusta, täytyy elementti- ja muotifakit (Kuva 23.) sijoittaa sinne, kuin myös logistiikalle varattu kuorman purkualue. Tämä mahdollistaa nostojen tekemisen myös tuulisina päivinä, sillä rakennus itsessään estää suurimman osan tuulesta. Redin tornien osalta suurimmat tuulivoimat tulevat lounaasta, joten ideaali sijainti fakeille ja purkualueelle on koillispuolella rakennusta.<sup>110</sup>

---

<sup>107</sup> Haastattelu: Timo Kähkönen, SRV Rakennus Oy – Viitattu 24.3.2020

<sup>108</sup> Liite 12. – Redin Loiston aluesuunnitelma – Viitattu 23.3.2020

<sup>109</sup> Haastattelu: Miira Lehto (SRV Rakennus Oy), Andrei Tsinnonjoi (Rakennustoimisto Kontek Oy) – Viitattu 5.3.2020

<sup>110</sup> Haastattelu: Miira Lehto (SRV Rakennus Oy), Andrei Tsinnonjoi (Rakennustoimisto Kontek Oy) – Viitattu 23.3.2020



Kuva 23. Elementtifakissa välivarastoidaan elementtejä ja muottikalustoa.<sup>111</sup>

### 5.3 Hankinnat ja sopimukset

Hankintojen ja sopimusten osalta ylimääräiset vaatimukset vaihtelevat osittain urakka- ja materiaalisopimuksista riippuen.

Urakoiden osalta sopimukseen on todella olennaista lisätä kohta työajoista, sillä työaikojen tahdistaminen (Taulukko 7.) tehostaa työntekijöiden liikkumista työmaalla huomattavasti. Tämä korostuu erityisesti silloin, kun kohteeseen on suunniteltu hissihenkilö vastaamaan hissillä liikkumisesta. Työaikojen alkaminen olisi hyvä tahdistaa puolen tunnin välein. On kuitenkin hyvä huomioida työaikojen suunnittelussa, että pilvenpiirtäjäkohdeissa syntyy todella helposti tilanne, missä kaikki työvaiheet ovat samanaikaisesti käynnissä. Tästä johtuen on hyvä suunnitella työajat niin, että työvaiheet, mitkä ovat käynnissä lähellä toisiaan kerroksien osalta, tahdistetaan alkamaan samaan aikaan. Tällä tavalla hissi ei liiku turhaan edes takaisin kaikkien kerrosten välillä. Hyvä esimerkki työaikojen tahdistamisesta alla olevassa taulukossa.<sup>112</sup>

<sup>111</sup> Valokuva: Finn-Form Oy - <http://www.finnform.net/elementtifakki.htm> - Viitattu 29.3.2020

<sup>112</sup> Haastattelu: Elias Kinnunen ja Janne Eloranta (SRV Rakennus Oy) – Viitattu 23.3.2020

Työaikojen tahdistaminen		
Työvaihe	Urakoitsija	Työpäivän aloitus
Runkotyö	X	6:00
Julkisivuasennus	X	6:30
Muuraus	X	6:30
Laatoitus	X	6:30
LVI	X	6:00
Sähkö	X	6:00
Levyväliseinät	X	7:00
Pintalattiat	X	7:00
Tasoitus ja maalau	X	7:30
Kalusteasennus	X	7:30

Taulukko 7. Työaikojen tahdistaminen<sup>113</sup>

Eri työvaiheiden urakkasopimukseen on hyvä lisätä erilaisia vaatimuksia. Runkourakan osalta on olennaista, että urakkaneuvotteluissa sovitaan kaikista mahdollisista materiaaleista, joita runkourakoitsija pystyy nostamaan holville runkotöiden ohella. Redin Loistossa on havaittu, että harkkojen nostaminen holville on todella tehokasta, ja vähentää logistiikan kuormittamista, vähentäen logistiikan epäonnistumisen todennäköisyyttä. Jos mahdollista, runkourakoitsijan kanssa voidaan myös sopia holvin taloteknisten materiaalien nostot. Runkourakoitsijan kanssa on myös erittäin tärkeää, että sopimukseen sisällytetään tarkat nosturiajat. Redin Loistossa runkourakoitsijalla on käytössä molemmat nosturit 6-13:00, ja tämän jälkeen vain toinen nosturi 18:00 asti. Tämä on hyväksi havaittu määrä nosturiaikaa runkourakoitsijalle, jolloin myös julkisivuasennuksella ja logistiikkaurakoitsijalla on tarpeeksi aikaa nosturin käyttöön.<sup>114</sup>

<sup>113</sup> Paulus Nevalainen 2020: Työaikojen tahdistaminen – Viitattu 23.3.2020

<sup>114</sup> Haastattelu: Miira Lehto (SRV Rakennus Oy), Andrei Tsinnonjoi (Rakennustoimisto Kontek Oy) – Viitattu 23.3.2020

Sisävalmistusvaiheen urakkasopimukseen on hyvä suunnitella etukäteen tarvittava määrä työvoimaa ja resursseja, ja tämä määrä on hyvä käydä urakoitsijan kanssa läpi jo urakkaneuvotteluissa. Oikeat määrät urakkaa kohtaan saadaan vertaamalla esimerkiksi Redin Majakan ja Loiston urakkojen toteutumista, resursseja ja työmäärää (esimerkiksi: Redin Loistossa kerroksessa on levyseinäneliöitä noin 350m<sup>2</sup>, ja levyseinätyössä urakoitsijalla on käytössä seitsemän työntekijää. Työmenekki ei kuitenkaan ole tarpeeksi tehokas, jonka takia voidaan päätellä, että 350m<sup>2</sup> levyseinätyöhön vaaditaan saman tyyppisessä kohteessa vähintään kahdeksan työntekijää). Tarvittavat työresurssit on siis hyvä lisätä urakkasopimukseen, jolloin urakotusajat lupautuvat pitämään oikean määrän resursseja hankkeessa. Resurssien määrän lisäksi on todella tärkeää, että sopimuksissa vaaditaan urakoitsijaa pitämään sama työryhmä alusta loppuun esimerkiksi kolmen ensimmäisen kerroksen töiden jälkeen. Tämä on erityisesti tärkeää, jos yleisaikataulun suunnittelussa päädytään käyttämään kiihtyviä aikatauluja. On myös tärkeää yrittää sisällyttää mahdollisimman kattavasti työtehtäviä urakkasopimukseen, jolloin harmaata aluetta jäisi vähemmän urakoiden väleihin.<sup>115</sup>

Näiden lisäksi lähestulkoon kaikkiin urakkasopimukseen pilvenpiirtäjäkohteessa on todella tärkeää lisätä vaatimus jatkuvalla työnjohdolle. Jatkuvan työnjohdon vaatimisen ohella pystytään myös osoittamaan, että kaikkien itselleluovutuksien ja tarkastuksien ajankohdat ja koolle kutsumiset tapahtuvat urakoitsijan puolelta. Nämä kaksi asiaa kulkevat käsi kädessä, sillä tarkastuksien ja itselleluovutuksien tekeminen omatoimisesti vaatii täyspäiväistä työnjohtoa. Tarkastuksien vaatimiselle pystytään myös lisäämään sakollisia välitavoitteita, jolloin tarkastukset ja itselleluovutukset toteutuvat urakoitsijoiden osalta varmemmin. Näiden lisäksi sopimukseen täytyy lisätä velvoite päivittäisiin tahtiaikataulupalaveriin osallistumisesta, sekä viikoittaisiin viikkoaikataulupalaveriin osallistumisesta.<sup>115</sup>

Materiaalitoimittajien ja urakoitsijoiden, jotka vastaavat itse materiaaleista, sopimukseen on tärkeää lisätä velvoite logistiikkaohjeiden noudattamisesta. Pilvenpiirtäjäkohteissa ulkopuolinen logistiikkavarasto on todettu todella tehokkaaksi keinoksi hallita logistiikkaa, jonka takia on tärkeää, että sopimukseen lisätään velvoite siitä, että materiaalit tilataan logistiikkavarastolle vähintään kaksi viikkoa ennen kuin materiaalit halutaan työmaalle.

---

<sup>115</sup> Haastattelu: Elias Kinnunen ja Janne Eloranta (SRV Rakennus Oy) – Viitattu 23.3.2020

Tämän lisäksi urakoitsijat täytyy velvoittaa sopimuksissa osallistumaan logistiikkapalaveriin, sekä ilmoittamaan logistiikkaurakoitsijalle viikkoa aikaisemmin materiaalit, mitkä halutaan työmaalle.<sup>116</sup>

#### 5.4 Viikkoaikataulujen laatiminen

Viikkoaikataulujen ja viikkosuunnittelun osalta on tärkeää, että työmaalla otetaan käyttöön välittömästi viikkoaikataulupalaverit, johon kutsutaan kaikki urakoitsijat. Projektin edetessä ja sisävalmistusvaiheen työvaiheiden käynnistyessä, täytyy viikkoaikataulujen laatiminen jakaa sisävaiheen- ja muiden työvaiheiden viikkoaikatauluihin, jolloin ne myös laaditaan niitä koskevien urakoitsijoiden kanssa. Tämä selkeyttää aikataulujen tulkitsemista, eikä työvaiheiden täydy olla samassa aikataulussa, jos ne eivät tahdista toisiaan merkittävästi.

Runkovaiheessa viikkosuunnitelmiin täytyy merkata valupäivät, raudoitustarkastukset ja valujen toteutustapa (jassikka, pumppu) ja sen ohelle vaadittava alue työmaan piha-alueelta. Runkotöiden ohelle talotekniikan urakoitsijoiden täytyy merkata rungon putki- ja sähkötöiden aloituksen- ja valmistumisen tarkat päivät. Runkotöiden viikkoaikatauluun on hyvä lisätä myös telineiden ja hissien valmistukset ja korotukset, sekä kaikki nosturien harustukset ja tunkkaukset.<sup>117</sup>

Julkisivuasennuksen osalta ainoa olennainen asia on julkisivu-urakoitsijan viikoittainen asennusaikataulu, jonka pohjalta logistiikka- ja runkourakoitsija voivat suunnitella vastapainopuomin käyttöä tehokkaasti. Julkisivuasennuksen asennusaikataulun pohjalta myös IV-koneiden nostot sisälle kerrokseen voidaan suunnitella onnistuneesti, sillä IV-koneiden nosto sisälle kerrosten IV-konehuoneisiin täytyy tehdä 2 kerrosta ennen julkisivua, IV-koneen suuren koon vuoksi.

Sisävalmistusvaiheen viikkoaikataulut tehdään tahtiaikataulun pohjalta, missä työvaiheiden etenemistä voidaan tarkentaa entisestään. Sisävalmistusvaiheen viikkoaikatauluun on ehdottomasti otettava huomioon työvaiheiden väliset harmaan alueen työvaiheet,

---

<sup>116</sup> Haastattelu: Elias Kinnunen ja Janne Eloranta (SRV Rakennus Oy) – Viitattu 23.3.2020

<sup>117</sup> Haastattelu: Miira Lehto (SRV Rakennus Oy), Andrei Tsinnonjoi (Rakennustoimisto Kontek Oy) – Viitattu 23.3.2020

sekä näiden työvaiheiden tekijät. Sisävalmistusvaiheen osalta myös muut työt, mitkä toteutetaan vuokratyövoimalla eli niin sanotusti tuntitöinä, täytyy merkata viikkoaikatauluun. Tämän lisäksi tahtiaikataulua on valvottava kaikkien sisävalmistusvaiheen ja talotekniikan urakoitsijoiden kanssa päivittäin. Redin Loistossa tahtiaikataulua valvotaan aina aamulla 8:00, ja valvontapalaveri tapahtuu siellä kerroksessa, missä levyväliseiniä tehdään, sillä kyseinen työvaihe vaatii monien urakoitsijoiden läsnäoloa. Tahtiaikataulupalaverissa käydään läpi aikataulutoteutumat, jotka merkataan tahtiaikatauluun vinjettiaikataulun tyyllisesti. Tämän lisäksi palaverissa käydään läpi kaikkien talotekniikan urakoitsijoiden valmiusaste kerroksessa, missä alakatot menevät umpeen seuraavaksi. Talotekniikan urakoitsijoilta vaaditaan kirjallinen kuittaus, kun alakattojen levyt voidaan asentaa heidän puolesta. Tällä varmistetaan, ettei ylimääräisiä jälkitöitä synny.<sup>118</sup>

Viimeistelyvaiheen osalta aikataulusuunnittelua täytyy jatkaa viikkoaikataulujen laatimisella. Viikkoaikatauluihin lisätään viimeistelytöiden päivämäärät, sijainti ja viimeisteltävä työ. Tämän viikkoaikataulun avulla voidaan kontrolloida asuntojen kuntoa erityisesti, jos kohteessa aiotaan käyttää avainten haltijaa, joka kontrolloi asuntoihin pääsyä.<sup>118</sup>

Toimintakokeiden ja niitä edeltävien työvaiheiden osalta on hyvä päivittää ja valvoa toimintakokeiden vinjettiaikataulua päivittäistasolla kaikkien talotekniikan urakoitsijoiden, sekä loppusiivousurakoitsijan kanssa. Vinjettiä päivitetään toteutumien mukaisesti, jolloin viivästymisiin ja ongelmiin pystytään puuttumaan välittömästi. Valvonnassa täytyy olla mukana pääurakoitsijan työjohtoa ja mieluummin taloteknisistä töistä vastaava työjohtaja, jos kohteeseen on sellainen nimetty.<sup>119</sup>

## 6 Johtopäätökset

Korkeassa rakentamisessa on paljon tekijöitä, joita ei täydy huomioida matalammassa rakentamisessa. Kaikki uudet ja ylimääräiset työvaiheet laskevat huomattavasti työtehoa, jonka takia resursseja vaaditaan normaalia enemmän. Pääurakoitsijan näkökulmasta työmaan liikkumista täytyy suunnitella huomattavasti enemmän, jonka lisäksi työ-

<sup>118</sup> Haastattelu: Elias Kinnunen ja Janne Eloranta (SRV Rakennus Oy) – Viitattu 23.3.2020

<sup>119</sup> Haastattelu: Timo Kähkönen, SRV Rakennus Oy – Viitattu 23.3.2020

maa täytyy suunnitella niin, että työntekijöiden ei tarvitsisi liikkua työvuoron aikana työ-  
mestalta pois useaan otteeseen. Myös työvaiheiden päällekkäisyys luo paljon uusia on-  
gelmiä, sekä ylimääräisiä työvaiheita.

Isoimmat tekijät korkeassa rakentamisessa aikataulutoteutumien tehostamiseen ovat  
työmaa-aikaiset hissit, torninosturit, taukotilat ja logistiikka. Jos näistä neljästä jokin osa-  
alue ei toimi tarpeeksi tehokkaasti, aiheuttaa se huomattavia viivästyksiä aikataulujen  
osalta. Tämän takia on tärkeää, että näitä osa-alueita suunnitellaan jo hyvissä ajoin en-  
nen työmaan alkamista, sekä niistä tehdään selkeät hankinnat ja aikataulut.

Sopimusasioissa korkean rakentamisen kohteissa täytyy huomioida urakoitsijoiden työn-  
johdon ja oikean resurssimäärän tärkeys. Sopimusten pohjalta olisikin todella olennaista  
saada urakoitsijoiden työryhmät vakiintuneiksi, sekä sitoa työnjohdon täysipäiväisesti  
työmaalle erityisesti merkittävimmissä urakoissa.

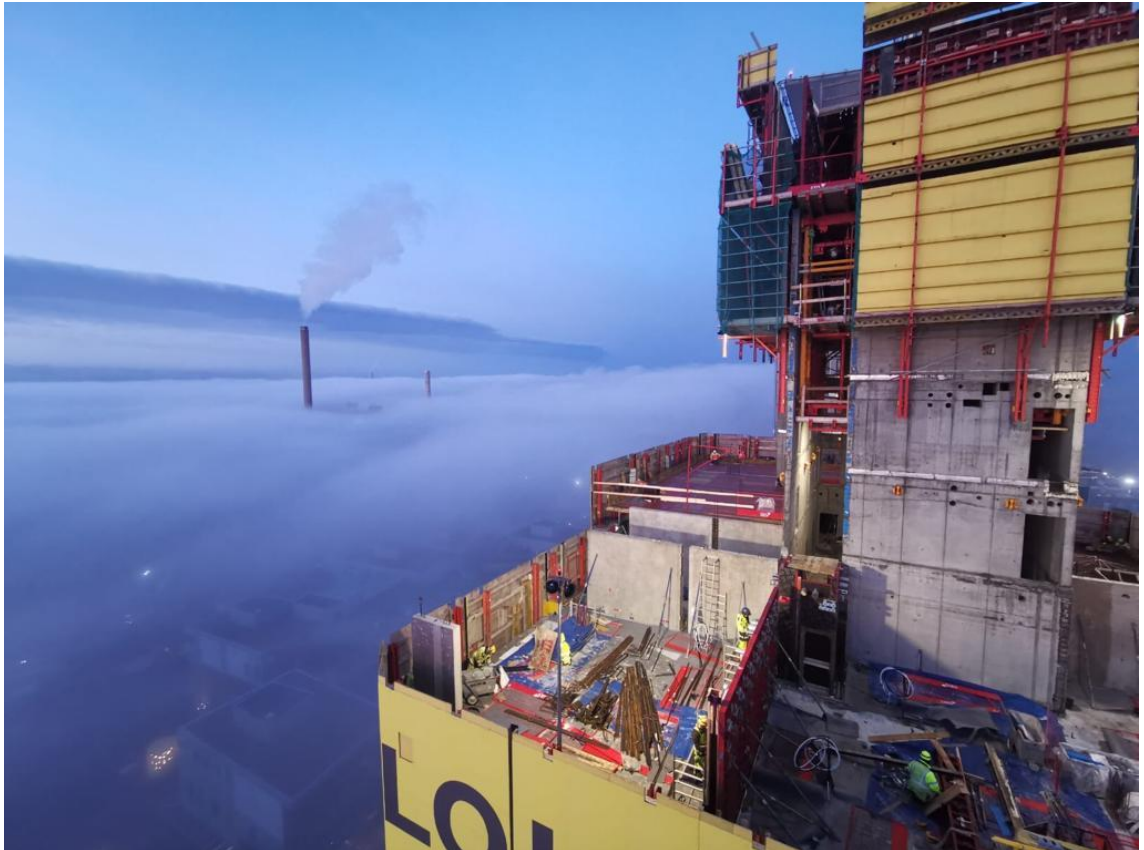
Pilvenpiirtäjäkohteessa täytyy myös harkita aivan uusia työnkuvia työntekijöille, kuten  
hissivastaava ja luovutusvaiheessa avainten haltija. Pienillä vastuutehtävillä saadaan  
työnmaan suunnittelua puskettua eteenpäin, joka johtaa helpommin hallittavaan koko-  
naisuuteen, jonka tuloksia on helpompi valvoa. Uusien työroolien lisäksi myös jatkuvaa  
päivittäistason suunnittelua ja valvontaa täytyy tehdä normaalia enemmän korkean ra-  
kentamisen kohteessa. Päivittaiset palaverit aikataulutoteutumien valvonnalle, sekä jat-  
kuvat ja systemaattiset tarkastukset pitävät huolen siitä, ettei kipupisteitä synny.

Aikataulutuksen ja aikataulusuunnittelun osalta korkean rakentamisen kohteissa täytyy  
huomioida normaalia enemmän muuttujia, jotka tahdistavat työvaiheita. Esimerkiksi run-  
kotyön aikataulutuksen osalta on tärkeää, että tuulipäivät otetaan huomioon. Tämän li-  
säksi pilvenpiirtäjäkohteessa täytyy yleisaikatauluihin lisätä isoimpien työvaiheiden li-  
säksi myös nosturien korotukset ja harustukset, hissien korotukset, vesikatkojen teko ja  
muuta tavallisista työvaiheista poikkeavia osa-alueita. Kaikki erikoiset työtehtävät, mitä  
tavallisemmissa kohteissa ei ole, ovat erittäin tahdistavia, jonka takia myös aikataulu-  
suunnittelun osalta todella olennaisia.

Kaiken kaikkiaan korkeaa rakentamista pystytään tehostamaan huomattavasti, erityi-  
sesti Suomessa. Redin tornitalot ovat pilottihanke, jotka näyttävät suuntaa tulevaisuuden



rakentamiselle Suomessa. Pienillä muutoksilla ja ylimääräisellä suunnittelulla pilvenpiirtäjähankkeet saadaan toteutumaan todella aikataulutehokkaasti, eikä niiden työmenekissä tule olemaan suuria eroja matalampaan rakentamiseen. Hyvänä esimerkkinä Pohjois-Amerikan ja Aasia rakentamisessa korkeiden rakennusten työnsaavutus on matalampaan rakentamista tehokkaampaa, sillä heillä on monien kymmenien vuosien kokemus, jonka kautta myös käytännöt ja uusien tekniikoiden sisäistäminen on todella tuttua.



Kuva 24. Yli sadan metrin korkeudessa etenevä Redin Loiston runkotyö. Välillä sumuisina päivinä holvi on pilvien yläpuolella, joka on todella harvinainen näky Suomessa.<sup>120</sup>

---

<sup>120</sup> Valokuva: Kristjan Toomemaa, Trenox Oy – Viitattu 28.3.2020

## 7 Yhteenveto

Opinnäytetyössä tutkittiin aikataulutoteutumisien tehostamista korkeassa rakentamisessa. Aikataulutoteutumiin liittyviä ongelmia, sekä ratkaisuja niihin, tutkittiin kaikista eri työvaiheista erikseen. Työvaiheiden lisäksi ongelmia ja ratkaisuja jaettiin eri aikataulusuunnittelun osa-alueisiin. Tutkimusta tehtiin Redin tornitalojen Loiston ja Majakan osalta tutkimalla aikatauluja, valvomalla työsaavutuksia ja haastatteleamalla projekteissa mukana olleita toimihenkilöitä.

Korkeaa rakentamista ollaan tehty maailmalla jo yli sata vuotta, mutta yli 100 metriä korkeiden rakennuksien rakentaminen Suomessa on vielä täysin uutta. Tästä johtuen uusia suunnitteluun ja toteutukseen liittyviä ratkaisuja täytyy vielä kehittää, jotta työsaavutus saadaan yhtä tehokkaaksi kuin matalampien rakennuksien rakentamisessa. Aikataulusuunnittelun osalta tutut yleis-, työvaihe- ja viikkoaikataulut ovat tärkeässä roolissa, sillä työvaiheita on samanaikaisesti käynnissä huomattavasti enemmän kuin tavallisemmassa rakentamisessa. Aikataulusuunnittelussa voidaan myös käyttää erityisesti sisävalmistusvaiheen osalta hyödyksi tahtiaikatauluja, joka yhdistää vinoviiva-aikataulun ja vinjettiaikataulun. Tahtiaikataulun avulla työsaavutuksia voidaan valvoa päivittäistasolla tehokkaasti.

Runkotyön osalta isoimmat aikataulutoteutumiin vaikuttavat ongelmat ovat kovat tuulet jotka estävät nostamisen, työntekijöiden siirtymiset holville ja tauoille, nosturien korotukset ja harustukset, sekä työmaa-aikaisten linjojen toimivuus. Tuulien osalta aikataulusuunnittelussa täytyy ottaa huomioon, että tuulipäiviä jotka estävät nostamisen on ollut keskimäärin 14 vuodessa. Tämän lisäksi työmaan viikkosuunnittelussa täytyy seurata sääennusteita tuulien osalta, ja suunnitella kriittisimmät nostot tuulettomille päville. Työntekijöiden liikkumisen osalta hissien korotukset täytyy suunnitella jo yleisaikataulun laatimisen kohdalla. Työntekijöille täytyy myös tehdä taukotila aina mahdollisimman lähelle holvia, jotta siirtymisiin ei kuluisi liikaa aikaa. Nosturien korotukset ja harustukset täytyy olla aikataulutettuna yleisaikatauluun, jonka lisäksi hankintojen aikana nosturien harukset täytyy tilata teleskooppimalleina, jotta istuvuusongelmilta vältytään. Työmaa-aikaisten linjojen toimivuuden osalta täytyy betonilinjaan juoksentaa vettä aina ennen ja jälkeen valun, jolloin tukkoisuuksia ei synny. Vesi- ja sähkölinjojen osalta holvilla täytyy

olla koko ajan mukana varageneraattori ja vesisäiliö, jolloin linjojen viat eivät pysäytä valuja.

Julkisivuasennuksen osalta isoimmat ongelmat ovat kovat tuulet, rungon mukana kulkevat haalaustasot joiden alle on haastavaa asentaa julkisivuelementtejä, sekä vesikatkon suuri tahdistus sisävalmistusvaiheeseen. Tuulien osalta täytyy julkisivuasennuksen osalta suhtautua täysin samoin kuin runkotyön osalta, eli ottaa tuulipäivät huomioon aikataulusuunnittelussa, sekä suunnitella nostot ja työntekijöiden työt tuulipäivien mukaisesti työmaan viikkosuunnittelussa. Haastavien julkisivuelementtien asennukseen täytyy käyttää vastapainopuomia, jonka käyttö täytyy suunnitella viikkotasolla, jolloin myös logistiikka ja runkourakoitsija tietävät milloin puomi on varattuna julkisivuasennukselle. Vesikatkon onnistumisen osalta voidaan sen tekeminen sopia aliurakaksi, jolloin myös sakkolliset välitavoitteet voidaan ottaa käyttöön. Tämän lisäksi vesikatkon tekeminen täytyy aikatauluttaa jo yleisaikataulua laatiessa.

Sisävalmistusvaiheen osalta suurimmat aikataulutoteutumiin vaikuttavat ongelmat ovat työntekijöiden pitkät siirtymät hisseillä, resurssien määrän hahmottaminen, urakoitsijoiden työnjohdon puutteellisuus, sekä urakoiden väliset työvaiheet, joille ei ole suunniteltu tekijöitä. Työntekijöiden siirtymiseen kuluva aika voidaan saada pienennettyä sillä, että urakoitsijoiden työaikoja tahdistetaan sopimuksissa, jolloin hissit eivät ole taukojen aikaan täynnä. Hissejä on myös todella hyvä olla enemmän kuin yksi. Redin Loistossa käytössä oleva Kone Oy:n Jumplift-hissi tehostaa sisävalmistusvaiheen työntekijöiden liikkumista. Tämän lisäksi myös hissien liikkumisesta vastaavan henkilön nimeäminen tehostaisi hissien käyttöä, jolloin turhia pysähdyksiä ei tehtäisi. Työntekijöille täytyy olla myös taukotilat kerroksissa aina hieman levyväliseinätyön edellä. Urakoitsijoiden resurssien osalta voidaan resurssitarvetta verrata edellisiin pilvenpiirtäjäkohteisiin, jolloin saadaan realistinen tarve työntekijöille, joka pystyttäisiin myös lisäämään sopimukseen vaatimukseksi, kuin myös työnjohdon sitominen urakoitsijoilta kyseiselle työmaalle täyspäiväisesti, joka tehostaisi tarkastuksien ja itselleluovutuksien tekoa, sekä mahdollistaa nopean reagoinnin ongelmiin. Harmaan alueen töiden osalta on tärkeää, että ne aikataulutetaan viimeistään työvaiheaikatauluihin, jolloin niille suunnitellaan myös tekijät. Harmaan alueen työvaiheita voidaan myös vähentää sillä, että niitä neuvotellaan mukaan urakoihin sopimustasolla.

Sisävalmistusvaiheen osalta työssä tutkittiin myös Redin Loiston levyväliseinäurakoitsijan työntekijöiden työmenekkiä, sekä liikkumiseen kuluvaan aikaan. Keskimäärin hissien odotteluun yhdellä työntekijällä kuluu noin tunti päivässä työaikaan, jonka minimointi tehostaisi työsaavutuksia huomattavasti. Loiston levyväliseinäurakoitsijan työntekijöiden keskimääräinen työmenekki oli 0,96 tth/m<sup>2</sup>. Rakennustiedon ”Rakennustöiden Menekit 2020” kirjan mukaan levyväliseinätyön työmenekki 0,67tth/m<sup>2</sup>. Jos yllä olevia ratkaisuja otettaisiin käyttöön, saataisiin työmenekkiä huomattavasti lähemmäksi tavoitearvoa.

Talotekniikan työvaiheiden osalta aikataulutoteutumiin vaikuttavia ongelmia ovat jo mainittujen liikkumisen ja resurssienhallinnan lisäksi työn eteneminen rungon ja sisävaiheen mukana samanaikaisesti, ylimääräiset työmaa-aikaiset tekniset ratkaisut, sekä asuinrakennustuotannolle täysin uudet ratkaisut joiden aikataulusuunnittelu on haastavaa. Taloteknisten töiden eteneminen rungon ja sisävalmistusvaiheen kanssa samanaikaisesti aiheuttaa helposti resurssien sijoittamiseen ongelmia, jonka takia talotekniikan urakoitsijoiden täytyy osallistua molempien työvaiheiden viikkosuunnitteluun. Työmaa-aikaiset ratkaisut kuten väliaikainen savunpoisto ja neljän kerroksen välein tehtävät palokatkot vaativat huomiota aikataulusuunnittelussa työvaiheaikataulujen kohdalla. Työmaa-aikaisen savunpoiston asentaminen täytyy olla sisällytettynä aikatauluihin. Palokatkojen osalta pystylinjojen tekniikat täytyy olla valmiina kerroksissa ennen palokatkoja, jonka takia palokatkojen tekeminen täytyy olla aikataulutettuna, jolloin talotekniikan urakoitsijat voivat suunnitella työnsä oikein.

Viimeistelyvaihe voidaan jakaa aikataulutoteutumiin vaikuttavien asioiden osalta kahteen eri vaiheeseen, työvaiheiden viimeistelyyn ja tarkastuksiin, sekä tekniikan käyttöönotto ja toimintakokeet. Työvaiheiden viimeistelyn ja tarkastusten osalta isoimmat ongelmat aikataulutoteutumien osalta ovat urakoitsijoiden itselleluovutuksien puutteet, asukastarkastusten tahdistaminen ja korjauskierteeseen joutuminen. Urakoitsijoiden itselleluovutusten osalta niiden tekemiselle pitäisi vaatia sakolliset välitavoitteet sopimuksissa, jolloin niiden tekemisen tärkeys välittyisi urakoitsijoille. Asukastarkastuksille täytyy olla yleisaikataulussa selkeät ajankohdat, joita ennen jätetään vähintään kaksi viikkoa aikaa kaikkien osapuolien tarkastuksille ja virheiden ja puutteiden korjaamiselle, jolloin asukkaiden puolesta ei tulisi enää paljoa huomioita, jolloin kuormitus ei kohdistuisi asukastarkastuksiin. Korjauskierteellä tarkoitetaan sitä, että valmiiseen asuntoon mennään korjaamaan virheitä, jolloin työstä aiheutuu muita naarmuja, kulumia ja puutteita, joka johtaa

korjauskierteeseen. Korjauskierre voidaan estää nimeämällä avainten haltija, jonka kautta urakoitsijat varaavat ajan asuntoon, jolloin tiedot siitä, kuka asunnossa käy on yhdellä ihmisellä. Tämän avulla puutteet saadaan osoitettua aina tietylle urakoitsijalle, jolloin niiden hallinta on helpompaa.

Käyttöönoton ja toimintakokeiden osalta isoin ongelmakohta on monien edeltävien työvaiheiden loppuun viemisen tahdistaminen toimintakokeiden osalta. Ratkaisuna tähän toimisi toimintakokeiden valvonta-aikataulu, jossa valvotaan loppusiivouksen ja taloteknisten töiden loppuun viemisen aikatauluja, joiden pohjalta toimintakokeet voidaan ajoittaa oikein.

Kaiken kaikkiaan korkeassa rakentamisessa on paljon erilaisia osa-alueita, joissa suunnittelua ja käytännön ratkaisuja täytyy viedä paljon pidemmälle kuin tavallisessa rakentamisessa. Isoin tekijä aikataulutoteutumien osalta on kuitenkin kokemus, jonka saamiseksi täytyy aikataulusuunnitteluun perehtyä tarkemmin. Työssä mainittuja ratkaisuja ongelmiin voidaan käytännössä kokeilla missä tahansa korkean rakentamisen kohteessa.

## Lähteet

Arthur W T Leung 2003, City University of Hong Kong: Scheduling for high-rise building construction using simulation techniques - <http://itc.scix.net/pdfs/w78-2003-186.content.pdf>

Betonipumppaus Laatikainen – Kalustomme ja autojen tekniset tiedot - <https://www.betonipumppaus.fi/kalusto/>

Carina Four, SRV Rakennus Oy, Jan Lund ja Oskari Luotamo: Logistiikka-aikataulu viikko 47, 2019

Dan Cortese 2019: Why Europe doesn't build skyscrapers? – The B1M - <https://www.theb1m.com/video/why-europe-doesnt-build-skyscrapers>

Emporis Standards: Fortum (EBN 110277) - <https://www.emporis.com/buildings/110277/fortum-espoo-finland>

Emporis Standards: Skyscraper (ESN 24419) - <https://www.emporis.com/building/standard/75/skyscraper>

Emporis Standards: X-Seed 4000 - <https://www.emporis.com/buildings/103142/x-seed-4000-tokyo>

Encyclopaedia Britannica – Skyscraper – Alkuperäisjulkaisu 1998 - <https://www.britannica.com/technology/skyscraper>

France24: Paris to allow high-rise buildings – 2008 - <https://www.france24.com/en/20080708-paris-allow-high-rise-buildings-paris-skyscrapers>

Finn-Form Oy - <http://www.finnform.net/elementtifakki.htm>

Haastattelu: Elias Kinnunen ja Janne Eloranta (SRV Rakennus Oy)

Haastattelu: Janne Sepänmaa (Tate Solutions Oy)

Haastattelu: Miira Lehto (SRV Rakennus Oy), Andrei Tsinnonjoi (Rakennustoimisto Kontek Oy)

Haastattelu: Timo Kähkönen (SRV Rakennus Oy)

Helsingin Sanomat, Valtteri Parikka 2019: Suomen korkein tornitalo on valmis: Ensimmäiset asukkaat muuttavat Kalasataman Majakkaan tänään - <https://www.hs.fi/kaupunki/art-2000006319892.html>

Jeremie Witt & Antonia Birt, Iosh 2014: Middle East Annual Conference

Joonas Gustavsson, Tekniikanmaailma 2018: Uudet tornitalot ovat yli 100-metrisiä, mutta pelastuslaitoksen nosturit yltyvät vain 67 metriin – Miten tornitalojen paloturvallisuus hoidetaan? - <https://tekniikanmaailma.fi/uudet-tornitalot-ovat-yli-100-metrisia-mutta-pelastuslaitoksen-nosturit-yltyvat-vain-67-metriin-miten-tornitalojen-paloturvallisuus-hoidetaan/>

KHL – International Cranes and Specialized transport – Ainscough on ice 2010 - <https://www.khl.com/news/ainscough-on-ice/60289.article>

Laaturakentaminen.fi 2016: Jana-aikataulu - <http://www.laaturakentaminen.fi/index.php/blogi/291-hyvakaytanto-jana-aikataulu>

Lauri Kankaanpää 2020, SRV Rakennus Oy: Redin Loiston julkisivuasennuksen tahtikartta

Markus Heikkilä, Helsingin Sanomat 2015: Saudi-Arabiaan tulee kilometrin korkuinen pilvenpiirtäjä 2020 - <https://www.hs.fi/matka/art-2000002870754.html>

Nostopalvelu J.Helakoski – Liebherr LTM 1250/1 - <https://www.j-helaakoski.fi/nosturit/ajoneuvonosturit/nosturit-250tn-ja-yli/liebherr-ltm-1250-1/>

Patrick Sisson, Curbed 2018: 10 Tallest buildings under construction or in development around the world – <https://www.curbed.com/2017/2/21/14677494/tallest-buildings-under-construction-jeddah-tower>

Paulus Nevalainen, SRV Rakennus Oy 2020: Toimintakokeiden vinjettiaikataulu

Paulus Nevalainen, SRV Rakennus Oy 2020: Työaikojen tahdistaminen

Rakennuslehti, Johanna Aatsalo 2019: Kaksi virhettä aiheutti Kalasataman tornitalon miljoonavahingon - <https://www.rakennuslehti.fi/2019/06/kaksi-virhetta-aiheutti-kalasataman-tornitalon-miljoonavahingon/>

Rakennusteollisuus 2015: Laadukasta rakentamista

Rakennusteollisuus 2019: Tapaturmakyselyt ja tulokset - <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tieto-alasta/Tyoturvaluisuus/Tyoturvaluusukysely-ja-tulokset/>

Rakennustieto 2017: Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus

Rakennustieto 2020: Rakennustöiden menekit 2020 – Ratu KI-6035

RBC.ru - Не там встали: скандалы вокруг установки монументов и зданий в России  
Подробнее на 2015 - <https://www.rbc.ru/photoreport/09/06/2015/5576ca369a7947314904c5e8>

Sari Gustafsson, Rakennuslehti 2018: Hoasin tahtiaikataulutuksessa yksi asunto korjataan 25 päivässä - <https://www.rakennuslehti.fi/2018/12/hoasin-tahtiaikataulutuksessa-yksi-asunto-korjataan-25-paivassa/>

Seppo Männikkö: Pelastusalan ammattilaiset: Korkeat rakennukset paloturvallisia. Helsingin sanomat, 2012 - <https://www.hs.fi/kotimaa/art-2000002520029.html>

Sirkka Saarinen: Suomessa tornitalo-statuksen saa yli 12-kerroksella. *Betoni-lehti*, 2005, nro 4 s.46 ja 47. Betoniteollisuus ry.

SRV Rakennus Oy: Espoon Keilaniemi - <https://www.srv.fi/asuminen/espoo-keilaniemi>

SRV Rakennus Oy 2020: Helsingin REDIn Loisto nyt myynnissä - <https://www.srv.fi/asuminen/helsingin-redin-loisto/>

SRV Rakennus Oy 2020: Muuttovalmis REDIn Majakka - <https://www.srv.fi/asuminen/helsingin-redin-majakka/>

SRV Rakennus Oy 2020: SRV Yhtiönä - <https://www.srv.fi/srv-yhtiona/>

Särkänniemi: Näsinneula - <https://sarkanniemi.fi/muut/nasinneula/>



Tarek Hegazy 2008, University of Waterloo: Efficient Repetitive Scheduling for High-Rise Construction - [https://www.researchgate.net/publication/245283784\\_Efficient\\_Repetitive\\_Scheduling\\_for\\_High-Rise\\_Construction](https://www.researchgate.net/publication/245283784_Efficient_Repetitive_Scheduling_for_High-Rise_Construction)

Valokuva: Adobe Stock 2019

Valokuva: Elias Kinnunen, SRV Rakennus Oy

Valokuva: Kristjan Toomemaa, Trenox Oy

Valokuva: Miira Lehto, SRV Rakennus Oy

Valokuva: Paulus Nevalainen, SRV Rakennus Oy

YIT Oy: Trigoni, Helsinki High-rise - <https://www.yit.fi/trigoni>

Yrjö Kokkonen, Yle Suomi 2013: Orjat rakentavat jalkapallon MM-kisojen stadioneita - <https://yle.fi/uutiset/3-68>