Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Atte Ovaska

Kokemukset tuotannon virtautuksesta raskaassa asuntokorjauksessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

8.2.2019

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Atte Ovaska Kokemukset tuotannon virtautuksesta raskaassa asuntokorjauksessa 24 sivua 8.2.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine	Rakentamisen projektinhallinta
Ohjaajat	Kehitysjohtaja Juha Salminen Lehtori Niilo Kemppainen

Tämän insinöörityön tilaajana toimi Consti yhtiöt Oyj.

Insinöörityön tavoitteena oli luoda kehitysehdotuksia siitä, miten tuotannon virtautusta voidaan edistää korjausrakennustuotannossa. Lisäksi selvitettiin, kuinka tahtiaikataulumallista tuotannon virtautusaikataulua johdettiin ja sovellettiin Kruunuvuorenkadun asuntojen asuntokorjaustyömaalla.

Työssä kuvataan kohdetyömaan perustietojen ja toteutustavan lisäksi myös Lean-ajattelun perusteita, virtautetun tuotannon ja tahtiaikataulun soveltamis- ja suunnitteluperiaatteita rakennustuotannossa.

Lähdeaineistona työn taustoille toimivat Rakentamisen integraatiokyvykkyys -kehitys-hankkeen (RAIN) keskeiset virtautusta koskevat aineistot, case-työmaan dokumentit ja teemahaastattelut, sekä aiheeseen liittyvät verkkoaineistot.

Työn tuloksena syntyneet kehitysehdotukset ovat luotu teemahaastatteluissa esiintyneiden ongelmien, työn lähdeaineiston, sekä insinöörityöntekijän johtopäätösten summana. Kehitysehdotuksia saatiin odotettua vähemmän johtuen case-työmaan vaikeuksista tuoda virtautusta suunnitellusti tuotantoonsa. Consti yhtiöt voi käyttää kehitysehdotuksia oman rakennustuotantonsa kehittämiseen.

Avainsanat	Rakennushankkeen virtauttaminen, Lean Construction, Tahtiaikatuotanto, Korjausrakentaminen

Author Title Number of Pages Date	Atte Ovaska Experiences of Continuous Flow in Heavy Housing Renovation Production 24 pages 8 February 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Professional Major	Project Management of Construction
Instructors	Juha Salminen, Development director Niilo Kemppainen, Lecturer

This thesis was commissioned by Consti Group Plc.

The aim of the thesis was to create development suggestions on how continuous flow can be promoted in renovation production. In addition it was investigated how takt timing schedule was derived and applied at the housing renovation site of Kruunuvuorenkadun asunnot.

In addition to the basic data and implementation method of the target site, the thesis also describes the basics of Lean thinking, the application and planning principles of a continuous flow production and the takt timing schedule in construction production.

Source material consists of the main streamlining materials of the Building Integration Capacity Development Project (RAIN), case-site documents and thematic interviews, and related online material.

The resulting development suggestions were created as a sum of the problems encountered in thematic interviews, the source material, and the conclusions of the author. Fewer development proposals were received than expected due to the difficulty of bringing the continuous flow to the production as planned. Consti companies can use the development suggestions to improve their own construction production.

Keywords	Continuous Flow, Lean Construction, Takt Time Production, Repair construction

Sisällys

Lyhenteet

1 Johdanto 1

1.1 Työn tilaaja 1
1.2 Tavoite 1
1.3 Rajaus ja tutkimusmenetelmät 2
1.4 Työn kulku 2

2 Tuotannon virtautus 3

2.1 Lean-filosofia 3
2.2 Rakentamisen virtauttaminen 4
2.2.1 Korjausrakentamisen erityispiirteet 5
2.3 Tahtiaikataulu rakentamisessa ja sen suunnittelu 6
2.3.1 Vaunut ja tuotantojuna 8
2.3.2 Hienosäätömekanismit 9
2.3.3 Tahtituotannon johtaminen 10
2.3.4 Tahtituotannon tavoiteltu hyöty 11

3 Case-kohde 12

3.1 Kruunuvuorenkadun asunnot 12
3.1.1 Constin urakka 13
3.1.2 Toteutus 14
3.1.3 Tahtiaikataulun suunniteltu sovitus tuotantoon 16

4 Haastattelut 17

4.1 Haastattelujen suoritus 17
4.2 Haastattelujen tulokset 17
4.2.1 Aikataulumallin käyttöönotto työmaalla 18
4.2.2 Aikataulumallin johtaminen ja soveltaminen pilotointikohteessa 19
4.2.3 Aikataulun vertaaminen toteutuneeseen 20

5 Kehitysehdotukset 21

5.1 Aikataulu 21
5.2 Päivittäisjohtaminen 22

6 Johtopäätökset 23

Lähteet 25

Käsiteluettelo

B1 ja B2 – Tuotantotekninen lohkojako case-kohteessa

Case-kohde – Tapaustutkimuksen kohde eli tässä työssä Kruunuvuorenkadun asunnot

Hukka – Asiakkaalle lisäarvoa tuottamaton prosessi

Last Planner – Lyhyen aikavälin (4 – 6 viikkoa) suunnittelu- ja ohjausmenetelmä

Lean – Tuotantoa jatkuvasti kehittämään pyrkivä yritysfilosofia/kulttuuri

Resurssi – Työvoima, esimerkiksi rakennusmies

Tahtiaika – Yhden työvaiheen (vaunun) vakioitu ajallinen kesto

Tahtialue – Rakennuskohteessa toistuvan tyyppinen alue jolle vaunut suunnitellaan

Tahtituotanto – Toistuvuutta sisältävien tuotannonosien tasainen toteutus

Tuotantojuna – Kuvaa vaunujen etenemistä ketjuna

Työpaketti – Työkokonaisuus vaunussa, joka toistuu tahtiajan välein

Vaunu – Toistuva kokonaisuus johon on suunniteltu työpaketti ja resurssit

Virtaus – Asiakkaalle lisäarvoa tuottavien prosessien valmistumista

Virtautus – Tuotannon virtauksen edistämistä

1 Johdanto

1.1 Työn tilaaja

Tämän opinnäytetyön tilaajayrityksenä toimii Consti yhtiöt Oyj. Constin liiketoimi keskittyy korjausrakentamiseen ja taloteknisiin palveluihin ja näillä toimialoilla Consti on Suomessa merkittävä toimija. Constin konsernirakenne sisältää kolme toimialayhtiötä, jotka ovat Consti Talotekniikka, Consti Julkisivut sekä Consti Korjausurakointi ja kaikessa liiketoiminnassa osana toimiva Service-toiminta. Yritys on perustettu vuonna 2008 ja vuonna 2015 Consti yhtiöt listautui Nasdaq Helsinki Oy:n pörssilistalle. Vuonna 2017 Constin liikevaihto oli 300,2 miljoonaa euroa ja yritys työllistää yli 1000 alan ammattilaista. [2.] Tämän työn ohjaajana toimii Consti yhtiöstä kehitysjohtaja Juha Salmien. Metropolia Ammattikorkeakoulun puolelta työtä ohjaa lehtori Niilo Kemppainen.

1.2 Tavoite

Consti yhtiöt Oyj:n tavoitteena on tämän työn osalta kehittää tuotantonsa virtausta ja sitä kautta lisätä rakentamishankkeidensa kannattavuutta. Tarkemmin kuvattuna työn tavoite on kehittää Constin omalla työmaalla pilotoitua tahtiaikataulumallista tuotannon virtautusaikataulun soveltamista korjausrakentamisessa tulevia projekteja varten. Pilotointityömaana toimi verrattain raskas ja monimutkainen käyttötarkoituksen muutos vanhoista toimitiloista vuokra-asunnoiksi.

Työn tuloksena syntyy siis kehitysehdotuksia virtautusaikataulun soveltamisesta korjausrakentamisessa. Työssä myös kuvataan käytetyn tahtiaikataulumallin toiminta, sekä virtaavan tuotannon perusperiaatteet rakennustuotannossa. Lisäksi työssä selvitetään, kuinka aikatauluamallia johdettiin ja sovellettiin pilotointityömaassa ja kuinka siinä onnistuttiin. Lopuksi työmaan toimihenkilöiden haastatteluiden sekä aiheeseen liittyvän lähdeaineiston perusteella kootaan yhteen aikataulumallin käytön soveltamisen kehitysehdotukset.

1.3 Rajaus ja tutkimusmenetelmät

Työ on rajattu koskemaan vain asuntokorjaustuotantoa, vaikka työn tulokset ovat osaltaan sovellettavissa muussakin rakennustuotannossa. Aikataulumallin kehitykseen ja käytön kokemukseen liittyvää haastattelutietoa kerätään vain case-kohteen toimihenkilöiltä. Työn tulokset eli kehitysehdotukset ovat koonti näistä yhdessä insinöörityöntekijän johtopäätöksistä työhön liittyvän muun tutkimusaineiston pohjalta. Työssä ei luoda uutta aikataulupohjaa eikä muokata käytössä ollutta, vaan pyritään luomaan käyttöä tehostavia ehdotuksia tuotannon edistämiseksi.

Tutkimusmenetelminä työssä toimivat työmaan toimihenkilöiden haastattelut ja työmaan dokumenttien läpikäynti. Lisäksi perehdytään virtautettujen tuotantomallien periaatteisiin ja niiden suunnitteluperusteisiin sekä hyödynnetään tarkoitukseen sopivaa kirjallisuutta, raportteja ja verkkoartikkeleita.

1.4 Työn kulku

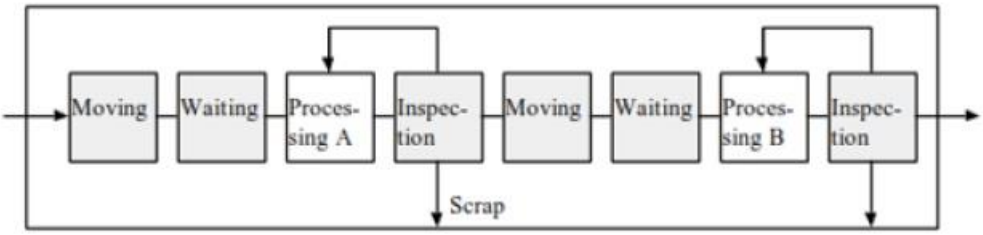
Työn kulku voidaan jakaa neljään päävaiheeseen, joista ensimmäisessä suoritetaan työn aihealueen orientaatio, joka pitää sisällään virtautettuihin tuotantomalleihin, tahtiaikatauluun, Leaniin ja kohdetyömaahan liittyvän materiaalin sisäistämisen ja työn kannalta tärkeisiin asioihin paneutumisen. Toisessa vaiheessa suoritetaan aikataulun kanssa työmaalla työskennelleiden toimihenkilöiden teemahaastattelut ja dokumenttien läpikäynti heidän kanssaan yhdessä. Kolmannessa vaiheessa haastattelujen anti ja niihin, sekä orientaatiomateriaaliin pohjautuvat kehitysehdotukset sekä johtopäätökset kirjataan raporttiin. Viimeisessä vaiheessa raportti viimeistellään kokonaisuudessaan, toimitetaan tilaajalle ja suoritetaan oppilaitoksen prosessit työn päättämiseksi.

Kuva 1. Työn prosessi

2 Tuotannon virtautus

2.1 Lean-filosofia

Virtautettujen tuotantomallien soveltamisen ensimmäisenä tärkeänä askeleena voidaan pitää Lean-filosofian ymmärtämistä ja sisäistämistä [1, s. 59]. Lean on toimintastrategia, jolla pyritään maksimoimaan asiakkaan saama lisäarvo parantamalla jatkuvasti tuotannon prosessien virtaustehokkuutta. Virtaustehokkuuden parantamista ohjaavana ajatuksena toimii hukan, eli arvoa tuottamattomien prosessien, tunnistaminen ja eliminointi (kuva 2). Hukkaa aiheuttavien prosessien tunnistaminen vaatii hyvää asiakkaalle tuotettavan arvon tunnistamista ja määrittelyä sekä sen erottamiskykyä arvoa tuottamattomista. Rakennusalallakin sovellettu hyvä keino implementoida Leania on projektiosapuolten ja asiakkaan varhainen osallistaminen hankkeisiin, jolloin asiakasarvo on mahdollista määrittää ennen lopputuotteeseen vaikuttavien päätösten tekoa. [17.]



Kuva 2. Virtausprosessi, jossa kuvattuna harmaalla arvoa tuottamattomat ja valkoisella arvoa tuottavat prosessit [3]

Keskeinen osa Lean-filosofiaa on myös jatkuva oman toiminnan kehitys, jossa oman toiminnan parannus menee usein tuotannon edelle, ja parannuksia tehdään jatkuvasti. Siirtyminen Leanin mukaiseen toimintaan ei käy hetkessä ja edellyttää omien toimintatapojen jatkuvaa muuttamista kohti arvoa tuottavampaa ja virtaustehokkaampaa suuntaa. Leanin oppien kokonaisvaltainen toteuttaminen vaatii monesti suuren muutoksen yrityskulttuurissa, asennetta, avoimuutta ja jokaisen työpanoksen kunnioitusta. Lean ei ole siis mikään yksittäinen toimenpide prosesseissa tai niiden parantamisessa, vaan tuotannon jokaista tasoa jatkuvasti parantamaan pyrkivä kulttuuri. [17.]

Lean-johtamiseen on kehitelty myös useita työkaluja, joilla tarkastellaan ja parannetaan omaa resurssitehokkuutta ja virtausta. Näitä työkaluja ovat muun muassa Littlen laki, jossa määritetään prosessien läpimeno- ja jonotusaikaa sekä niin sanottu esteiden teoria (Theory of Constraints), jossa yritetään löytää prosessien välisiä pullonkauloja, jotka kasaantuvat jonoksi hidastaen läpimenoaikaa. Pullonkaulojen selvittäminen on ratkaisevassa roolissa virtautettuja aikataulumalleja suunniteltaessa. Muita Lean-työkaluja ovat muun muassa Kingmanin kaava, Kanban, Kaizen, 5S ja VSM. Näiden perusajatukset ovat kuvattuna alla. [9.]

- Kingamanin kaava auttaa ymmärtämään läpimenoajan muodostumista. Kaava kuvaa, kuinka paljon WIP:iä (Work in Process) kertyy prosessivaiheen eteen tilanteessa, missä kysyntä ja läpimeno vaihtelevat Poisson -jakauman mukaisesti.
- Kanban on visuaalinen työkalu, joka kuvaa jonkun tarkasteltavan asian todellista tilaa esimerkiksi tuotannon tilaa.
- Kaizen on Leanin jatkuvan parantamisen menetelmä jossa keskeisenä on oman toiminnan arviointi ja pienten parannusten teko jatkuvasti.
- 5S tuotannon organisointiin pyrkivä menetelmä jonka viisi osaa ovat karkeasti suomennettuna: järjestäminen, systematisointi, siivous, standardisointi ja seuranta.
- VSM tarkoittaa arvovirtakuvausta ja sitä käytetään virtauksen esteen tunnistamiseen ja priorisointiin.

2.2 Rakentamisen virtauttaminen

Virtauttaminen perustuu Leanista tutun jatkuvan virtauksen tavoitteluun [11, s. 3]. Virtautus tarkoittaa toimintaprosessien liittyvien vaiheiden toteuttamista peräkkäin siten, että resurssikuormitus on tasaista, keskeneräinen toiminta on mahdollisimman vähäistä ja tuotanto etenee hallitusti. Tavoitteena on siis saada tuotanto virtaamaan tasaisesti koko tuotantoketjun läpi aiheuttaen mahdollisimman vähän hukkaa. [12, s. 1.]

Perinteisesti rakennusteollisuudessa ja sen suunnittelussa on käytetty paikka-aikakaavioita ja vastaavia aikataulumalleja, joiden epätarkkuuden seurauksena on saatu usein paljon sattumanvaraisuutta tuotantotehoon [11, s 19]. Virtautuvassa rakennustuotannossa ajatuksena on, että mestat, joissa työ ei ole käynnissä, ovat jo hukkaa. Tällöin työmaalla pitäisi olla vain työkohteita, jotka ovat valmiita, aloittamatta, tai joissa tapahtuu jalostusta. Näin ei kuitenkaan käytännön tasolla juuri ole. [4.] Tämä tarkoittaa sitä, että rakennustuotannon virtautuksen lisäämiselle on ainakin aikataulusuunnittelun osalta hyvät edellytykset.

Rakennushankkeet ovat kuitenkin merkittävästi erilaisia kuin tuotanto-olosuhteet, joissa virtautettuja tuotantomalleja on pääasiassa kehitetty ja hyödynnetty, joten virtauttamiskeinot ovat täten rakennustuotannossa hieman sovellettuja tuotannon tarpeeseen sopivimmiksi. Työmaaolosuhteissa virtauttamisen haasteita tuottaa tehdasoloihin nähden materiaalimäärät, työvoiman hallinta, työkohteiden sijainti sekä hankkeiden ja olosuhteiden vaihtelu. Myös lisähaasteita tuo rakennushankkeiden toisilleen tuntemattomista osapuolista rakennetut organisaatiot, jolloin yhteisesti sovittuja toimintatapoja ei ehdi muodostua. [13, s, 989.]

2.2.1 Korjausrakentamisen erityispiirteet

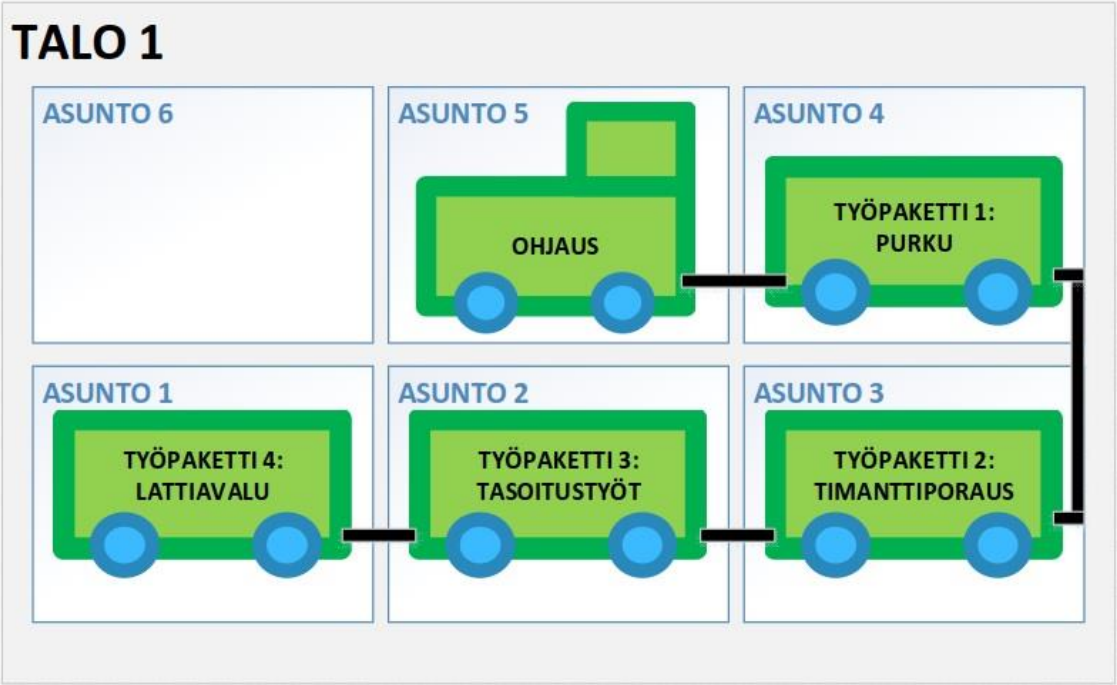
Virtautuksen ja Lean-periaatteiden implementointi korjausrakentamisessa on ollut uudisrakentamista huomattavasti vähäisempää, ja se koetaan uudisrakentamista paljon haastavammaksi. Korjausrakentaminen poikkeaa merkittävästi uudisrakentamisesta kohteiden monimutkaisuuden osalta, ja hankkeiden toteutuksessa on yleensä paljon enemmän epävarmuutta. Korjaushankkeille tyypillisiä ja sen virtautusta vaikeuttavia piirteitä on monia ja niitä on lueteltu alla. [12, s. 13-16.]

- Korjaustyönhallinta on monimutkaista, hyvin erikoistunutta ja sisältää työn elementtejä, jotka ovat ainutlaatuisia korjauksessa ja eroavat uudisrakentamisesta.
- Korjaamista on vaikeampi hallita, riskien ja epävarmuuden tasot ovat korkeammat kuin uudisrakentamisessa.
- Pieniä, paljon työtä sisältäviä toimintoja on hajautunut ympäri olemassa olevaa rakennusta.
- Korjattava rakennus on usein käytössä korjaustyön aikana.
- Korjauskohteeseen liittyvät alkuperäiset suunnitelmat usein puuttuvat, tai ovat vajavaisia.
- Rakenteiden ja niiden tekninen kunto selviävät usein vasta purkutöiden jälkeen.
- Korjaustyössä käytettävät materiaalit eroavat yleisesti käytössä olevista materiaaleista, jolloin myös toimitusajat ovat pidempiä, työntekijöiden erityisosaaminen ja tehtävien nopeudet voivat vaihdella merkittävästi.
- Rakennuksille asetetut vaatimukset, kuten vanhojen rakenteiden ääneneristävyys, saattavat muuttua kesken hankkeen.

Korjauskohteissa esiintyvää epävarmuutta voidaan kuitenkin vähentää hyvän työn suunnittelun avulla, ja juuri tähän korjausrakentamisessa tulisi tarttua tuotantoa virtauttaessa. Tärkeänä keinona luoda virtautusta korjausrakentamisessa on löytää samankaltaista toistuvuutta uudisrakentamisen ja tehdastuotannon kanssa. Tämän vuoksi virtautusmetodeja on vaikea hyödyntää pienissä korjauksissa ja ylläpitorakentamisessa, ja siksi kohteiksi tulisi valita suuria korjaushankkeita kuten hotelleja, suuria julkisivuja, isoja asuntokorjauskohteita ja putkiremontteja joissa toistuvuutta esiintyy paljon. Hyvin virtautettu tuotanto esimerkiksi tahtiaikataululla mahdollistaa korjausrakentamisessa myös työalueiden supistuessa paremmin rakennuksen käytön rakennustöiden aikana. Korjausrakentamisessa tulee tietenkin myös hyödyntää monia rakentamisessa jo hyväksi todettuja ja virtautusta edistäviä, Lean-henkisiä työkaluja kuten Last Planneria, esivalmistusta ja visuaalista ohjausta. [12, s. 13-16; 20.]

2.3 Tahtiaikataulu rakentamisessa ja sen suunnittelu

Suomessa tuotannon virtautusta rakennusalalla on lähdetty tuomaan viime aikoina lisääntyvissä määrin tahtituotantomallilla [14, s. 32]. Tahtituotantomalli tarkoittaa työtehtävien jakamista paljon toistuvien työtehtävien osalta vakiokestoisiksi (tahtiaika) työpaketeiksi ja niiden toteutumista tahdistettuna tuotannossa. Tarkoitus on siis siirtyä epätasaisista työvaiheiden kestoista tasaisiin kestoihin ja toteuttaa ne tasaisesti läpi hankkeen. [12, s. 12.] Tämän tulisi tarkoittaa käytännössä sitä, että jokaisen lohkon valmistumisaika saadaan ideaalitilanteessa kertomalla työvaiheiden määrä tahtiajalla. Tahtiaikasuunnittelun avulla rakennushankkeen tuotannonsuunnittelusta uskotaan saavan nykyistä tarkempi sekä luotettavampi ja mallin yleistyessä sen odotetaan muuntuvan itseohjautuvammaksi tuotantomalliksi, jossa valtaosa ongelmista ratkeaa jo tarkassa tuotannonsuunnitteluvaiheessa. [14, s. 38-39.] Tällä hetkellä rakennusalalla tahtituotantoa implementoidessa on kuitenkin isoksi haasteeksi tullut erityisesti aliurakointiin liittyvät ongelmat kuten urakkarajoihin ja sopimusten tekemiseen liittyvät seikat [12, s 62].



Kuva 3. Tahtiaikataulun periaate tuotantojunamallilla [14]

Rakennustuotannossa tahtituotannon suunnittelu voidaan karkeasti jakaa kolmeen osaan (Kuva 4), joista ensimmäisessä hankkeen projektirakennetta määritellään huomioiden projektiosapuolten riippuvaisuudet hankkeen toteuttamisen osalta. Ensimmäisen vaiheen tuloksena syntyy yhteinen näkemys hankkeen suorittamisesta ja merkittävät välietapit kuten esimerkiksi vaiheistetut luovutukset. [14. s 34.]

Toisessa vaiheessa rakennettavat tilat/alueet jaetaan niiden sisältämien työkokonaisuuksien toistuvuuden näkökannalta järkeviin tahtialueisiin, esimerkiksi huoneistot tai kylpyhuoneet. Tämän lisäksi määritellään *tuotantojunan vaunut* (kuva 3), eli työpaketit, joille on varattu vakioitu määrä aikaa ja niiden eteneminen suhteessa toisiinsa tahtialueissa. [14. s 34.]

Kolmannessa vaiheessa vaunujen työsisällöt tarkennetaan yhdessä työnjohdon ja toteuttavien osapuolten nokkamiesten kanssa tuotannon alkaessa. Tässä vaiheessa oleellisena osana on osapuolten sitouttaminen tuotantomalliin. Tuotantomallin toteutusta ohjataan päivittäin lyhyillä kokouksilla, joissa kerätään myös toteutumisesta informaatiota helpottamaan tuotannon johtamista. [14. s 34.]

Kuva 4. Tahtiaikataulun suunnittelun prosessi: Ensimmäisessä vaiheessa määritetään virstapylväät ja tavoitteet. Toisessa vaiheessa työpaketit ja tahtialueet ja viimeisessä sitoutetaan työntekijät ja suoritetaan tarvittavat tarkennukset. [15]

2.3.1 Vaunut ja tuotantojuna

Vaunujen työpakettien suunnitteleminen oikean kokoisiksi on kriittisen tärkeää. Aikataulumallin toimiessa esimerkiksi yhden huoneiston ja yhden työsuoritteen keston tarkkuudella tulee jokaisen vaunun työsuorite pystyä suorittamaan siihen lasketussa ajassa, jotta seuraavat vaunut eivät pysähdy. Tämä edellyttää, ettei vaunujen työsisällöissä saa olla työtehtävien välisien riippuvuuksien suhteen ristiriitoja, ja että ne ovat työteknisesti toteutettavissa samanaikaisesti. Kuvan 6 aikataulussa on vaunun työkeston pituus suunniteltu siten, että se suoritetaan yhdessä tahtialueessa, yhdessä viikossa. Tämä ei kuitenkaan ole mikään vakio ja tahtituotantoa on sovellettu myös paljon lyhemmissä ja pitkäkestoisemmissakin työtahdeissa. [14. s 34-36.]

Vaunu 3

Työsuorite	Ammatti	Sijainti	Työmenekki
WC Silikonien asennus	Laatoittaja	WC	120min
WC Alakaton runko	Alakattomies	WC	120min
WC Panelikaton asennus	Alakattomies	WC	90min

Kuva 5. Esimerkki vaunun työpaketin sisällöstä

Vaunujen siirtymistä lohkosta toiseen rytmissä kuvataan siis tuotantojunana, jonka vaunujen liikenopeus on aina riippuvainen koko junan nopeudesta. Tuotantojunan kukin vaunu ja sen työpaketti on yhdessä tahtialueessa suunnitellun tahtiajan, esimerkiksi yhden työvuoron, jonka jälkeen vaunu siirtyy seuraavaan alueeseen. Samanaikaisesti junan seuraava vaunu siirtyy käytännössä ilman aloitusväliä edellisen vaunun edelliseen tahtialueeseen. Juna kuvaa siis kaikkien työvaiheiden ketjua, joka kulkee tahtialueen läpi. Junan tärkeimpiä ominaisuuksia ovat vaunujen kestollinen tasaisuus, resurssien tasainen kuormitus pitkällä aikavälillä sekä oikein valittu kulkusuunta lohkojen välillä, jotta siirtymiset olisivat mahdollisimman saumattomia. [14, s 34-36.]

	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10	Week 11	Week 12	Week 13	Week 14	Week 15
Area 1	Framing	Plumbing	Electrical	Close up	Drywall	Firetape	Electrical	Tape & Mud	Paint						
Area 2		Framing	Plumbing	Electrical	Close up	Drywall	Firetape	Electrical	Tape & Mud	Paint					
Area 3			Framing	Plumbing	Electrical	Close up	Drywall	Firetape	Electrical	Tape & Mud	Paint				
Area 4				Framing	Plumbing	Electrical	Close up	Drywall	Firetape	Electrical	Tape & Mud	Paint			
Area 5					Framing	Plumbing	Electrical	Close up	Drywall	Firetape	Electrical	Tape & Mud	Paint		
Area 6						Framing	Plumbing	Electrical	Close up	Drywall	Firetape	Electrical	Tape & Mud	Paint	

Kuva 6. Tahtituotannon eteneminen [1]

2.3.2 Hienosäätömekanismit

Vaikka tuotanto suunnitellaan tarkasti, ja osittain siksi joudutaan suunnitelmia käytännön tasolla usein hiomaan ja säätämään työmaan edetessä. Tällaisen tarpeen aiheuttavat rakennustuotannon monimuotoisuus ja odottamattomat yllätykset, joita aikataulua laatiessa on mahdotonta tai ainakin vaikea ottaa huomioon. Tahtituotantoa pystytään kuitenkin säätämään taulukon 1 mukaisilla hienosäätömekanismeilla. [14, s. 36.]

Taulukko 1. Tuotannon olennaiset hienosäätömekanismit [14]

Hienosäätömekanismi	Selitys
Tyhjät vaunut tai kiinteä puskuriaika.	Ajan varaaminen mm. kuivumisajoille tai epävarmuudelle.
Tuotannon vaiheiden lomittaminen.	Erikseen tahdistettujen ja toisiinsa liittyvien tuotantojunien kulun optimointi. Esim. runkolinjat ja kylpyhuoneen pinnat.
Pehmeä aloitus.	Hidastettu aloitus tuotantomallin oppimista varten.
”Jumpers”, eli monitaitoiset työntekijät.	Joustavan ja monitaitoisen työvoiman hyödyntäminen työkohteiden kesken tuotannon piikkien tasaamiseksi.
Logistiikkaryhmän erottaminen arvon tuottamisesta.	Erottamalla logistiikka omaksi ryhmäkseen lisätään työntekijöiden tuottavuutta.
Vaunujen kiihdytys, hidastus, päällekkäisyys.	Vaunujen työnkulun optimoimista tasaisen tahdin varmistamiseksi työryhmää, työmääriä tai työnkuvaa muokkaamalla.
Tahtialueiden koon muuttaminen.	Tahtialueiden koon kasvattaminen tai pienentäminen tasaisen tahdin varmistamiseksi.
Junan pysäytys.	Tuotannon prosessin pysäyttäminen ongelman sattuessa.

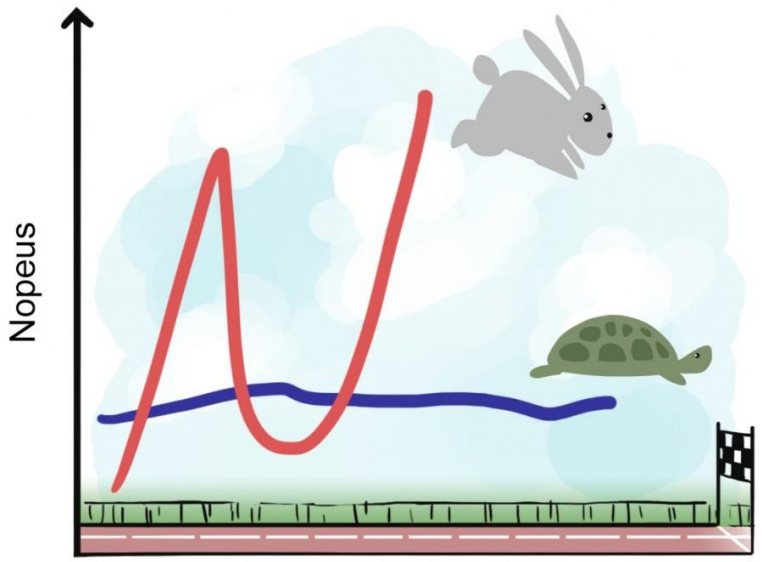
2.3.3 Tahtituotannon johtaminen

Virtautautettu tahtiaikatuotanto eroaa merkittävästi rakennustuotannon perinteisistä tuotantomalleista. Tämä luo edellytyksen etenkin tuotannon alkuvaiheissa isompaan panostukseen tuotannon johtamisessa. Aikataulun toiminta ja suunnitelma sen toteutuksesta tulee viestittää työntekijöille mahdollisimmat hyvin, jotta jokainen ymmärtää oman roolinsa aikataulun toteutumiseksi. Oleellista on ymmärtää ajallisten tavoitteiden lisäksi muun muassa työn laadulliset vaatimukset ja ensimmäisten työkohteiden osalta varmistaa, että vaatimukset ovat toteutuneet. Tahtiaikataulu vaatii myös paljon päivittäistä johtamista, jotta työkohteet eivät hajaudu suunnitelmista poikkeaviksi ja kokonaisuus pysyy hallinnassa. Hyvänä työkaluna tähän on luoda työntekijöille visuaalisesti esitettävä lukujärjestys, josta ilmenee päivän työtehtävät sekä kohde ja kuinka tuotanto etenee suunnitellusti. Tahtituotannon alussa työntekijät ovat myös suuressa roolissa työsisältöjen suunnittelussa oman työtehtävänsä parhaana osaajana. [14, s. 38.]

2.3.4 Tahtituotannon tavoiteltu hyöty

Tahtiaikataulua verrattaessa perinteisesti käytettyihin aikataulumenetelmiin suurimpana erona on tahtiaikataulun merkittävä tarkkuustason määrittäminen jo ennen tuotannon aloitusta. Perinteisesti esimerkiksi paikka-aikakaavioissa on suunniteltu vain karkeasti työvaiheiden eteneminen suhteessa toisiinsa tasaisesti, ja etenemisen tahtina on ennen työn aloittamista toiminut todella karkeat ”viikko per kerros”- tapaiset ohjausmenetelmät, joilla näennäisesti tuotantoa ohjataan tasaisesti. Töiden tarkempi ohjaus on siis jätetty erinäisiin viikkopalavereihin joissa tehtäviä yksilöidään päivän tarkkuudella, mikä on käytännön tasolla luonut epätasaisesti toteutuvan tuotannon. Teollisuudessa sovellettujen tahtiaikataulujen tarkkuus on usein minuuttien, jopa sekuntien tarkkuudella määritetty.

Tahtiaikataulun keskeisin tavoite on siis saavuttaa tasainen, ennakoitava tuotantotahti, joka mahdollistaa myös tarkan toimitusten ja logistiikan suunnittelun. Kun menetelmä kehittyy ja pullonkaulat saadaan poistettua jatkuvalla parantamisella ja kokemuksen kautta, myös läpimenoaikoja pystytään lyhentämään. [18.] Rakennuslehdessä on myös uutisoitu tahtiaikataulun implementoinnin saavuttaneen jopa kolmanneksen nopeamman kohteen sisätyövaiheen valmistumisen verrattuna perinteisesti hyödynnettyihin aikataulumenetelmiin [19].



Kuva 7. Tuotannon tasaisuus perinteisissä (jänis) ja tahtiaikatuotannossa (kilpikonna) [18]

3 Case-kohde

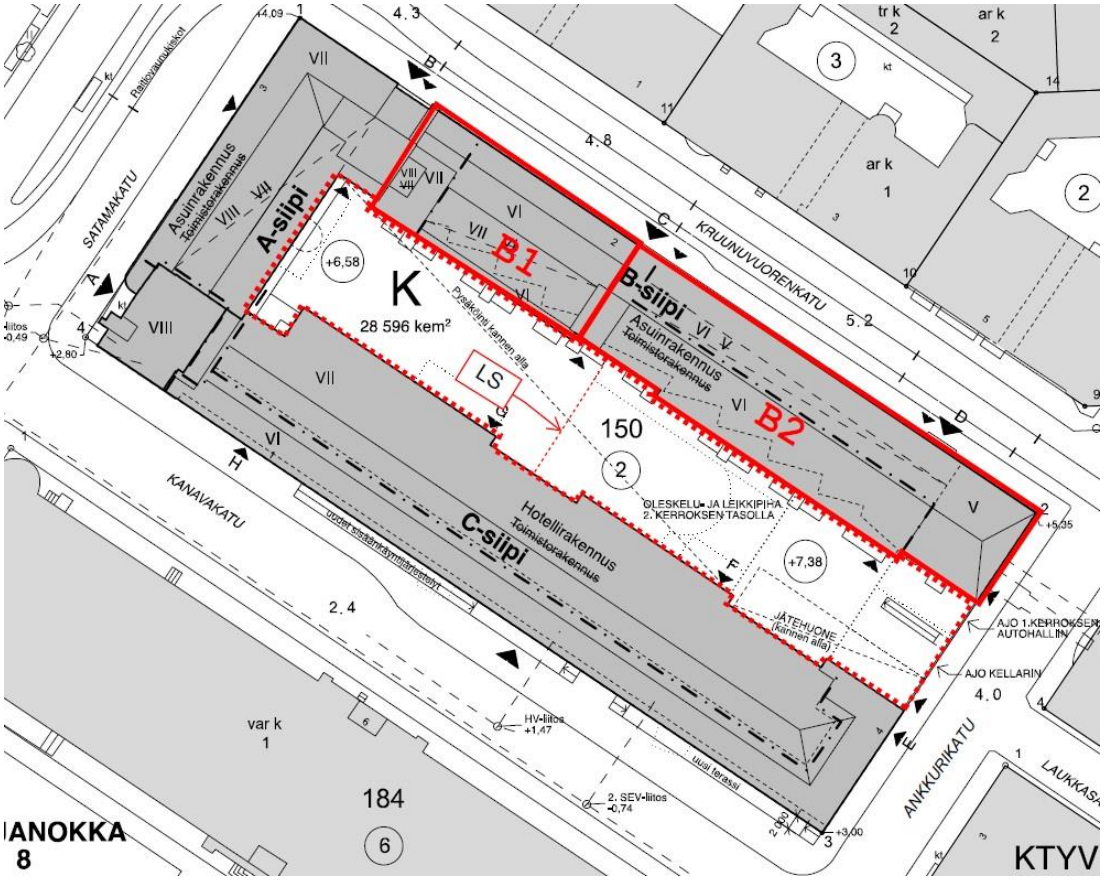
3.1 Kruunuvuorenkadun asunnot

Kruunuvuorenkadun asunnot ovat osa Helsingin Katajannokalla sijaitsevaa isoa korttelirakennusta. Vuonna 1940 rakennettu rakennus on arkkitehti Toivo Paatelan suunnittelema, ja se toimi aiemmin Kesko Oy:n pääkonttorina. Vuonna 2016 työeläkeyhtiö Varma osti kiinteistön ja on sittemmin myynyt rakennuksen Kanavakadun puoleisen siiven, sekä osan Satamakadun puoleisen siiven tiloista muille sijoitusyhtiöille. Koko kiinteistössä on rakennusoikeutta noin 28600 m³ ja ne jakaantuvat suurimmilta osin kuuteen tai seitsemään kerrokseen. Kesäkuussa 2017 Varma käynnisti rakennuksen korjausrakennustyöt Kruunuvuorenkadun puoleisesta siivestä, jonka urakoitsijaksi valikoitui Consti Julkisivut. [7; 8; 10.] Korttelin kaksi muuta siipeä rakennetaan omina urakoinaan, joita tässä työssä ei käsitellä.

Kuva 8. Havainnekuva koko korttelista, Kruunuvuorenkadun asunnot ja sisäpiha on rajattu punaisella [8]

3.1.1 Constin urakka

Consti Julkisivujen työeläkevakuutusyhtiö Varmalle toteutettava urakka on muodoltaan tavoite- ja kattohintainen projektinjohtourakka, joka sisältää rakennuksen Kruunuvuorenkadun puoleisen siiven, eli B-siiven korjausrakennustyöt, jossa uusitaan lähes kaikki kantamattomat rakenteet ja talotekniikka. Tiloihin rakennetaan 120 vuokrakäyttöön tulevaa asuinhuoneistoa, julkisivut ja vesikatto uusitaan, kivijalkaan rakennetaan toimitiloja, lisäksi kaikkien siipien yhteiskäyttöön rakennetaan viheralue ja noin 90 ajoneuvolle autokansi rakennuksen sisäpihalle. [7; 8.]



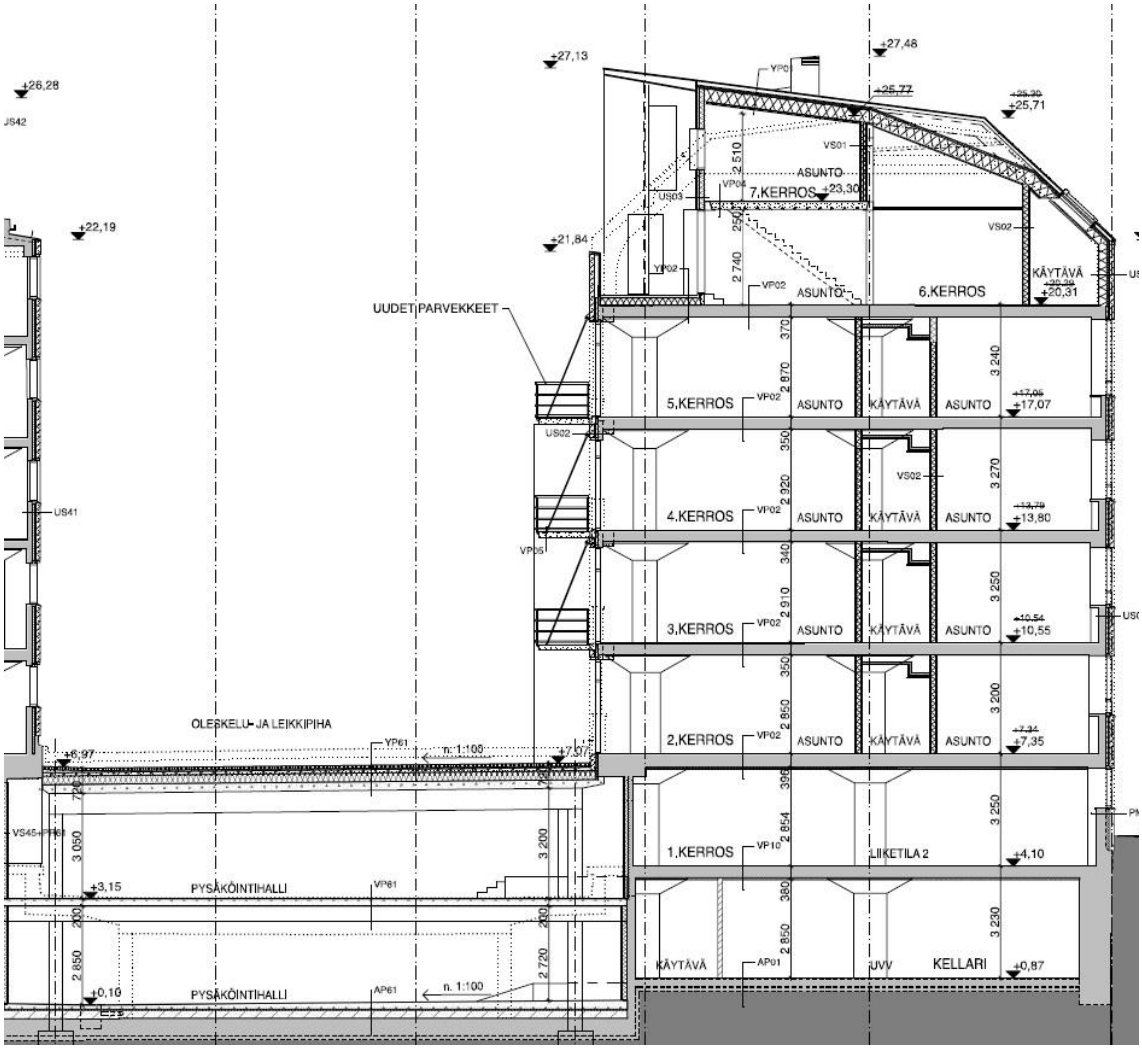
Kuva 9. Kohteen asemakuva, jossa on esitettynä työmaatekninen lohkojako. [6]

3.1.2 Toteutus

Kruunuvuorenkadun asuntojen urakka aloitettiin purkutöillä alkukesästä 2017. Purettavana olivat julkisivujen tiiliverhoukset, sisäpihan vanha kaksikerroksinen parkkihalli ja pihakansi kokonaisuudessaan, vesikaton kaikki vanhat rakenteet, sisäpuolen lähes kaikki kantamattomat rakenteet sekä talotekniikka kokonaisuudessaan. [5.]

Rakennustyöt aloitettiin sisäpuolella vuoden 2018 alussa rakennuksen asunnoista, joista kaikki sijaitsevat kerroksissa kaksi-seitsemän. Työt etenivät järjestyksessä B1-lohkon kerroksissa kahdesta viiteen, jonka jälkeen B2-lohkon kerroksissa kahdesta kuuteen ja viimeisenä rakennuksen B1-puolen viimeisten kerrosten asunnot, joista osa on kaksi- sekä kolmekerroksisia. Kohteen viimeisenä rakennettavat sisätilat ovat ensimmäisen kerroksen liiketilat. Samanaikaisesti asuntojen rakennustöiden kanssa rakennuksen kellarikerroksessa uusitaan kaikki tekniset tilat. Sisäpuolen töihin liittyivät oleellisesti myös vanhojen pilareiden ja palkkien mantteloinnit, uusien hissien rakennustyöt sekä kuudennen kerroksen osalta vesikattotöiden sisätiloihin liittyvät työt. [5.]

Rakennuksen julkisivujen rakennustyöt aloitettiin keväällä 2017. Ne sisältävät vanhan rungon tasoittamisen ja sen päälle eristämisen, uuden tiiliverhouksen, kaikkien ikkunoiden uusimisen ja pellitystyöt. Osa ikkunoista oli alun perin tarkoitus säilyttää ja ehostaa, mutta töiden edetessä päädyttiin kokonaan uusiin ikkunoihin vanhojen ikkunoiden ääniteknisten vajavaisuuksien vuoksi. Sisäpihan puoleiselle julkisivulle asennettiin myös uusia betonielementtiparvekkeita sekä teräsrakenteinen hätäpoistumistie. Julkisivujen on määrä valmistua kokonaisuudessaan vuoden 2019 alussa. [5.]

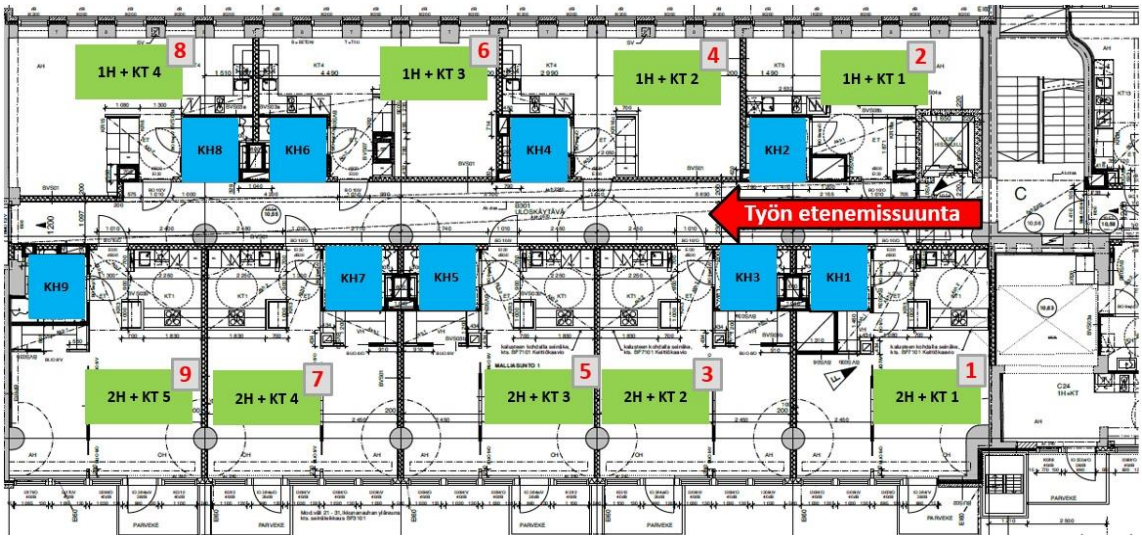


Kuva 10. Leikkauskuva Ankkurikadun suunnasta [6]

Keväällä 2017 alkoivat myös kohteen parkki- ja pihakannen rakennustyöt. Pihakannen valutyöt voidaan pohjan porapaalutuksen jälkeen karkeasti jakaa liikuntasauman (Kuva 9) kohdalta kahteen lohkoon, joista A-siiven puoleinen lohko toteutettiin suurimmilta osilta ensin. Työt aloitettiin kyseisen lohkon alimman parkkikerroksen ylempää holvia kantavien pilarien valuilla. Pilarien päälle valettiin jälkijännitteinen holvi, joka kantaa toista parkkihallin kerrosta ja niin ikään päälle pilarit, jotka kantavat sisäpihan pihakannen. Pilarien ja holvien lisäksi valettiin myös jonkin verran seiniä, ja parkkihallin pohjalle tehtiin kokonaan uusi lattiarakenne. Piha- ja autokannen valutyöt valmistuivat loppusyksystä 2018. [5.]

3.1.3 Tahtiaikataulun suunniteltu sovitus tuotantoon

Niin kuin suuressa osassa tämän työn lähdeaineiston esimerkkitapauksista, myös Kruunuvuoren asuntojen tahtiaikataulu on suunniteltu vain kohteen sisävalmistusvaiheen toteuttamiseen. Aikataulun tahtialueina toimivat kohteessa rakennuksen asunnot, sekä niiden kylpyhuonetilat ja molemmille suunniteltiin toisistaan erillään olevat, mutta toisiaan tukevat työpaketit ja työtahti. Tahtialueiden etenemisjärjestyksen suunnitteluperusteina pidettiin työmaalogistisia tekijöitä, sekä lyhyitä siirtymiä tehtävien välillä. Muita työmaakohtaisempia suunnitteluperusteita oli B1-lohkon näennäisesti yksinkertaisemmista asunnoista aloittaminen. [5; 6.] (Tahtialueiden järjestys työmaan läpi selostetaan luvussa 3.1.2 ja lohkojako esitetään kuvassa 9).



Kuva 11. Esimerkki kohteen B1-lohkon tahtialuejaosta kerroksissa kaksi – viisi

4 Haastattelut

4.1 Haastattelujen suoritus

Työmaan aikataulumallin käytön kokemuksia ja käytön soveltamiseen liittyvää tietoa kerättiin suurelta osin teemahaastatteluilla. Teemahaastatteluja ohjasivat virtautusaikataulun käyttöön ja kehittämiseen liittyvät kysymykset, jotka eivät ole muodoltaan tai järjestykseltään tarkkoja, ja vastata niihin saattoi niin vapaamuotoisesti kuin tuntui sopivalta ilman kysymysten asettamia rajoja. Teemahaastattelun tarkoitus on nostaa ylös myös haastateltavien subjektiiviset kokemukset käytöstä, mitä voidaan hyödyntää hyvin tämän kaltaisessa uuden aikataulumallin pilotoinnista oppimisessa. [16.]

Haastattelut suoritettiin kasvotusten kohdetyömaan toimistotiloissa, mikä mahdollisti myös työmaan dokumenttien selaamisen haastattelujen aikana. Muistiinpanovälineenä toimi ääninauhuri, joka edesauttoi vapaata keskustelua aiheesta. Haastattelut kestivät puolesta tunnista tuntiin ja kerrallaan haastateltiin yksi henkilö. Haastateltavana olivat työmaan aikataulumallin käyttöön osallisena ollut työnjohto sekä työmaan vastaava mestari. Tämän lisäksi työn aikana on ollut paljon vapaata keskustelua aiheesta työmaan toimihenkilöiden kanssa, joka osaltaan vaikuttaa omien johtopäätösten tekemiseen työn loppuosiossa.

4.2 Haastattelujen tulokset

Haastattelujen alkaessa selvisi, ettei kyseistä aikataulumallia oltu sovellettu ja hyödynnetty työmaalla täysin suunnitellusti. Tämä seikka tekee haastavaksi kuvata, kuinka mallia sovellettiin ja johdettiin työmaalla. Siksi haastatteluja ohjattiin tarkoituksen mukaisesti käsittelemään enemmän kokemuksia sen käyttöönotosta ja syitä, joiden takia siirryttiin ohjaamaan tuotantoa muilla menetelmillä. Lisäksi keskusteltiin siitä, millä keinoilla vastaavanlaisessa tilanteessa olisi voinut toimia toisin, kun selkeästi näyttää siltä, ettei tuotanto etene aikataulumallin osoittamalla tavalla. Verrattiin myös toteutunutta aikataulua suunniteltuun tahtiaikatauluun yhdessä järkeväksi koetulla tarkistusvälillä. [5.]

4.2.1 Aikataulumallin käyttöönotto työmaalla

Kaikki haastateltavat olivat yksimielisesti sitä mieltä, että aikataulumallin suunnittelu oli onnistunut hyvin ja sen toteuttamista edeltävästi tehty suuri työ oli riittävä ja tarpeellinen aikataulun toteutumiseksi. Perinteisiin tuotantotapoihin verrattuna saatiin myös luotua parempi yhteistyö aliurakoitsijoiden kanssa ja käsitys toteutuksen yksityiskohdista oli tarkempi. Vaunujen työpaketit koettiin pääasiassa järkeviksi ja alussa ollut muutaman viikon siirtymäaika oli riittävä. Kuitenkin työsisältöjen puutteita oli ja toteuttaessa ilmeni jonkin verran työvaiheita, joita ei oltu suunniteltu aikataulun suunnitteluvaiheessa kohteeseen vielä ollenkaan, mutta näitä olisi ollut mahdoton tai ainakin hyvin vaikea ennustaa aikataulua muodostaessa.

Yhtenä ja ensimmäisenä ilmenneenä vastaan tulleena esimerkkinä toimii suunnitelmista puuttuneet tiivistysrappaukset, jotka vaikuttavat väliseinien liittymiin ja sitä kautta aikataulun väliseinien valmistumiseen. Väliseinien valmistumista vaikeutti myös paljon ketjutettu aliurakka, jonka sisällä aliurakoitsijat sopivat keskenään väliseinätöiden etenemisestä. Sisätyövaiheen edetessä myös monien muiden vaunujen työpakettien sisällöt koettiin mahdottomaksi toteuttaa suunnitellusti ja hyvin nopeasti ongelmien kumuloituessa palattiin Oulun yliopiston tutkimusraportissa [14, s. 40.] mainitulla tavalla rakennusalalle tyypillisesti, tavalliseen tekemiseen. Virtautusaikataulun hyödyntäminen tuotannonohjauksessa suunnitellusti vaikeutui siis jo sisätyövaiheen alkuvaiheilla. Oman aikataulun jäädessä myös aliurakoitsijoiden työnohjaus vaikeutui nopeasti. Aikataulun uudelleen tekeminen yhdestä kolmeen kuukauden päästä toteuttamisen aloittamisesta olisi koettu jälkikäteen tarpeelliseksi. [5.]

4.2.2 Aikataulumallin johtaminen ja soveltaminen pilotointikohteessa

Haastateltavilla oli haastattelujen alkaessa näkemyksellisiä eroja virtautusaikataulun soveltumisesta rakentamiseen ja erityisesti kohdetyömaan kaltaisessa vaikeassa korjausrakentamiskohteessa. Toisaalla koettiin, että kohteessa vastaan tulleet vaikeudet tekivät aikataulumallin soveltamisen ja johtamisen täysin mahdottomaksi. Tahtiajan rullatessa yhden työvuoron tahdissa jokaisen häiriön sattuessa on seuraavanakin päivänä tiedossa paljon ongelmia. Viimeiseksi koko aikataulun romuttavana tekijänä eräs haastateltava mainitsee kohteen kaatovalujen pohjasta irtoamisen (ns. kopo), mikä aiheutti useassa kymmenessä kylpyhuoneessa massiiviset injektointi- ja paikkaustyöt. Lattioiden kaatovalut valmistuivat kuukausia myöhässä suunnitellusta. Tämän lisäksi mainitaan muitakin työmaalla toteutuneita ongelmia kuten huoneistojen oletettua suuremman vaihtelevuuden, toimitusongelmat sekä monet suunnitelmamuutokset ja puutteet, joita kohteessa tuli vastaan. [5.]

Toisena näkemyksenä haastatteluissa aikataulumallin toteuttamatta jäämiselle tuli vastaan Constin oman työnjohdon riittämätön sitoutuminen päivittäiseen johtamiseen sekä selkeä työnjohdon resurssivaje aikataulun käynnistyessä, jolloin sen vaikutus on kaikkein kriittisin. Kohdetyömaan virtautusaikataulu sisälsi kaikkiaan 120 asuntoa, joista vastasi kaksi työnjohtajaa. Aikataulun toteuttaminen vaatii merkittävää panostusta päivittäisjohtamiseen, ja tämän koettiin jääneen ensisijaisesti alun resurssivajeen ja toiseksi aikataulumalliin sitoutumisen vuoksi toteutumatta oikealla tavalla työmaalla. Haastateltavien mukaan tahtiaikataulun varhainen läpikäynti ja hyvä yhteishenki antoivat kuitenkin työnohjaukseen perinteisesti käytettyihin aikataulumalleihin nähden enemmän työkaluja ja keinoja havaita häiriöt nopeammin. [5.]

Yksimielisin näkemys aikataulumallin pilotoinnista liittyi itse aikataulusovellukseen. Aikataulumalli oli todella raskaassa Excel-formaatissa, jonka muokkaaminen työmaalla koettiin täysin mahdottomaksi. Pohja sisälsi paljon makroja ja funktioita, dataa oli tuhansissa soluissa, jonka seurauksena aikataulun muokkaaminen työmaalla oli poissuljettu vaihtoehto. Ulkopuoliselta tilatun aikataulun muokkaaminen kertaluontoisesti koettiin kalliiksi, eikä myöskään varsinaiseksi ratkaisuksi ongelmaan. Työmaatoimistossa näkyvillä ollut paperinen versio aikataulusta toimi pitkään valvontavinjetin tapaisena tarkistuslistana töiden etenemisestä, eikä työtä ohjaavana lukujärjestyksenä, jona sitä oli määrä käyttää. Toiveissa oli siis työmaalla helpommin muokattavissa oleva aikataulupohja, vaikka jo pelkkä aikataulun välitarkistus olisi auttanut paljon. [5.]

4.2.3 Aikataulun vertaaminen toteutuneeseen

Toteutuneen ja suunnitellun tahtiaikatuotannon vertailu vaikeutuu, kun tahtiaikataulun implementointi ei toteudu täysin suunnitellusti. Toteutuneen tuotannon vertaaminen laadittuun tahtiaikatauluun tarkimmalla mahdollisella tasolla, eli työpakettien sisältöjen ja suoritusaikojen tasolla, ei haastattelujen mukaan ole tarkoituksen mukaista, eikä oikeastaan edes mahdollista. Aiemmin mainitun tahtiaikataulun paperisesta versiosta ei myöskään ilmene suoritettujen työtehtävien osalta suoritusajankohtaa. [5; 6.]

Näiden tekijöiden seurauksena haastatteluissa tultiin yhteisymmärrykseen siitä, että toteuman vertaamisessa suunniteltuun ainoana mitattavana ja suunnitellun aikataulun realistisuutta edes jotenkin kuvaavana mittarina voidaan pitää vain ensimmäisen ja viimeisen vaunun työsisällön toteutumisen kestoa työmaalla sovitulla tarkasteluvälillä. Vertailun tuloksena saadaan siis ero suunnitellun aikataulun kestosta toteutuneeseen kyseisellä tarkasteluvälillä. Tarkasteluvälin kohteena toimivat kohteen B2-lohkon 19 asuntoa sisältävän viidennen kerroksen huonetilat, jotka sijaitsevat tahtiaikataulussa hieman puolenvälin jälkeisellä alueella. Tarkasteluvälin valintaan vaikutti työnjohdon työmenetelmien vakiintuminen ja rutiinien muodostuminen työnohjauksessa, työmaan suurimpien ongelmien sijoittuminen tarkasteluvälin ulkopuolelle, sekä ajankohdan osuvuus tämän insinöörityön kanssa sopivaksi. [5.]

Virtautusaikataulussa on kyseinen tarkasteluväli suunniteltu siten, että välin ensimmäisen tahtialueen ensimmäisen vaunun ja viimeisen alueen viimeisen vaunun suorittamisessa kuluu 46 työvuoroa. Ensimmäisen vaunun työsisältö pitää sisällään väliseinien rungot ja toisen puolen levytyksen ja viimeinen sisältää välitilan kittauksen ja lvi-päätelaitteiden asennuksen. Työmaalla kyseisten tehtävien suorittamisessa kyseisellä tarkasteluvälillä kului noin sata työvuoroa, minkä osaltaan selittää se, että työtä oli tässä vaiheessa priorisoitu moneen muuhunkin paikkaan. Tarkastellessa koko sisävaiheen toteutumista tahtiaikataulu kävisi kaikki huoneistot läpi kahdeksassa kuukaudessa ja tämän hetkisen arvion mukaan kaikki aikataulun vaiheet on suoritettu 15 kuukaudessa. [5; 6.]

5 Kehitysehdotukset

5.1 Aikataulu

Varsinaista aikataulun formaattia tulisi muuttaa kevyemmäksi ja helppokäyttöisemmäksi, jotta siihen olisi mahdollisuus tehdä muutoksia itse työmaalla heti tarvittaessa työmaan toimihenkilöiden toimesta. Etenkin osaa luvussa 2.3.3. mainituista hienosäätömekanismeista tulisi voida käyttää helposti aikataulussa.

Aikataulun toteutuksen realistisuudesta keskusteltaessa nousi ylös myös tahtiajan pidentäminen viikkoon, jolloin esimerkiksi viiden työvuoron työt olisi suunniteltu toteutettavaksi 4,5 päivässä. Tällöin aikataulun alkaessa ei joka päivä alkaisi uutta työpakettia ja laadunhallinta ainakin voisi helpottua, kun jokaisen vaunun työsisällön laatu voidaan todentaa isommalla alueella kuin yhden päivän tahdilla. Myös puolikkaan päivän käyttäminen mahdollisten viikolla kasaantuneiden puutteiden korjaamiseen voisi olla helpompaa kuin joka työvuoro viimeisen esimerkiksi puolituntisen ja mahdollistahan on myös isommassa häiriötilanteessa hyödyntää viikonloppua ennen seuraavan tahdin alkua.

Aikataulu tulisi tarkistaa ja tehdä tarvittavat muutokset tuotannon käynnistyessä. Vaikka aikataulun tekemiseen tehtäisiin kaikki tarpeellinen oikein, esiintyy korjausrakentamisessa lähes aina yllätyksiä, joita on käytännön tasolla mahdotonta ennustaa ennen tuotannon alkua. Tähän reagointina voisi toimia aiemmin mainittu aikataulun muokkaamisen helpottaminen itse työmaalla, tai aikataulun läpikäyntiin varattu tarkistuspalaveri, jossa osapuolina olisi mahdollisesti kaikki samat toimijat kuin aikataulua luodessa, riippuen siitä kuinka suuri tarve aikataulun säätämiselle on. Hyvänä tarkistusajankohtana casekohteessa olisi haastateltavien mukaan toiminut noin yhdestä kolmeen kuukautta aikataulun käynnistyksestä, jolloin valtaosa epäkohdista olisi ollut tiedossa. Tämänlaisilla palavereilla pystyttäisiin myös Lean-hengessä edistämään jatkuvaa kehitystä aikataulun tarkkuuden osalta myös tulevissa hankkeissa.

5.2 Päivittäisjohtaminen

Tuotannon johtamiseen tarvitaan uusia työkaluja. Keskeinen osa virtauttamista on aikataulusuunnitelmien jokapäiväinen läpikäynti ja johtaminen työmaalla. Etenkin tuotannon alkuvaiheissa aliurakoitsijoiden työntekijöiden ohjaaminen ja sitouttaminen tuotantomalliin on kriittistä, jottei suuria korjausliikkeitä jouduta tekemään ja uskoa menetelmään menetetä heti alkumetreillä. Tahtiaikataulun päivittäiseen johtamiseen ehdotetaankin Oulun yliopiston tutkimusraportissa [14, s. 38.] visuaalisesti esitettävää lukujärjestystä. Lukujärjestyksen implementointimenetelmä ja formaatti voi tietenkin olla mikä vain tarkoituksen mukainen, kunhan se on ajantasainen ja kaikkien saatavilla, ja siitä ilmenee missä kenenkin tulee työskennellä minäkin ajanhetkenä.

Uutta tuotantomallia jalkauttaessa voi tulla tarpeeseen myös työnjohdon kapasiteetin lisääminen tuotannon hallinnan turvaamiseksi aikataulun käynnistyessä. Tahtituotantomalli on häiriöherkkä verrattuna perinteisesti käytössä olleisiin tuotantomalleihin, ja varsinkaan korjausrakentamisessa rakennustuotannolle tyypillisistä ongelmista tuskin kaikista päästään eroon pelkästään tuotannon tarkemmalla suunnittelulla ja tasaisemmalla toteutuksella. Virtautuksen oikein toteutuessa myös työntekijöiden käyttöasteen odotetaan pienenevän ja tämän luovan tarpeen suuremmalle määrälle työntekijöitä johdettavaksi.

Taulukko 2. Kehitysehdotukset tiivistetysti

Esille tulleet haasteet	Kehitysehdotukset
Aikataulu on raskas/mahdoton muokata työmaalla	Kevyempi ja muokattavampi sovellus aikataulule
Aikataulussa toteutuneisiin ongelmiin reagointiin jää hyvin vähän aikaa	Tahtiajan muuttaminen siten, että ongelmien korjaukseen on yksi pidempi ajanjakso monen lyhyen sijasta
Aikataulun työpaketteja ei voida toteuttaa suunnitellusti	Aikataulun tarkistuttaminen ja säätäminen tuotannon käynnistymisen jälkeen
Päivittäisjohtamisessa vaikeuksia	Tuotantosuunnitelman helppolukuinen lukujärjestystyökalu
Työnjohdon kapasiteetin vaje tahtiaikataulun käynnistyessä	Kapasiteetin lisäys

6 Johtopäätökset

Tässä insinöörityössä tavoitteena oli löytää kehitysehdotuksia virtauttamiseen raskaassa korjausrakentamisessa ja selvittää kuinka tahtiaikataulumallisen virtautusaikataulun pilotoinnissa oli onnistuttu Consti Julkisivujen raskaalla asuntokorjaustyömaalla. Tämän lisäksi työssä kuvattiin Lean-filosofiaa, virtautuksen ja tahtiaikatuotannon soveltamisen ja suunnittelun periaatteita.

Insinöörityön kulku eteni teoriaosuuden aineiston kasaamisesta haastatteluihin ja näiden molempien pohjalta kehitysehdotusten muodostamiseen. Työn vaiheista suurimman haasteen aiheutti haastatteluihin liittyen virtauttamisen kehittämiseksi saatavan tiedon hyödyntäminen työssä. Työmaalla tahtiaikatuotannon toteuttaminen suunnitellusti oli niin haasteellista kohteen todellisen kompleksisuuden vuoksi, ettei sen johtamisesta tai soveltamisesta ole kovinkaan helppo tehdä haastattelujen pohjalta merkittäviä kehitysehdotuksia, mikä oli tämän työn tavoite.

Haastatteluissa ilmeni jonkin verran eri näkemyksiä siitä, miksi tuotantoa ei saatu lähtemään suunnitellusti ja kehitysehdotukset ovat luotu kaikkia näkemyksiä huomioiden. Keskeiset kaksi näkemystä liittyivät päivittäisjohtamisen resurssivajeeseen tuotannon käynnistyessä ja sitoutumiseen uutta menetelmää kohtaan sekä työmaalla ilmenneiden ongelmien esiintyessä aikataulun toteutuskelpoisuuteen. Haastateltavien yleinen näkemys oli kuitenkin se, että virtautuksen periaatteita saatiin työmaalla sovellettua. Onnistumisia saatiin erityisesti aliurakoitsijoiden yhteistyön osalta sekä kohteen tarkan läpikäynnin seurauksena ennen töiden aloitusta.

Työmaan toteutunutta aikataulua verrattaessa suunniteltuun ilmenee kestollisesti niin merkittävä ero, ettei sitä voida perustella täysin huonolla johtamisella tai sitoutumisella, vaan kohteessa on ilmennyt myös merkittävästi ongelmia, joita ei ollut tahtiaikataulua suunnitellessa huomioitu. Haastatteluista kerätty tieto kohdennettiin siis tarkoituksellisesti koskemaan itse aikataulusovelluksen käyttöä sekä näkemyksiä siitä, miten virtautusaikataulu olisi saatu käyntiin paremmin. Työn lähdeaineistosta ilmenee, että haasteita on ilmennyt paljon tahtituotantoa soveltaessa rakennustuotantoon muuallakin. Tahtiaikataulun häiriöherkkyys ja etenkin korjausrakentamisen kompleksisessa ja arvaamattomassa ympäristössä luovat tuotannon suunnittelulle ja johtamiselle tarpeen entistä paremmalle reagointikyvylle häiriötilanteessa.

Kehitysehdotukset kohdistuvat tahtiaikataulun muokattavuuden edistämiseen häiriötilanteessa sekä päivittäisjohtamisen helpottamiseen lukujärjestystyökaluehdotuksen kautta. Consti yhtiöt voivat tämän työn tulosten valossa kohdistaa kehitystyötään tuotannon käynnistymisen jälkeiseen, ensimmäisten viikkojen toimintamalleihin liittyen tämän työn pohjalta, mutta valitettavasti mitään merkittävää työkalua tai tuotantoa edistävää prosessikuvausta ei saatu luotua.

Lähteet

1 Kulta, Iiro. 2018, Implementing takt planning in structural desing, Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto.

2 Consti Yhtiöt Oyj, kotisivut. Verkkoaineisto. <https://www.consti.fi/> Luettu 22.11.2018.

3 Koskela, Lauri 1992. Application of the New Production Philosophy to Construction. CIFE, Stanford University, CA.

4 Juha Salminen. Tuotannon virtautus tuo rakentamiseen tuottavuusloikan. Verkkoaineisto. Flow solution.<https://www.flowsolution.fi/tuotannon-virtautus-tuo-rakentamiseen-tuottavuusloikan/> 27.9.2017. Luettu 22.11.2018

5 Tutkimushaastatteluryhmä. Consti Julkisivut Oy. Haastattelut. 10.12.2018 - 25.1.2019

6 Case-kohteen suljettu projektipankki. 2018-2019.

7 Keskon entinen pääkonttori saa uuden elämän – Consti toteuttaa Varman 19 miljoonan muutostyöt Katajanokalla. 2017. Verkkoaineisto. Consti Yhtiöt Oyj <https://www.consti.fi/ajankohtaista/keskon-entinen-paakonttori-saa-uuden-elaman-consti-toteuttaa-varman-19-miljoonan-muutostyot-katajanokalla/> Luettu 22.11.2018.

8 Kruunuvuorenkatu 2. Verkkoaineisto. Varma. <https://www.kruunuvuorenkatu2.fi/> Luettu 22.11.2018

9 Six Sigma Lean. Verkkoaineisto. Quality Knowhow Karjalainen Oy. <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/lean/> Luettu 25.11.2018.

10 Keskon entisellä pääkonttorilla nyt kolme omistajaa. Verkkoaineisto. Projektiuutiset. <http://www.projektiuutiset.fi/keskon-entisella-paakonttorilla-nyt-kolme-omistajaa/> 29.9.2017 Luettu 22.11.2018.

11 Keskiniva, K., Junnonen, J-M., & Saari, A. 2018 Virtauttamisen toteutuksen periaatteet ja soveltamismahdollisuudet rakennushankkeissa. Rain-tutkimushankkeen osaraportti 1. Tampereen teknillinen yliopisto.

12 Keskiniva, Kimmo. 2017. Virtauttamisen toteutuksen periaatteet ja soveltamismahdollisuudet rakennushankkeissa. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto.

13 Aapaoja, A., Haapasalo, H. 2014. The Challenges of Standardization of Products and Processes in Construction. Proceedings of the 22nd Annual Conference of the International Group for Lean.

14 Haapasalo, H., Aaltonen, K., Kähkönen, K., Saari, A. 2018. Rakentamisen Integraatiomekanismit. Oulun yliopiston tuotantotalouden tutkimusraportteja 1/2018.

15 Dlouhy, J., Binninger., Oprach, S., Haghsheno, S. Three-level Method of Takt Planning and Takt Control. A New Approach For Designing Production System in Construction." In: Proc. 24th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Boston, MA, USA, sect.2 pp. 13–22.

16 Hirsjärvi, S. & Hurme, H. 2000. Tutkimushaastattelu: teemahaastattelun teoria ja käytäntö, Yliopistopaino.

17 Lean Construcion Institute. Verkkoaineisto. LCI Finland. <lci.fi> Luettu 22.11.2018.

18 Tahtiaikatuotanto uudistaa tuotannonohjauksen. 2015. Verkkoaineisto. Lean Construcion Institute. <http://lci.fi/blog/menetelmakortti/tahtiaikatuotanto/> Luettu 1.2.2019.

19 Tompuri, V. & Mölsä, S. 2019. Asuntorakentamisen sisätyöt nopeutuivat kolmanneksella autoteollisuuden opeilla. Rakennuslehti. 16.1.2019. Luettu 1.2.2019.

20 Salminen, Juha. 2019. Kehitysjohtaja, Consti yhtiöt Oyj. Sähköposti. 7.2.2019.