

Ida Hult

TAHTITUOTANNON MERKITYS RAKENTAMISEN TUOTTAVUUDEN PARANTAMISESSA

Diplomityö
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta
Huhtikuu 2020

TIIVISTELMÄ

Ida Hult: Tahtituotannon merkitys rakentamisen tuottavuuden parantamisessa
Diplomityö
Tampereen yliopisto
Johtamisen ja tietotekniikan tutkinto-ohjelma
Huhtikuu 2020

Rakennusalailla tuottavuus on heikompaa, kuin muilla teollisuuden aloilla. Yhtenä suurena syynä alan tuottavuusongelmiin voidaan pitää hukattuja resursseja niin materiaali- kuin henkilöstöpuolellakin. Aikaa menee enemmän odotteluun, kuin tuottavaan työhön. Tuottavuusongelmiin on esitetty erilaisia ratkaisuja, joista yksi on tahtituotanto.

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, onko tahtituotanto avain tehokkaampaan toimintaan talotekniikan alalla ja päästäänkö sen avulla parempaan tuottavuuteen. Tarkoituksena on, että työstä olisi tulevaisuudessa konkreettista hyötyä yrityksessä tahtituotantokohteiden kanssa työskenteleville projektipäälliköille.

Tutkimus toteutettiin laadullisena, eli kvalitatiivisena tutkimuksena. Tutkimusmenetelmäksi valikoitui tapaustutkimus. Tutkimuksessa hyödynnettiin aiheeseen liittyvää kirjallisuutta, artikkeleita ja muita julkaisuja. Projektipäälliköiden ja toimitusjohtajan haastattelut olivat toinen tärkeä osa tutkimusta.

Tutkimuksen alussa tutustutaan lean-ajattelun ja tahtituotannon teoriaan sekä tärkeimpiin käsitteisiin. Luvussa on kerrottu myös tahtituotannon historiaa. Tämän jälkeen kerrotaan tutkimuksen lähtötilanteesta ja pohditaan rakennusalan tuottavuuden määrittelemiseen liittyviä ongelmia. Tämä kappale sisältää myös projektipäälliköiden haastattelut ja vastausten analysointia. Haastattelujen perusteella pohdittiin tahtituotannon toimivuutta yrityksessämme tällä hetkellä ja myös mahdollisia kehitysehdotuksia.

Tutkimuksesta kävi ilmi, että tahtituotannon avulla pystytään vähentämään hukkaa sekä tekemään laadukkaampaa urakointia nopeammassa ajassa. Näin ollen tahtituotannolla on positiivinen vaikutus rakentamisen tuottavuuteen. Tutkimuksesta kävi ilmi myös, että tahtituotannon toteuttamisessa on haasteita tietyillä osa-alueilla ja näihin haasteisiin pyrittiin löytämään vastauksia kirjallisuuden ja projektipäälliköiden omien näkemysten avulla.

Avainsanat: Tuottavuus, tahtituotanto, lean, hukka

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ABSTRACT

Ida Hult: The role of takt production in improving the productivity of construction
Master's Thesis
Tampere University
Degree Programme in Management and Information Technology
April 2020

In construction industry the productivity has been weaker than in other industries. One main reason for weak productivity are lost resources in materials and personnel. Time is more spent in waiting than productive work. Various solutions to productivity problems have been presented and one of these solutions is takt production.

The aim of this study is to find out if takt production is a solution for better productivity in the field of building services. The intention is that this study will concretely help project managers work with takt production

The study was carried out as a qualitative research. The case study was chosen as a research method. Relevant literature, articles and other publications were utilized in this study. Another important part of this study were the interviews of project managers and managing director.

In the beginning of the study there is a review to the theory of lean thinking and takt production and most important concepts are explained. This chapter also includes a review to the history of takt production. The next chapter addresses the baseline of the study. It also includes reflection about defining the productivity in construction and what kind of problems it causes. The end of chapter includes the interviews of the project managers and analyzing the answers. Based on the interviews, the efficiency of takt production in our company was discussed and possible development proposals were also considered.

The study indicates that with the help of takt production, it is possible to reduce waste, do better quality contracting in less time. As it is, takt production has a positive effect on construction productivity. The study also indicates that there are still some challenges in implementing takt production in certain areas. Solutions to these challenges were sought through the interviews of the project managers.

Keywords: Productivity, takt production, lean, waste

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

ALKUSANAT

Päädyin tähän aiheeseen, koska rakennusalalla tuottavuus on ollut yleisesti heikkoa ja halusin tutkia, onko tahtituotannosta apu heikkoon tuottavuuteen.

Tahtoisin kiittää Amplit Oy:n toimitusjohtajaa Jussi Kuusela mahdollisuudesta tehdä tämä työ Amplitille ja myös kaikesta avusta projektin eri vaiheissa. Tahtoisin myös kiittää osallistuneita projektipäälliköitä heidän korvaamattomista näkemyksistään koskien tahtituotantoa.

Tahtoisin kiittää myös yliopistonlehtori Rainer Breiteä, jolta sain korvaamatonta apua ja tukea diplomityön eri vaiheissa.

Espoossa, 05.04.2020

Ida Hult

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
1.1 Työn tausta	1
1.2 Tutkimuksen tavoitteet, tutkimuskysymys, tutkimusongelma ja rajaukset 4	
1.3 Tutkimusmenetelmät	5
1.4 Tutkimuksen rakenne	6
2. TAHTITUOTANTO	8
2.1 Lean-ajattelu	8
2.2 Tahtituotanto	11
2.2.1 Tahdin määritelmä	12
2.2.2 Tahtituotannon historia	12
2.2.3 Tahtiajan merkitys rakennusosalalla	13
2.3 Menetelmät tahtisuunnitteluun	14
2.4 Tahtiohjaus	18
2.5 Tahtiajan määrittelemineen	22
2.6 Tuottavuus rakennusosalalla	23
3. AINEISTO JA MENETELMÄT	27
3.1 Yritysesittely	27
3.2 Projektipäälliköiden haastattelut	28
3.3 Tilanteen analyysi	38
4. KEHITYSEHDOTUKSET	42
4.1 Haastattelujen perusteella löydetty kehityskohteet tahtituotannossa ..	42
4.2 Kehitysehdotukset havaittuihin ongelmiin tahtituotannossa	43
5. YHTEENVETO JA TUTKIMUKSEN ARVIOINTI	46
5.1 Tutkimuksen arviointi	48
5.2 Tutkimuksen luotettavuus	50
5.3 Jatkotutkimusehdotukset	51
LÄHTEET	53
LIITE A	56

LYHENTEET JA MERKINNÄT

TPS	Toyota Production System (Toyotan tuotantojärjestelmä)
JIT	Just-In-Time (Juuri oikeaan tarpeeseen)
VSM	Value Stream Mapping (Arvovirtakuvaus)
SSU	Standard Space Unit (Standardi tilayksikkö)

1. JOHDANTO

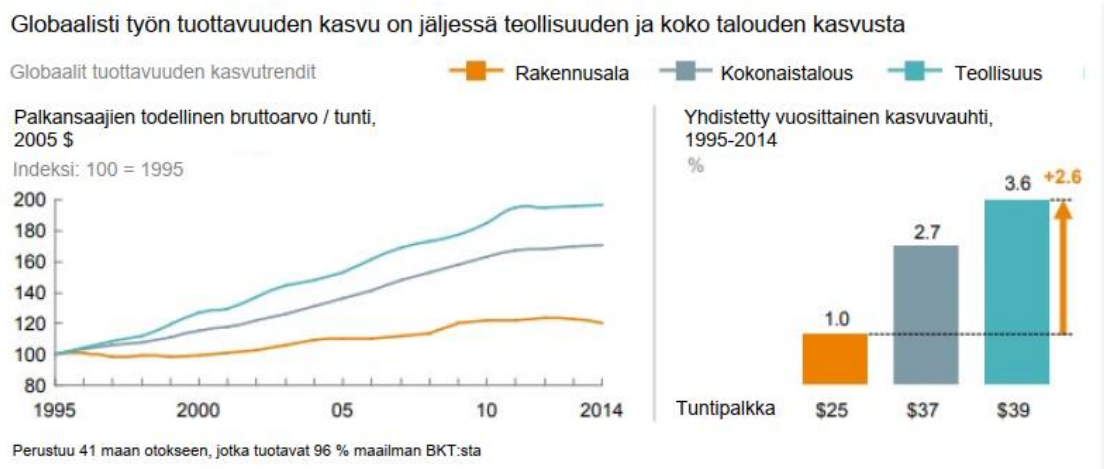
Tässä kappaleessa kerrotaan työn taustoista ja pohditaan, miksi juuri tahtituotannon tarkasteleminen valikoitui diplomityön aiheeksi. Lisäksi kappaleessa määritellään tutkimuksen tavoitteet, tutkimuskysymykset ja tutkimuksen rajaukset sekä tutkimusmenetelmät. Tässä kappaleessa kerrotaan myös työn rakenteesta ja avataan lyhyesti tutkimuksen aihetta.

1.1 Työn tausta

”Rakennusala tunnetaan edelleen alana, jossa enimmäkseen odotellaan, että päästäisiin tekemään töitä” (Talouselämä). Näin kirjoittaa Eeva Törmänen Talouselämän artikkelissaan ”Rakennustyömailla 80 prosenttia työajasta on yhä odottelua”. Törmäsen mukaan rakennusalan tuottavuus on vain noin 10-20 prosenttia eli työajasta jopa 90 prosenttia menee turhaan odotteluun. Myös Olli Heralan (2018) kirjoittamassa Kauppalehden artikkelissa ”Rakentamisen surkealle tuottavuudelle selitys – Professori: ”Työajasta vain noin 30 prosenttia tuottavaan työhön” ollaan samoilla linjoilla. Artikkelissa on haastateltu tuotantotalouden professoria Olli Seppästä ja Seppäsen mukaan suurin osa työajasta menee arvoa tuottamattomaan toimintaan, esimerkiksi tavaroiden haalaamiseen, työkalujen etsimiseen tai asioiden selvittämiseen. Seppäsen mukaan tuottavuuden parantamisen avaimet ovat siinä, että hukattu aika saadaan minimoitua. ”Työntekijä tarvitsee oikean tiedon, oikeat materiaalit, oikeat työkalut oikeaan aikaan oikeassa paikassa ollakseen tehokas”, Seppänen sanoo.

Myös Oona Lohilahden (2017) Rakennuslehteen kirjoittamassa artikkelissa ”Rakennusosalalla työn tuottavuus ei ole kasvanut 40 vuodessa – onko allianssista tai leanista apua?” pohditaan syitä rakennusalan heikkoon tuottavuuteen. Lohilahden mukaan tuottavuuden kasvua on haitannut esimerkiksi se, että rakennusurakoissa on mukana paljon eri osapuolia, kuten suunnittelijat, urakoitsijat, tilaaja ja aliurakoitsijat, ja tämä johtaa usein riitelyyn. Riitelykulttuuri johtuu perinteisestä hankemallista, jossa sopimuksia tehdään kahdenvälisesti, suunnitelmia ja tavoitteita ei tehdä yhdessä. Kun suunnittelija ja urakoitsija on valittu sen perusteella, mistä saadaan halvimmalla, syntyy helposti muutoksia suunnitelmien puutteellisuuden vuoksi. Tämä johtaa siihen, että aikaa menee turhaan työhön, eli hukkaan ja epäselvyyksien ratkomiseen.

Samankaltaisia artikkeleita rakennusalan heikosta tuottavuudesta löytyy internetistä hakemalla lukuisia. Ei ole uusi asia, että rakennusosalalla tuottavuus on yleisesti heikompaa, kuin muilla teollisuuden aloilla. Rakennusalan riskit saavutettavaan tuottoon nähden ovat suuret. Juuri näiden asioiden takia tahtituotannon tutkiminen herättää kiinnostusta ja se valittiin diplomityön aiheeksi. Tavoite on, että diplomityöstä on tulevaisuudessa apua yrityksen tahtituotannon parissa työskenteleville projektipäälliköille ja tätä kautta myös olevan avain paremman tuottavuuden ja kilpailukykyyn saavuttamiseen. Alla olevassa kuvaajassa (kuva 1) on kuvattu rakentamisen tuottavuuden kehitystä globaalisti.

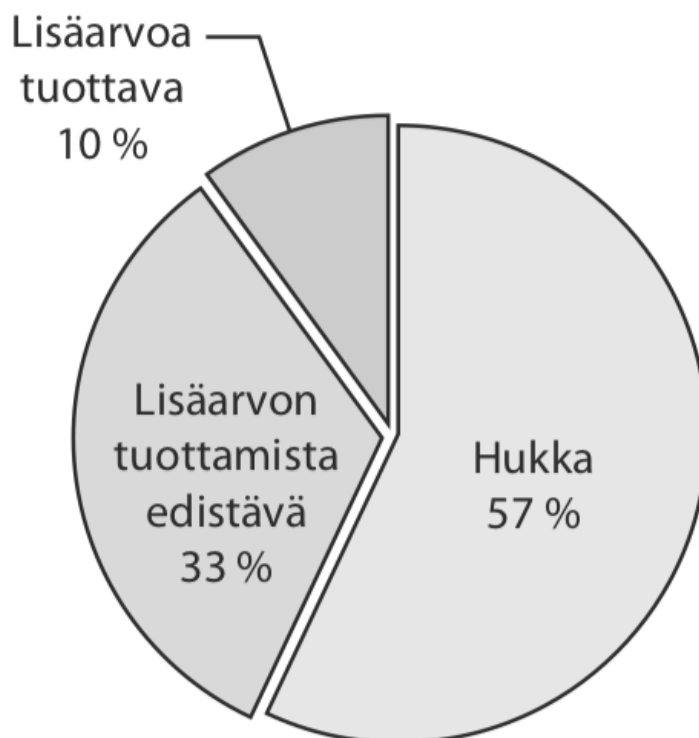


Kuva 1. Rakentamisen tuottavuus globaalisti (mukaellen Barbosa et al., 2017)

Koskenvesan (2011) mukaan sana "tuottavuus" juontaa juurensa maatalouden alalta, jossa tuottavuuden arviointi tapahtui vertailemalla korjatun sadon määrää tiettyä pinta-alaa kohden. Tuottavuus tarkoittaa siis tuotosten ja niihin käytetyn panoksen välistä suhdetta (Koskenvesa 2011). Rakennusosalalla tuottavuuden määrittely on kuitenkin hankalampaa johtuen alan luonteesta ja tuottavuudelle ei ole määritetty yksittäistä selkeää tuottavuuden mittaa. Rakennusalan monimutkaisuuden vuoksi tuottavuuden määrittelyssä on otettava huomioon monia eri asioita, esimerkiksi työvoimaan ja osaamiseen liittyviä tekijöitä, hankkeen kokoon ja tyyppiin liittyviä tekijöitä sekä rakennuspaikan fyysiseen ympäristöön liittyviä tekijöitä. Yksinkertaistettuna tuottavuus voidaan esittää kahdella eri tavalla, osatuottavuutena ja kokonaistuottavuutena. Osatuottavuudessa otetaan huomioon toteutuneet työtunnit sekä toteutuneiden asennusten määrä, kokonaistuottavuuden määrittelyssä tarvitaan useampia eri tekijöitä, kuten työvoima, laitteet, materiaalit ja pääoma (Bernstein 2003, Park 2006).

Rakennusosalalla tuottavuus on ollut heikompaa kuin muilla teollisuuden aloilla. Yksi syy huonoon tuottavuuteen rakennusosalalla on hukatut resurssit niin materiaali- kuin

henkilöstöpuolellakin (Forbes et al., 2011). ETLA:n tutkimus kertoo, että rakennusalan tuottavuuden kehitys on ollut selvästi heikompaa vuosina 1980-2007, kuin muilla palvelualoilla. Hankkeet pitkittyvät, projekteissa syntyy suuria kuluylityksiä ja laadussa on puutteita. Nykyrakentamisessa toteutus on monimutkaista ja se on jaettu pieniin osakokonaisuuksiin ja projektin eri vaiheissa eri tahot ohjaavat projektia omien intressiensä mukaisesti. Osoptimointia tapahtuu jo suunnitteluvaiheessa, mutta eritoten sitä tapahtuu työmaalla (Koskenvesa 2011). Alla olevassa ympyrädiagrammissa (kuva 2) on kuvattu lisäarvoa asiakkaille tuottavien toimintojen osuutta rakentamisessa.



Kuva 2. Lisäarvoa asiakkaille tuottavien toimintojen osuus rakentamisessa (Koskenvesa 2011)

Rakennusalan heikon tuottavuuden parantamiseen on esitetty erilaisia näkökulmia. Koskenvesa (2011) esittää, että prosessit tulisi ottaa entistä paremmin huomioon rakennushankkeiden kohdalla. Myös osaavien projektitiimien tärkeyttä korostetaan tuottavuuden parantamisessa. on tärkeää, että työntekijät ymmärtävät, miten hukkaa voidaan vähentää ja mistä arvo muodostuu asiakkaalle. Jotta jatkuva parantaminen toteutuisi tuotannon kaikilla tasoilla, työntekijät tulisi ottaa entistä tiiviimmin mukaan toimintaan (Koskenvesa 2011).

Yhtenä ratkaisuna tuottavuusongelmiin on esitetty tahtituotantoa. (Heinonen et al., 2016) Tahtituotanto perustuu tahtiaikaan, joka johdetaan kysynnän avulla. Tahtiajalla tarkoitetaan työn nopeutta tai tahtia (Yassine et al., 2014). Tahtituotannon avulla pyritään

vähentämään prosessien vaihtelevuutta määrittelemällä eri työalueille tahtiajat (Emdanat et al., 2016).

Tahtiajan käyttö on yksi keskeisimpiä metodeja lean-tuotannossa. Lean-ajattelun pääperiaate on se, että lisätään arvoa ja vähennetään hukkaa. Tahtituotannon avulla voidaan estää prosessien ylituotanto, saavuttaa tasapaino prosesseissa ja pienentää läpimenoaikoja. Myös tuotantokapasiteettia voidaan kasvattaa, kun varastointi- ja odotusajat pienenevät ja kuljetukset on optimoitu jatkuvan työn virtauksen mahdollistamiseksi (Haghsheno et al., 2016). Kun työtehtävien ajoitus on oikea ja työvoiman sekä materiaalien saatavuus on suunniteltu tarpeeksi huolellisesti, työn eteneminen on sujuvaa (Holm et al., 2018).

1.2 Tutkimuksen tavoitteet, tutkimuskysymys, tutkimusongelma ja rajaukset

Tutkimuksen päätavoitteena on selvittää, onko tahtiaikataulutukseen perustuva tuotanto avain tehokkaampaan toimintaan talotekniikan alalla ja päästäänkö sen avulla parempaan tuottavuuteen. Työssä käydään läpi tahtituotantoprosessien nykytilaa yrityksessä ja niihin liittyviä haasteita sekä mahdollisuuksia. Lisäksi pohditaan, voidaanko tahtituotantoprosesseja vielä kehittää yrityksessä ja jos voi, niin miten. Työssä käydään myös huolellisesti läpi tahtituotantoon liittyviä tärkeimpiä käsitteitä ja menetelmiä ja luodaan katsaus myös tahtituotannon historiaan. Tarkoituksena on, että työstä olisi tulevaisuudessa konkreettista hyötyä yrityksessämme tahtituotantokohteiden parissa työskenteleville projektipäälliköille ja myös sellaisille henkilöille, joille tahtituotanto ei ole entuudestaan tuttua.

Tutkimuksen rajauksena ja viitekehyksenä toimii se, että tässä työssä tahtituotantoa tarkastellaan nimenomaan talotekniikkaurakoitsijan näkökulmasta. Tutkimusongelma on se, että tällä hetkellä ei olla tietoisia siitä, onko tahtituotanto avain tehokkaampaan ja taloudellisempaan tapaan tehdä talotekniikkaurakointia. Tutkimusongelma vaatii huolellista perehtymistä aiheeseen. Tutkimusongelmasta päästään tämän tutkimuksen päätutkimuskysymykseen, joka on:

- Onko tahtituotannolla positiivinen vaikutus tuottavuuteen talotekniikkaurakoinnissa?

Alakysymykset, joilla pyritään syventämään päätutkimuskysymystä ovat:

- Voidaanko tahtituotannon avulla vähentää hukkaa?

- Voidaanko tahtituotannon avulla tehdä laadukkaampaa urakointia nopeammassa aikataulussa?

1.3 Tutkimusmenetelmät

Tekniikkaa, jolla tarvittava aineisto on kerätty tutkimusta varten ja miten sitä on analysoitu, kutsutaan tutkimusmenetelmäksi (Bryman 2012). Tutkimus toteutettiin kvalitatiivisena eli laadullisena tutkimuksena. Saaranen-Kauppinen et al. (2006) mukaan kvalitatiivinen tutkimus ei ole vain yksi tietynlainen tapa tutkia eikä minkään tietyn tieteenalan tutkimusote. Kvalitatiivinen tutkimus voi sisältää useita erilaisia lähestymistapoja aiheeseen, samoin kuin aineistonkeruu- ja analyysimenetelmiä voi olla useita. Tavoitteena on ihmisen ja hänen elämänsä tutkiminen erilaisten menetelmien avulla. Laadullinen tutkimus koostuu erilaisista elementeistä, joita ovat tutkittavasta aiheesta aiemmin tehdyt tutkimukset ja teoriat, empiirinen aineisto sekä kirjoittajan omat näkemykset aiheeseen liittyen (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006). Yleisimmät menetelmät aineiston keruuseen laadullisessa tutkimuksessa ovat haastattelut, kyselyt, havainnointi ja erilaisista dokumenteista kerätty tieto. Riippuen tutkittavasta ongelmasta ja tutkimusresursseista, näitä menetelmiä voidaan käyttää eri tavoin yhdisteltyinä tai rinnan (Tuomi et al. 2018).

Tutkimusmenetelmäksi valikoitui tapaustutkimus. Tyypillistä on, että tapaustutkimuksen aiheeksi valitaan jokin yksittäinen tapaus tai suurempi joukko tapauksia, joita usein tarkastellaan prosesseja silmällä pitäen. Tapaustutkimuksen tarkoitus on tutkia, kuvata ja selittää tapauksia kysymysten ”miten” ja ”miksi” avulla. Tapaustutkimuksessa aihetta pyritään kuvailemaan systemaattisesti, tarkasti ja totuudenmukaisesti. Tutkimus tehdään hyödyntäen monipuolista ja eri menetelmien avulla hankittua tietoa (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006). Erikssonin ja Koistisen (2014) mukaan tapaustutkimusta voidaan luonnehtia tutkimusstrategiaksi tai lähestymistavaksi sen monimuotoisuuden vuoksi, ei niinkään metodiksi. Tapaustutkimukselle on vaikea antaa vain yhtä yleispätevää määritelmää, sillä tapaustutkimuksen nimikkeellä voidaan tehdä tutkimusta erilaisin tavoittein ja lähtökohdin monilla eri tieteenaloilla.

Kirjallisuustutkimuksessa luodaan teoreettinen viitekehys tälle tutkimukselle. Kirjallisuustutkimuksen tarkoituksena on selvittää, millä tavoin ja minkälaisista näkökulmista aihetta on jo tutkittu. Tutkimusprosessi koostuu viidestä vaiheesta ja nämä vaiheet ovat aiheen valinta, tiedon kerääminen, kerätyn materiaalin arvioiminen, muistiinpanojen, tulosten ja ideoiden järjestäminen ja varsinainen tutkimuksen kirjoittaminen (Hirsjärvi et al. 2007). Työssä on tarkoitus hyödyntää aiheeseen liittyvää kirjallisuutta, artikkeleita ja muita julkaisuja. Aineistoa on tarkoitus hakea Tampereen

yliopiston hakutietokannoista ja esimerkiksi Google scholarista. Kerätyssä aineistossa pääosassa on tieteelliset julkaisut.

Toinen tärkeä osa tutkimusta on yrityksen projektipäälliköiden ja toimitusjohtajan haastattelut aiheeseen liittyen. Projektipäälliköiden haastatteluiden avulla pyritään hahmottamaan tämänhetkistä tilannetta tahtituotannon osalta ja kartoittamaan sitä, mikä toimii tällä hetkellä ja minkälaisia haasteita tahtituotannossa esiintyy. Haastatteluiden pohjalta pohditaan ratkaisuja mahdollisiin ongelmiin kirjallisuuden ja projektipäälliköiden omien näkemysten avulla. Haastatteluiden tyypiksi valikoitui puolistrukturoitu haastattelu, sillä kaikista vastauksista haluttiin saada juuri tietyt asiat esille, mutta toivottiin myös vapaampaa kommentointia aiheeseen liittyen. Puolistrukturoidussa haastattelussa kaikilta haastateltavilta kysytään samat kysymykset suunnilleen samassa järjestyksessä, mutta vastaaminen on vapaamuotoisempaa ja näin vastausten sisältö on laajempaa. Silloin, kun haastateltavilta halutaan tietoa juuri tietyistä asioista, mutta ei haluta antaa liikaa vapauksia, tämä haastattelutyyppi on sopiva (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka, 2006).

1.4 Tutkimuksen rakenne

Tutkimus alkaa luvussa kaksi kirjallisuuskatsauksella. Tässä luvussa käsitellään tahtituotannon teoriaa ja keskeisimpiä käsitteitä sekä perehdytään tahtituotannossa käytettyihin menetelmiin. Luvussa perehdytään tahtisuunnitteluun ja tahtiohjaukseen sekä tahtiajan määrittelyyn ja lisäksi tässä kappaleessa on käsitelty myös teoriaa rakennusalan tuottavuuden määrittelemisestä. Tässä kappaleessa käydään läpi myös lean-ajattelun pääperiaatteita ja tahtituotantoon liittyvää historiaa.

Kolmannessa kappaleessa käydään läpi tutkimuksen lähtötilannetta. Kappale sisältää kohdeyrityksen esittelyn ja Kappale sisältää näiden lisäksi myös projektipäälliköiden haastattelut tahtituotantoon liittyen ja kappaleen lopussa on analyysi nykyisestä tilanteesta. Analyysissä pohditaan esimerkiksi sitä, mitkä asiat toimivat hyvin tällä hetkellä ja missä osa-alueissa on haasteita.

Neljännessä kappaleessa käsitellään kehitysehdotuksia nykyiseen tilanteeseen. Kappaleessa pohditaan, voidaanko nykyistä tilannetta parantaa ja minkälaisia toimenpiteitä on tehtävä, jotta tuottavuus saataisiin paremmaksi yrityksessämme. Erityisesti niihin osa-alueisiin, joissa haastattelujen perusteella on haasteita, pyritään löytämään parannuskeinoja, mutta myös toimivien osa-alueiden kohdalla pohditaan, voidaanko prosesseja saada vieläkin paremmiksi.

Viimein kappale sisältää tutkimuksen yhteenvedon, pohdintaa tutkimuksen luotettavuudesta ja tässä kappaleessa on annettu myös jatkotutkimusehdotuksia. Tässä kappaleessa myös arvioidaan tutkimuksen onnistuminen tavoitteet huomioon ottaen. Työn onnistumista on pohdittu sen mukaan, saatiinko tutkimuskysymykseen vastaus ja onko tutkimusongelma ratkaistu. Kappaleessa on myös kerrottu laadullisen tutkimuksen ja tapaustutkimuksen arvioinnista yleisesti.

2. TAHTITUOTANTO

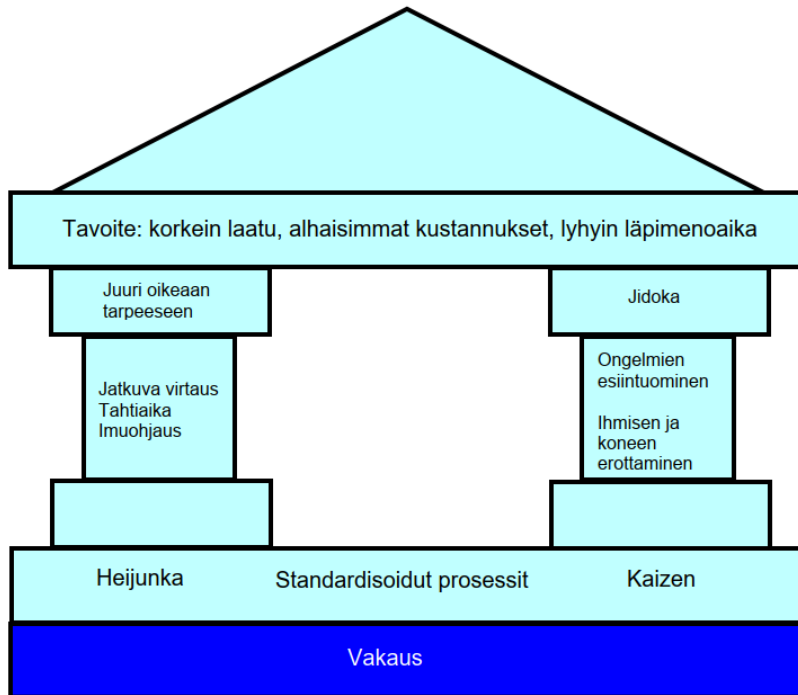
Tässä kappaleessa perehdytään tarkemmin lean-ajatteluun sekä tahtituotantoon liittyvään teoriaan. Luvussa tutustutaan tahtituotannon historiaan ja siihen, miten tahtiaika määritellään. Tässä luvussa käsitellään myös tahtisuunnittelua ja tahtiohjausta.

Lean-ajattelun pääperiaate on se, että lisätään arvoa ja vähennetään hukkaa. Yksi tärkeimpiä periaatteita lean-ajattelussa rakentamisen alalla on se, että pyritään jatkuvaan työn virtaukseen tuotannossa ja pienennetään vaihtelevuutta. Avaimet tämän saavuttamiseen löytyy tahtituotannosta. Tahtituotanto perustuu tahtiaikaan, joka tarkoittaa työn nopeutta tai tahtia ja se johdetaan kysynnän avulla (Yassine et al., 2014). Tahtiaikaa käytetään yhä useammin organisoimaan rakennustöitä ja näin muovaamaan projektiaikatauluja (Hagsheno et al., 2016).

2.1 Lean-ajattelu

Monet leanin käsitteistä eivät ole uusia. Useat niistä olivat käytössä Fordin tehtaalla 1920-luvun aikana ja ne ovat tuttuja suurelle osalle teollisuuden insinööreistä. Muutamia vuosia toisen maailmansodan loppumisen jälkeen Eiji Toyoda -niminen insinööri Japanin Toyota Motor Co:sta vieraili amerikkalaisten autonvalmistajien tehtailla oppiakseen heiltä ja siirtääkseen käytäntöjä amerikkalaisesta autojenvalmistuksesta Toyotan tehtaalle. Toyotan insinöörien Taiichi Ohnon ja Shigeo Shingon avustuksella Toyoda otti käyttöön ja jatkuvasti paransi tuotantosysteemiä, jonka tavoitteena oli vähentää arvoa tuottamattomat toiminnot eli ne toiminnot, joista asiakas ei ole valmis maksamaan. Tähän systeemiin liittyvät käsitteet ja tekniikat tunnetaan nyt nimellä Toyota Production System (TPS) ja se toimi perustana lean-ajattelun syntymiselle (Alukal 2013).

Toyota Production Systemiä kuvataan usein Ohnon TPS-talolla, jonka tarkoituksena on kuvata sitä, että rakennus on juuri niin vahva, kuin sen heikoin osa. Alla olevassa kuvassa on kuvattu TPS-talon eri osat. Rakennukset perustana toimivat tuotantosysteemiin liittyvät periaatteet, kun taas rakennuksen kahdessa pilarissa on kuvattu tuotantolinjojen toimintaa. Rakennuksen katto kuvaa yrityksen pyrkimystä tarjota asiakkaalle mahdollisimman toimiva tuote eettisesti ja tehokkaasti (Liker 2004). Alla olevassa kuvassa 3 on esitetty TPS-talon eri osa-alueet.



Kuva 3. Toyota Production System -talo (mukaellen Liker 2004)

Lean-ajattelun tavoite on siis vähentää hukkaa tuotannossa. Prosesseissa ilmenevät hukat voivat tulla hyvin kalliiksi ja jotta kokonaiskustannukset saadaan mahdollisimman alhaisiksi, hukka on poistettava jo aikaisessa vaiheessa prosessia. Jatkuva virtaus on keskeinen osa lean-ajattelua ja sen avulla ongelmat on mahdollista nähdä jo alkuvaiheessa (Yassine et al., 2014).

Lean Construction Institute Finland määrittelee lean-käsitteen seuraavasti: "Lean on toimintastrategia, joka pyrkii asiakasarvon maksimointiin parantamalla jatkuvasti prosessien virtaustehokkuutta. Virtaustehokkuuden parantaminen tapahtuu vähentämällä hukkaa eli arvoa tuottamatonta resurssien käyttöä." Jotta arvoa tuottamatonta resurssit voidaan eliminoida tuotannosta, ne on tunnistettava ja erotettava niistä resursseista, jotka tuottavat asiakkaille arvoa. Lean-ajattelussa asiakkaalle tuotettava arvo on pääosassa ja tämä tulisi olla jokaisen projektiosapuolen päätavoite. Tämä voidaan saavuttaa hyvällä yhteistyöllä ja kokonaisoptimoinnilla (LCI Finland, 2019).

Lean-ajattelussa asiakkaalle voidaan tuottaa arvoa eliminoimalla hukkaa (LCI Finland, 2019). Hukkaa on määritelty olevan 8 kappaletta ja nämä hukat ovat ylituotanto, odottaminen, turhat kuljetukset, arvoa tuottamatonta toimintoja, ylimääräinen varastointi, virheet, turha liikkuminen ja alihyödynnetty henkilöstö. Nämä hukat aiheuttavat 95 % kustannuksista ympäristöissä, joissa lean-ajattelu ei ole käytössä (Kilpatrick 2003).

Leanin 8 hukkaa ovat ei-tuottavia toimintoja. Ensimmäinen leanin kahdeksasta hukasta on ylituotanto. Kun tuotetaan enemmän mitä asiakas vaatii, syntyy ylituotantoa. Leanin periaate on, että tuotetaan vain sen verran, kuin tarvitaan. Ylimääräinen tuotanto sitoo arvokkaita resursseja, joita olisi tärkeää käyttää niihin toimintoihin, joista asiakas saa arvoa. Toinen leanin kahdeksasta hukasta on odottaminen. Tämä koskee niin materiaalien kuin informaation ja työvälineidenkin odottamista. Leanin periaate on, että kaikki resurssit ovat saatavissa juuri oikeaan aikaan (just-in-time, JIT), ei liian myöhään eikä liian aikaisin. Kolmas hukka on turhat kuljetukset, lean-ajattelun mukaan materiaalit tulisi toimittaa suoraan sinne, missä ne käytetään. Neljäs hukka on arvoa tuottamattomat toiminnot. Esimerkiksi se, että tuotetta ei saada tehtyä oikeanlaiseksi ensimmäisellä kerralla, on arvoa tuottamaton toiminto. Arvovirtakuvauksen (Value stream mapping, VSM) avulla voidaan tunnistaa näitä arvoa tuottamattomia toimintoja prosesseissa. Viides hukka on ylimääräinen varastointi. Ylimääräiset varastot vaikuttavat negatiivisesti kassavirtaan ja vievät arvokasta lattiatilaa. Kuudes hukka on virheet. Virheet tuotannossa ja häiriöt palveluissa tuhlaavat resursseja neljällä eri tavalla: materiaaleja menee hukkaan, työtunteja menee hukkaan, virheellinen työ on tehtävä uusiksi ja ja virheet saattavat myös johtaa valituksiin, jotka työllistävät henkilöstöä. Seitsemäs hukka on turha liikkuminen. Turhaa liikettä aiheuttavat esimerkiksi huono työn virtaus, työpisteiden huono asettelu tai huonosti määritellyt työmenetelmät. Arvovirtakuvauksella voidaan tunnistaa myös tämän kaltaista hukkaa prosesseissa. Kahdeksas ja viimeinen hukka on henkilöstön alihyödyntäminen. Tämä käsittää henkilöstön fyysisten taitojen lisäksi myös luovat ja fyysiset taidot (Kilpatrick 2003).

Jotta lean-ajattelusta saataisiin kaikki hyöty irti, on tärkeää noudattaa oikeassa järjestyksessä lean-ajattelun viittä pääperiaatetta. Nämä pääperiaatteet ovat arvon määrittäminen, arvovirran tunnistaminen, jatkuvan virtauksen luominen, imuohjauksen hyödyntäminen sekä täydellisyyteen pyrkiminen (Womack et al., 1996).

Ensimmäinen pääperiaate ja kriittinen aloituspiste lean-ajattelussa on arvon määrittäminen. Arvo määritellään asiakkaan toiveiden ja vaatimusten mukaan. Arvon määrittäminen voi olla hankalaa ja jokainen yritys määritteleeekin arvon omalla tavallaan. Toinen pääperiaate on arvovirran tunnistaminen. Arvovirran tunnistamiseen sisältyy kolmenlaisia toimintoja, ja ne ovat arvoa lisäävien tekijöiden tunnistaminen, arvoa lisäävien, mutta ei välttämättömien tekijöiden tunnistaminen sekä arvoa lisäämättömien toimintojen tunnistaminen. Kolmas pääperiaate on jatkuvan virtauksen luominen. Kun arvo on määritetty, arvoa lisäävät tekijät tunnistettu ja arvoa lisäämättömät tekijät poistettu, luodaan jatkuva virtaus prosesseille. Neljäs pääperiaate on imuohjaus. Imuohjauksen tarkoituksena on se, että tuotetaan vain tarpeeseen eli sitä

mitä asiakas pyytää ja juuri oikeaan aikaan. Näin voidaan säästää kustannuksissa ja vähentää turhaa varastointia. Viides pääperiaate on täydellisyyteen pyrkiminen. Leania ei voi toteuttaa vain tiettyinä ajanjaksoina, vaan tulisi pyrkiä jatkuvaan parantamiseen ja täydellisyyteen pyrkimiseen prosessin aikana (Womack et al., 1996; Marzouk et al., 2011).

2.2 Tahtituotanto

Tahdit ovat tärkeitä esimerkiksi musiikissa, liikenteessä, informaatioteknologiassa ja muissa teknisissä menetelmissä. Tahditettuja prosesseja sovelletaan jokapäiväisessä elämässä ja tahti on näiden prosessien yhteistyössä keskeinen osa. Tahti on yleisesti sävellysten ja laulujen sanoituksen pohja, samoin kuin armeijassa marssi tapahtuu tiettyssä tahdissa. Kuljetusjärjestelmät toimivat tahditettujen reitti- ja aikataulujen avulla, puheluista laskutetaan tahdituksen perusteella ja moottorit käyvät määritellyssä tahdissa tapahtuvan palamisen perusteella. Myös sydämen syke on eräänlainen tahdin muoto ja se määrittää sykkeen taajuuden ja amplitudin. Erityisen tärkeä rooli tahdeilla on teollisuudessa. Kun eri alueiden ja ihmisten on työskenneltävä yhdessä sovitulla nopeudella, tahti toimii tämän nopeuden perustana (Haghsheno et al., 2016).

Tahtiaika on helpoin ymmärtää esimerkiksi konepohjaisessa tuotantolinjassa. Tällaisessa tuotantolinjassa on ilmeistä, että jokaisella työpisteellä on saatava oma työnsä valmiiksi, ennen kuin tuote siirtyy eteenpäin linjastossa. Jos tuote siirtyy eteenpäin keskeneräisenä, seuraavilla työpisteillä ei voida suorittaa niille määrättyjä työtehtäviä tuotteen osalta (Linnik et al., 2013). Kun tuotantolinjoilla tuote siirtyy vaivattomasti työpisteeltä toiselle, rakennusteollisuudessa ei ole varsinaista tuotetta, joten sitä ei voi siirtää. Jatkuvan virtauksen aikaansaamiseksi ja lisäarvon saavuttamiseksi rakennusteollisuudessa siirretään prosessia eteenpäin tuotteen sijaan (Holm et al., 2018).

Tahtiajan käyttö on yksi keskeisimpiä metodeja lean-tuotannossa. Tahtiaikojen käyttö tuotannossa estää ylituotannon prosesseissa, läpimenoajat pienenevät ja prosessit ovat tasapainossa. Varastointi- ja odotusajat työvaiheiden välillä pienenevät, kuljetukset on optimoitu jatkuvan työn virtauksen mahdollistamiseksi ja tämä mahdollistaa korkeamman tuotantokapasiteetin (Haghsheno et al., 2016). Kun työtehtävät on ajoitettu oikein ja työvoiman sekä materiaalien saatavuus on suunniteltu huolellisesti, työn eteneminen on mahdollisimman sujuvaa. Näiden asioiden tarkastelu johtaa varsinaiseen tahtisuunnitelmaan. Vaikka tahtisuunnitelma onkin helppo ja systemaattinen tapa esittää kaikki rakennustyöt yhdellä katsauksella, se on edelleen melko harvoin käytössä rakennustyömailla (Holm et al., 2018).

2.2.1 Tahdin määritelmä

Termin ”tahti” alkuperä tulee Latinan kielen sanasta ”tactus”, joka tarkoittaa ”kosketusta, kosketuksen tunnetta, tunnetta”. 1600-luvulla tahti määriteltiin Saksaksi ”durch regelmäßige Berührung ausgelöster Schlag” eli ”säännöllisen kontaktin aiheuttama rytmi”. Ensimmäinen merkittävä käänös tahdille oli englannin kielen sana ”beat” (syke). Frandson et al. (2013) määritelmän mukaan saksan kielen sana ”takt” tarkoittaa rytmia tai tahtia. Toisin sanoen se viittaa säännöllisyyteen, jolla jotain saadaan tehtyä. Tahtia voidaan pitää impulssigeneraattorina, joka laukaisee toiminnan tasaisina aikaväleinä. Tahdin soveltamista prosessiin kutsutaan tahdittamiseksi. Kahden tahdin välistä aikaväliä kutsutaan tahtiajaksi. Tahtiaika on tahtiyksikkö, jonka kuluessa tuote on tuotettava, jotta tuotetta saataisiin tarvittava määrä (Haghsgeno et al., 2016).

Tahdin rinnalla on myös termi rytmi. Musiikissa rytmi (Kreikaksi *rhythμός* = virtaus) määrittelee etenemisjärjestyksen. Toisin sanoen rytmi johtaa aikarakenteeseen, kaavaan tai äänien ja taukojen sarjoihin. Toisin kuin tahti, jolla on ennalta määrätty toisto saman aikajakson prosesseille, rytmi voi vaihdella yksittäisten tahtien sisällä. Tuotannossa myös tuote määrittelee tahtia. Rakentamisessa tahtia määrittelee rakennuksen alueelliset näkökulmat. Tahtiajat määritellään kategorisoimalla rakennus alueellisiin tiloihin. Näiden alueiden työn sisältö voi vaihdella. Tämän johdosta toteutuu tietty työn rytmi, riippuen tahdistä ja työn sisällöstä (Haghsheno et al., 2016).

2.2.2 Tahtituotannon historia

Tahditetut prosessit olivat tärkeässä roolissa tuotannossa jo ennen teollista vallankumousta. Tahtiajan käytöstä on löydetty viitteitä jo 1500-luvun laivateollisuudesta, kun Venetsialaisella telakalla laivojen ja sotalaivojen valmistus tapahtui vakaalla ja tahditetulla tuotannolla. Laivojen suuret laatuvaatimukset johtivat jatkuvan tuotannon syntymiseen, mikä oli uniikkia sen ajan tuotannolle (Haghsheno et al., 2016).

1900-luvun alussa tahtiaikaa käytettiin yhä kasvavassa määrin eri teollisuuden aloilla. Yksi tunnetuimpia tahtiajan käyttäjiä oli autoalan pioneeri Henry Ford. Hän vakuuttui Chicagon teurastamoiden linjastoista ja Ford olikin ensimmäinen yritys, joka otti käyttöönsä autojen massatuotannon tuotantolinjojen avulla. Tuotantolinjat otettiin käyttöön 1913 Detroitissa. Tuotantolinjojen avulla tuotantokapasiteetti kasvoi ja erityisosaamista vaatimaa työvoimaa ei enää tarvittu. Tuotantolinjojen avulla Fordin Model T oli aikanaan nopeimmin valmistettu auto verrattuna muihin autoihin (Haghsheno et al. 2016).

Muilla teollisuuden aloilla tahtiaika otettiin käyttöön ensimmäisenä saksalaisessa ilmailuteollisuudessa. Tahtiaikaa käytettiin synkronoimaan lentokoneiden runkojen liikettä tuotantolinjon läpi. Tahtiajan kuluessa lentokoneiden rungot siirrettiin seuraavaan asennuspisteeseen. Tekninen yhteistyö Saksan ilmailuteollisuuden ja Mitsubishin välillä auttoi tämän idean siirtymistä Japaniin, missä Toyota otti tahtituotannon käyttöönsä ja sisällytti lämän lähestymistavan Toyotan tuotantojärjestelmään (TPS) (Hagsheno et al. 2016).

Saksalaisessa rakennusteollisuudessa tahtiajan käyttö rakennusteollisuudessa ei ole uusi asia. Adolf Schub kirjoitti 1970-luvulla betonituotantoon liittyvässä väitöskirjassaan ongelmista, jotka liittyvät tahtisuunnitteluun rakennustuotannossa. Saksalaisen ”Lean-liikkeen” (The German Lean Movement) käynnisti professori Fritz Gehbauer (2007). Tähän liikkeeseen liittyvissä menetelmissä tärkeimpiä näkökulmia olivat yhteistyöhön perustuvat lähestymistavat, kuten Last Planner System ja erilaiset sopimusmallit. Myöhemmin näiden menetelmien pohjalta kehitettiin myös uusia metodeja ja lähestymistapoja. Työn tahdittamisen idea osana Leanin periaatteita on luoda arvoa tuottavia toimintoja läpi koko prosessiketjun. Työn tahdittamisen ja prosessien lyhyiden syklien kontrolloinnin idea on otettu käyttöön Saksassa vasta noin kymmenen vuotta sitten ja tämän jälkeen monet yritykset ovat keskittyneet tähän lähestymistapaan (Binninger et al., 2017).

2.2.3 Tahtiajan merkitys rakennusalalla

Tahtiajan käytöstä rakennusalalla on raportoitu ensimmäisen kerran 1930-luvulla, kun New Yorkissa rakennettiin kuuluisaa Empire State Buildingia. Tässä tapauksessa laadittiin sijainnista riippuvaiset aikataulut, jotka sisälsivät useita aikamääritteisiä työvaiheita. Nykypäivänä tahtiaikaa käytetään useissa erilaisissa rakennusprosesseissa, esimerkiksi siltojen rakentamisessa, maanalaisessa rakentamisessa, tunnelirakentamisessa ja kaivannoilla. Näille kaikille eri rakennusmetodeille on yhteistä se, että rakennustuotokset valmistuvat toistuvilla tahtiajoilla (Hagsheno et al. 2016).

Rakennusalalle sovellettuna tahtiaika on suunnitteluparametri työn virtaukselle eli sille vauhdille, millä työ etenee. Kysymykset, joita tahtiajan suunnittelussa tulisi ottaa huomioon, ovat ”kuinka nopeasti tietty työtehtävä voi edetä” ja ”kuinka nopeasti työn tulisi edetä, jotta pysytään aikataulussa”. Tavoitteena on, että prosessi etenee kysyntäasteen mukaan (Frandsen et al., 2013).

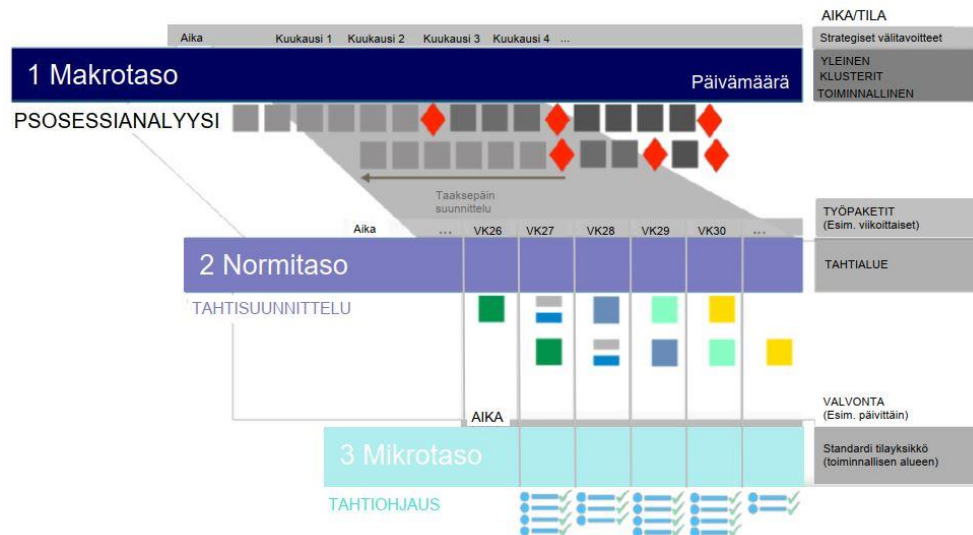
Tahtiajan käyttöönotto rakentamisessa tarkoittaa sitä, että siirrytään työtehtävien eripituisista kestoista samanpituisiin tehtävien keston niin, että tuotantonopeus pysyy

sellaisella tasolla, että pääaikataulu ei petä. Tämän saavuttamiseksi hanke jaetaan jokaisessa rakennusvaiheessa eri alueisiin ja näillä alueilla työryhmät voivat käyttää tietyn ajan (tahtiaika) työtehtäviensä loppuunsaattamiseksi. Vaatii huolellista suunnittelua, jotta alueiden jako ja tahtiaikojen määrittäminen tehdään oikein (Frandsen et al., 2013).

2.3 Menetelmät tahtisuunnitteluun

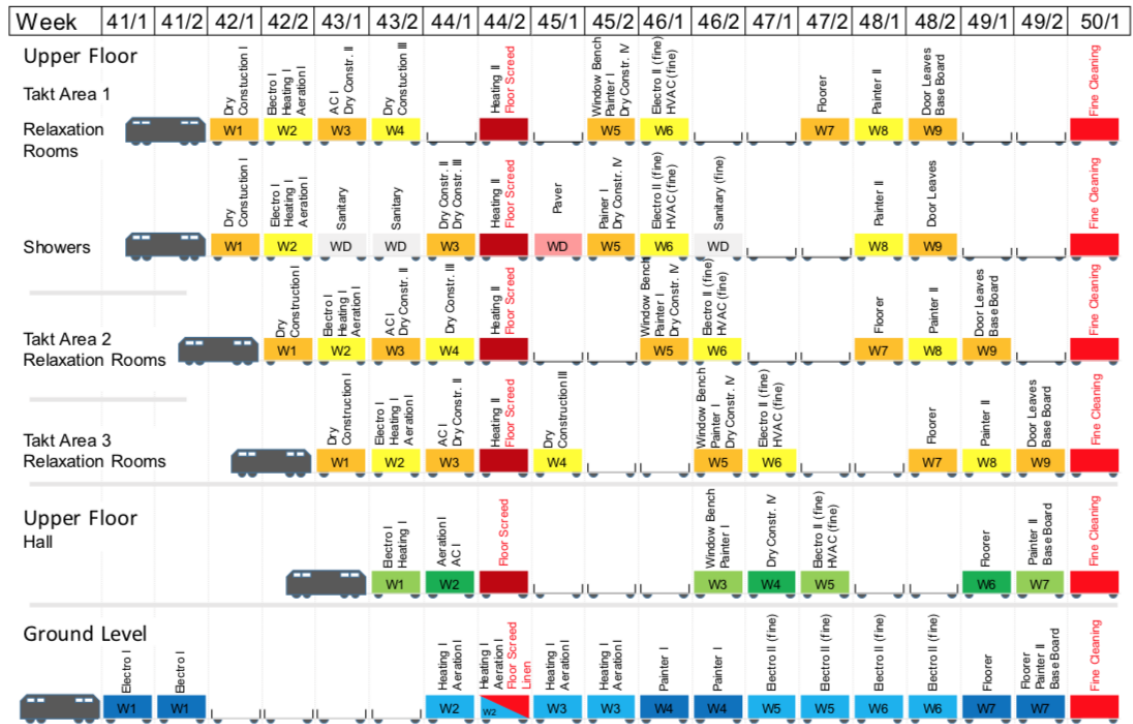
Tahtisuunnittelun ja tahtiohjauksen avulla on mahdollista parantaa työmaiden ajanhallintaa. Verrattuna muihin menetelmiin, tahtisuunnittelun ja tahtiohjauksen avulla on mahdollista saavuttaa etuja ajan, kustannuksien ja laadun suhteen. Näiden menetelmien avulla rakennusprosessiin saadaan myös lisää vakautta ja suurempaa varmuutta suunnitteluun (Dlouhy, Oprach, Binninger, Richter & Haghsheno 2018).

Tahtisuunnittelua voi toteuttaa erilaisten menetelmien avulla. Dlouhy, Binninger, Oprach ja Haghsheno (2016) kirjoittavat uudeltaisesta menetelmästä tahtiohjaukseen ja tahtisuunnitteluun ja se on jaettu kolmeen eri tasoon. Nämä tasot ovat makrotaso, normitaso ja mikrotaso. Ensimmäinen taso on makrotaso eli prosessianalyysi. Tällä tasolla on tarkoitus selvittää rakennuksen tiloihin liittyvät tavoitteet ja selvittää asiakkaiden vaatimukset tiloille jo heti projektin alkuvaiheessa. Yhteistyö projektin eri osapuolten välillä on tärkeää. Tavoitteena on selkeä visio siitä, miten rakennusprojekti suoritetaan. Määritellyt tavoitteet ja vaatimukset määrittelevät rajapintoja sekä työjärjestyksen eri vaiheissa rakennusprojektia. Toinen taso on normitaso eli tahtisuunnittelu. Tällä tasolla on tarkoitus tehdä jaot ajan ja tilojen suhteen makrotason mukaisesti asiakkaiden vaatimusten ohjaamana. Jotta voidaan suunnitella tasainen ja vakaa rakennusprosessi, toiminnalliset alueet on jaettava standardeihin tilayksiköihin. Näitä yksiköitä ei voi jakaa ja ne voivat valmistua toisistaan riippumattomasti. Erilaiset tilayksiköt eri tahtialueilla ovat mahdollisia ja nämä tahtialueet määritellään asiakkaiden vaatimusten mukaan. Eri työpaketteja suorittavia työryhmiä kutsutaan ”työjunan vaunuiksi” ja ne liikkuvat tahtialueelta toiselle sen mukaan, kun työtehtävät valmistuvat. Viimeinen taso on mikrotaso eli tahtiohjaus. Tällä tasolla tarkastellaan normitason prosessien yksityiskohtia ja johtamista rakennusprojektin toteutuksen edetessä. Yhteys makrotasolle säilyy prosessien työvaiheiden läpi. Työvaiheet tahtialueille saadaan normitasolta. Rakennusprojektin toteuttaminen tällä mallilla vaatii päivittäisiä lyhyitä, noin 15 minuutin pituisia tapaamisia, joissa projektin etenemistä käsitellään. Alla olevassa kuvassa 4 on esitetty kolmen tason metodi.



Kuva 4. Kolmen tason metodi (mukaillen Dlouhy et al. 2016)

Binnering, Dlouhy ja Haghsgeno (2017) kehittivät mallin, jossa on 12 vaihetta. Tätä mallia kutsutaan myös saksalaiseksi malliksi. Mallin ensimmäisessä vaiheessa rakennus jaetaan toiminnallisiin työalueisiin. Nämä osiot ja alueet toteutetaan projektin edetessä omissa jaksoissaan. Seuraavassa vaiheessa määritellään eri alueiden tärkeysjärjestys asiakkaan näkökulmasta ja tämän mukaan suunnitellaan eri työvaiheet. Kolmannessa vaiheessa valitaan toiminnallinen alue ja sille määritellään "Standard Space Unitit" (SSU) eli standardit tilayksiköt, jotka ovat pienimpiä toistettavia tiloja projektissa. Viidennessä vaiheessa määritellään työpaketit tilayksiköille, eli työt, joita on tehtävä yhdessä tilassa. Kuudes vaihe on tämän mallin tärkein vaihe. Tähän vaiheeseen kuuluu tilojen töiden määrän laskeminen. Töiden määrä kerrotaan suorituskertoimella. Seitsemännessä vaiheessa yksittäisistä töistä koostetaan kokonaisia työvaiheita. Esimerkiksi ovien asennus yhdessä karmien asennuksen ja muiden oveen liittyvien töiden kanssa voi muodostaa yhden "ovipaketin". Kahdeksannessa vaiheessa tilayksiköt järjestellään tahtialueisiin ja näille alueille määritellään tahtiaika. Tahtiaika määritellään asiakkaiden vaatimusten pohjalta. Yhdeksännessä vaiheessa työvaiheiden järjestystä voidaan vielä muuttaa, työntekijöiden määrää voidaan säätää ja puskureita voidaan lisätä. Myös työjunan vaunuja voidaan monistaa tarvittaessa. Kymmenennessä vaiheessa luodaan oikeassa tahdissa toimiva työjuna, tässä vaiheessa työpaketteja voi vielä yhdistää ja muokata parhaan kokonaisuuden saavuttamiseksi. Yhdestoista vaihe sisältää vaiheiden 4-10 uudelleensuorittamisen kaikille tahtialueille. Kahdestoista vaihe on viimeinen ja sen tarkoituksena on saada aikaan tahtisuunnitelma ja näin saadaan myös tahtiaikataulu. Alla olevassa kuvassa 5 on esitetty tahtiaikataulu ja työjunia. Vaakarivillä on esitetty eri työtehtäviä viikoittain ja vaakarivit kuvastavat eri tahtialueita.



Kuva 5. Tahtiaikataulu ja työjunat (Binniger et al. 2017)

Yassine, Bacha, Fayek ja Hamzeh (2014) esittävät tahtisuunnittelulle kuuden vaiheen mallin. Ensimmäisessä vaiheessa on tarkoitus kerätä tietoa, jotta saadaan määriteltyä mitä työvaiheita tehdään missäkin tahdissa ja kuka niistä vastaa. Toisessa vaiheessa jaetaan työasemat alueittain. Jokainen alue sisältää kaikki sijainnit, joissa on sama tuotantonopeus tietyllä työtehtävälle. Kolmannessa vaiheessa suunnitellaan yhteistyössä kaikkien projektin osapuolten kanssa työjärjestys eri työvaiheiden mukaan. Neljännessä vaiheessa varmistetaan ja tasapainotetaan jatkuva työn virtaus. Tasapainon löytämiseksi tärkeää on tunnistaa prosessien pullonkaulat. Viidennessä vaiheessa määritellään työaika kullekin työvaiheelle. Kuudes vaihe pitää sisällään lopullisen tahtisuunnitelman tekemisen.

Myös Frandson et al. (2013) hyödyntää tahtisuunnittelussa kuuden kohdan mallia ja tämä malli ei juurikaan poikkea Yassine et al. (2014) esittämästä kuuden kohdan mallista. Myös Linnik et al. (2013) esittää tahtisuunnittelulle oman mallinsa, mutta tämä eroaa aiemmista hieman. Tässä mallissa yhtenä vaiheena on aluejaon määrittely rakennuksessa. Muutoin malli on hyvin saman kaltainen kuin aiemmat ja pitää sisällään samat asiat.

Aiemmin esitellyssä tahtisuunnittelun kuuden kohdan mallissa ensimmäinen vaihe on siis tiedon kerääminen. Tiedon kerääminen on tärkeää, jotta tiedetään mitä työvaiheita projekti sisältää, kuka vastaa mistäkin työtehtävästä ja missä tahdissa työtehtävät suoritetaan. Kukin urakoitsija määrittelee itse omat työtehtävänsä ja missä ne

suoritetaan. Mallin toisessa vaiheessa määritellään tahtialueet. Tahtiaikojen määrittelyyn tarvitaan kultakin urakoitsijalta tieto siitä, kuinka paljon aikaa tarvitaan tietyn alueen töiden valmiiksi saattamiseen. Tässä vaiheessa ei kuitenkaan saada vielä täysin tarkkoja tahtiaikoja, sillä paljon tärkeätä informaatiota puuttuu. Mallin kolmannessa vaiheessa suunnitellaan työjärjestys eri työvaiheiden mukaan. Tämä tehdään yhteistyössä kaikkien projektin osapuolten kanssa, sillä on äärimmäisen tärkeä tietää, mitkä ovat kunkin urakoitsijan kannalta kriittiset työvaiheet. Tässä vaiheessa määritellään myös tarkemmin se, mikä on työtehtävien järjestys ja eri työtehtävien määrä tietyllä alueella. Neljännen vaiheen tarkoituksena on varmistaa ja tasapainottaa työn jatkuva virtaus. Jotta työn virtaus saadaan varmistettua, tarvitaan tieto eri tahtialueista ja työtehtävien suoritusjärjestyksestä. Tässä vaiheessa pyritään tunnistamaan erilaiset pullonkaulat ja selvitetään, mitkä työtehtävät pitäisi suorittaa nopeammin ja mitkä hitaammin. Mallin viidennessä vaiheessa määritellään työajat kullekin työvaiheelle eli määritetään varsinaiset tahtiajat. Jotta tahtiajoista saadaan mahdollisimman tarkat, on prosessin tasapainottaminen tehtävä huolella. Prosessia voidaan joutua tasapainottamaan useita kertoja, jotta oikeat tahtiajat saadaan määritettyä. Mallin viimeinen eli kuudes vaihe käsittää lopullisen tahtisuunnitelman tekemisen. Kokonaisvaltainen tahtiaika töille saadaan sen mukaan, millä tahdilla työt etenevät eri alueiden läpi. Eri tahtialueet voidaan jakaa edelleen pienempiin tahtiajan osiin, jolloin työn ohjaus on helpompaa ja työn seuraaminen sekä ennustaminen helpottuu. Tahtiaikojen pilkkominen helpottaa myös tahtiajassa pysymistä (Frandsen et al., 2013).

Holm et al. (2018) mukaan eri urakoitsijoiden, alihankkijoiden ja myös monimutkaisempien laitteiden toimittajien on oltava mukana suunnittelussa jo aikaisessa vaiheessa. Näiden osapuolten esimiehet ovat oman alansa ammattilaisia ja heillä on paras tieto siitä, miten työt tulisi suorittaa. Näillä henkilöillä on ymmärtämystä työvaiheiden riippuvuuksista ja korrelaatioista sekä eri työvaiheisiin kuuluvasta ajasta (Holm et al., 2018).

Tahtisuunnittelulla saavutettavat hyödyt ja haitat

Tahtisuunnittelulla pyritään lisäämään tuottavuutta vähentämällä arvoa tuottamatonta toimintaa prosesseista. Tämä voidaan saavuttaa optimoimalla työpaketit ja työryhmien koot sopivan kokoisiksi. Tahtisuunnittelun avulla saadaan vähennettyä sitä aikaa, mitä työryhmät käyttävät arvoa tuottamattomiin aktiviteetteihin. Kun arvoa tuottamattomia aktiviteetteja on vähemmän, työntekijät tuottavat enemmän lyhyemmässä ajassa ja tällä voidaan vaikuttaa positiivisesti rakennuskustannuksiin. Tahtisuunnittelu vaatii kuitenkin huolellista suunnittelua yhteistyössä aliurakoitsijoiden kanssa, jotta prosessit olisivat

mahdollisimman sujuvia. Näiden suunnitelmien tekeminen ja seuranta rakennusvaiheessa voi kuitenkin olla aikaa vievää ja kallista. (Vatne et al., 2016)

Tahtisuunnittelulla saavutettavia hyötyjä ovat esimerkiksi projektin lyhyempi kesto sekä pienemmät kustannukset. Riski kapasiteetin menetykseen on kuitenkin olemassa. On odotettavissa, että yksi tai useampi peräkkäinen työvaihe vaatii eri pituisia aikoja töiden suorittamiseen. Työvaiheita, jotka vaativat eniten aikaa, kutsutaan pullonkauloiksi. Vaikka erilaisia toimenpiteitä tehtäisiinkin eri työvaiheiden nopeuden ja tuottavuuden lisäämiseksi, toiset työvaiheet etenevät hitaammin ja toiset nopeammin. Niissä työvaiheissa, jotka ovat nopeampia kuin pullonkaulat, on riskinä kapasiteettihäviöt, jos ylimääräiselle ajalle ei löydetä vaihtoehtoja, arvoa tuottavaa käyttötarkoitusta (Linnik et al., 2013).

Tahtisuunnittelu ja tahtiajat tarjoavat projektille toteutettavissa olevan tahdin ja työnkulun, joka vastaa asiakkaan vaatimuksia. Jos asiakkaan vaatimukset ovat joustavia, tuotantoryhmä voi itse määrittellä sopivan tahdin. Tahtisuunnittelun avulla henkilöstöllä on paremmat valmiudet keskittyä työhön paikan päällä ja priorisoida sitä. Tahtisuunnittelu lisää myös yhteisymmärrystä työmaalla, kun kaikki tietävät, missä työskentelevät seuraavaksi ja missä vaiheessa töiden pitäisi milloinkin olla (Frandsen, Berghede & Tommelein 2014).

2.4 Tahtiohjaus

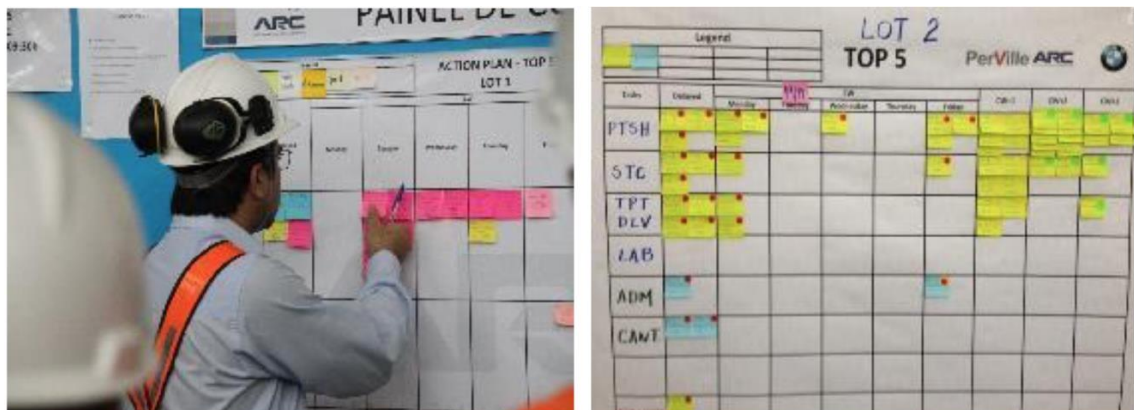
Binninger et al. (2017) mukaan tahtiohjauksen päämääränä on, että projektin hallinta tapahtuu siellä, missä arvoa luodaan. Päivittäiset tapaamiset työmaalla ovat äärimmäisen tärkeitä, jotta kaikki olisivat jatkuvasti tietoisia siitä, missä mennään. Näiden tapaamisten kesto on yleensä noin 15 minuuttia. Työmaapäällikkö järjestää tapaamiset ja niihin osallistuvat kaikki toteutuksesta vastaavat henkilöt, kuten urakoitsijoiden esimiehet, aliurakoitsijoiden esimiehet ja tarvittaessa myös laitetoimittajien edustajia tai muita toteutuksessa mukana olevia henkilöitä (Binninger et al., 2017).

Työmaan hallinta tapahtuu standardoitujen tahtiohjaustaulujen avulla ja visualisoinnin avulla niistä tehdään helppolukuisia ja avoimia. Taululle kerätään tietoa tapaamisten aikana. Työntekijöiden osallistuminen tahtitapaamisiin on erittäin tärkeää ja avain työntekijöiden motivointiin tämän osalta on se, että työntekijät otetaan mukaan ongelmanratkaisuun. Tahtitapaamisissa ylös kirjattavat asiat ovat urakoitsijoiden työntekijöiden lukumäärät, työkoneiden määrät, tahtisuunnitelman vaatimusten täyttymisaste, virheet laadussa, työturvallisuuteen liittyvät asiat (onnettomuudet,

työturvallisuuden laiminlyönnit), työn häiriöiden määrät sekä työmaan siisteyden tilanne. Näitä asioita voidaan hyödyntää myös tulevaisuudessa muiden projektien tahtisuunnittelun apuna. Jos tapaamisissa havaitaan virheitä, valitaan asianmukainen henkilö seuraamaan niitä ja vastaamaan ongelman ratkaisemisesta tietyn aikataulun sisällä (Binninger et al., 2017, Dlouhy et al., 2016, Holm et al., 2018).

Tahtiajan käyttö mahdollistaa sen, että yksittäisiä työvaiheita voidaan hallita tehokkaasti. Jos jossakin työvaiheessa ilmenee ongelmia, tämä vaikuttaa välittömästi seuraavaan tahtiin lyhyiden tahtiaikojen vuoksi. Tämän ansiosta häiriöt tuotannossa on mahdollista huomata jo varhaisessa vaiheessa projektia. Tavoitteena on, että tahdin lopussa kaikki työt on tehty suunnitelmien mukaisesti. Tahtisuunnitelma ei ole ”kiinteä”, vaan se kehittyy jatkuvasti projektin edetessä. Lyhytsykliset havainnot ja työpakettien hallinta on tärkeää, jotta kalliimpien valvontatoimenpiteiden osuutta voitaisiin vähentää. Koko projektin osalta tämänkaltainen menettely johtaa riskien pienenemiseen (Haghsheno et al., 2016).

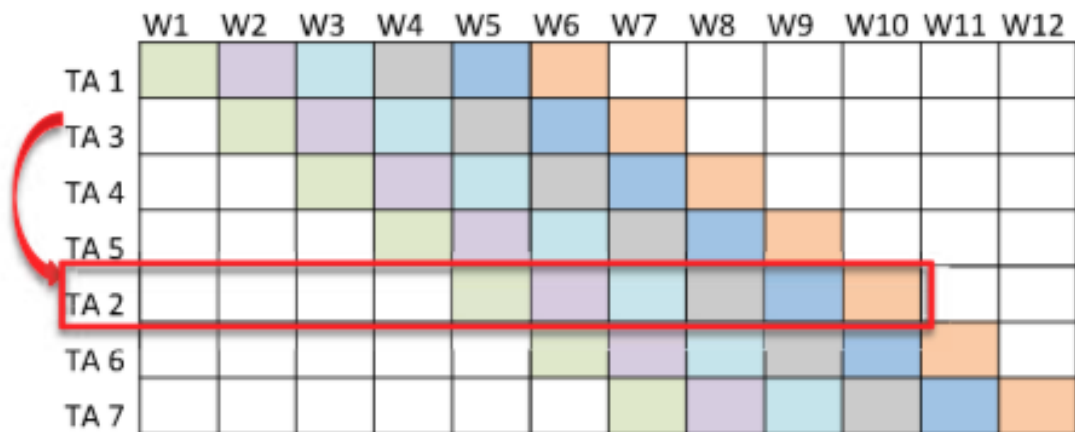
Tahtiohjauksella voidaan saavuttaa tarvittava vakaus projektille. Systemaattinen ja lyhyissä sykleissä tapahtuva rakentamisen valvonta on merkittävä menestystekijä rakennusprojekteissa. Kaikki yksittäiset urakoitsijat ovat osa projektin johtamisprosessia, jotta saavutettaisiin jatkuvaa parantamista. Tämän tyyppinen rakentamisen ohjaus korostaa projektin hallintaa juuri siellä, missä arvoa luodaan. Tutkimuksen mukaan niillä työmailla, joissa on käytössä lyhytsyklinen tuotannonohjaus, ohjaukseen käytetään keskimäärin 46,6 prosenttia kokonaistyöajasta. Vastaava luku perinteisen prosessin kohdalla on 27,8 prosenttia (Haghsheno et al., 2016). Alla olevassa kuvassa 6 on esitetty tahtiohjaustaulujen käyttöä työmaalla.



Kuva 6. Tahtiohjaustaulut (Dlouhy et al., 2016)

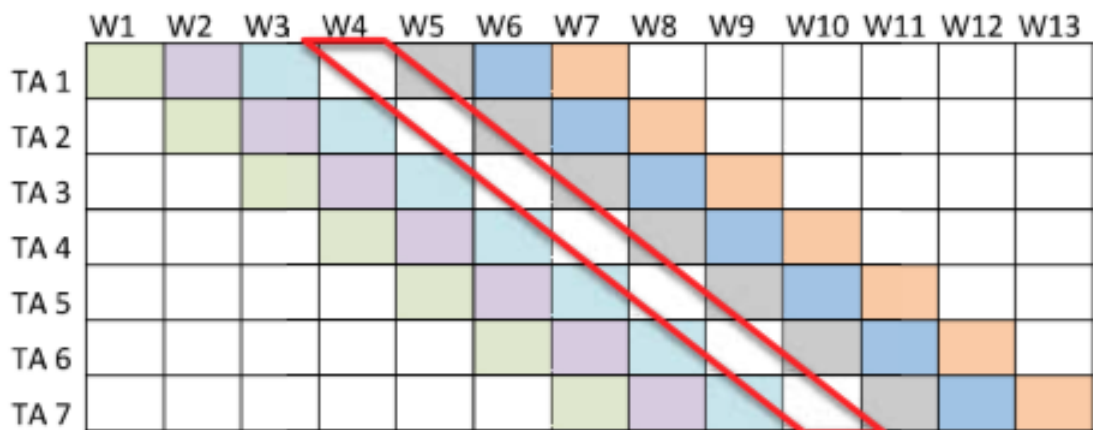
Binninger, Dlouhy, Steuer ja Haghsgeno (2017) esittelevät tutkimuksessaan erilaisia ohjaustoimenpiteitä tahtiohjaukseen. Nämä toimenpiteet ovat tahtialueen irrottaminen tuotannosta, puskurivaunujen käyttö, työvaiheiden yhdistäminen, pehmeä aloitus ja junan pysäyttäminen.

Tahtialueen irrottamisella tarkoitetaan sitä, että jos jotain tiettyä tahtialuetta ei pystytä tekemään tahtijunan määräämässä järjestyksessä, se voidaan siirtää myöhempään ajankohtaan. Tällaisia tilanteita ovat esimerkiksi tietyn alueen suunnitelmien keskeneräisyys tai se, että suunnitelmia ei ole hyväksytty, asiakkaan vaatimusmuutokset, materiaaleja ei ole vielä saatavissa tai jos hyväksyntää ei ole vielä saatu. Alla olevassa esimerkikuvassa 7 tahtialue 2 on siirretty tahtialueen numero 5 jälkeen (Binninger, Dlouhy, Steuer, Haghsheno 2017). Vaakarivin W1-W12 kuvastavat viikkoja (week) ja pystyrivin TA1-TA7 kuvastavat tahtialueita (takt area).



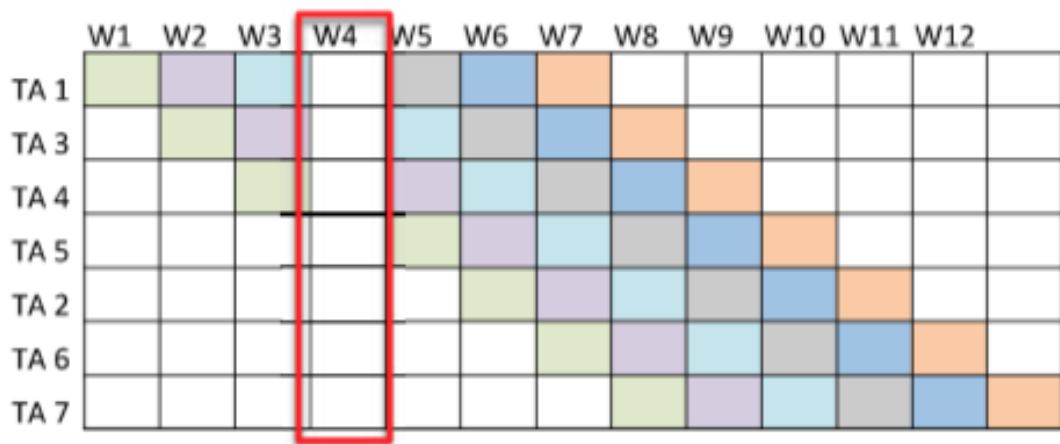
Kuva 7. Tahtialueen 2 siirto tahtialueen 5 jälkeen (Binninger, Dlouhy, Steuer, Haghsheno 2017)

Puskurivaunut ovat suunniteltuja puskureita, joilla voidaan varmistaa projektin vakaus tietyissä tilanteissa. Esimerkiksi kuivumisaika voi toimia puskurivaununa. Tällaisia puskurivaunuja voidaan ongelmatilanteiden ennakoimiseen. Valmistumis- ja läpimenoaikaa voidaan lisätä yhdellä tahdilla lisäämällä puskurivaunu aikatauluun ja tätä on havainnollistettu alla olevassa kuvassa 8 (Binninger, Dlouhy, Steuer, Haghsheno 2017).



Kuva 10. Esimerkki pehmeästä aloituksesta junalla 2 (Binninger, Dlouhy, Steuer, Haghsheno 2017)

Junan pysäyttämällä tarkoitetaan sitä, että rakennustyömaalla työt keskeytyvät eli tahtijuna pysähtyy. Tällaiseen pysäytykseen voidaan päätyä esimerkiksi silloin, kun ilmenee sellaisia ongelmia, joita ei pystytä ratkomaan tahtien sisällä. Koko tahtijuna pidetään pysähtyneenä niin kauan, kunnes ongelmaan löytyy ratkaisu. Tätä menetelmää voi verrata tuotantoteollisuudessa tuotantolinjan pysäyttämiseen. Kun ongelmaan löydetään kestävä ratkaisu, tahtijuna voi jatkaa seuraavaan tahtiin (Binninger, Dlouhy, Steuer, Haghsheno 2017). Alla olevassa kuvassa 11 on havainnollistettu tahtijunan pysäytys viikon 4 (W4) kohdalla.



Kuva 11. Junan pysäyttäminen (Binninger, Dlouhy, Steuer, Haghsheno 2017)

2.5 Tahtiajan määrittäminen

Tahtiajan määrittely teollisuudessa on helppoa, sillä kysyntä on helppo määritellä markkinoiden kautta. Tahtiaika saadaan määriteltä kysynnän ja käytettävissä olevan ajan perusteella. Rakennusalalla tahtiajan määrittely on monimutkaisempaa. Esimerkiksi kysynnän määrittely voi olla joissakin tapauksissa haasteellista. Yksi keino tämän määrittelyyn on löytää työn loppuunsaattamiseen vaadittava aika ja varmistaa, että se kohtaa kysynnän tason. Toinen vaihtoehto on tarkistaa töissään hitaimmin etenevän urakoitsijan kapasiteetin parantamisen mahdollisuudet. Hitaimmat urakoitsijat luovat prosessiin pullonkauloja ja hidastavat koko prosessin etenemistä. Jokaisen urakoitsijan tulisi säätää tuotantonopeuttaan sille tasolle, että tahtiajoissa pysytään. Myös ennakoimalla (Look-ahead planning) voidaan asettaa erilaisia tavoitteita ja aikarajoja aikatauluun (Yassine et al., 2014).

Teollisuudessa työt on jaettu eri työasemien kesken ja tuotantonopeuden erot voidaan nähdä eri vaiheissa prosessia. Rakennusalalla työt on jaoteltu tehtäviin ja vaiheisiin. Kun

tiedetään vaadittavat tehtävät ja saatavilla olevat resurssit, jokaisen urakoitsijan tarvitsema aika tietyn tehtävän suorittamiseksi voidaan määrittää. Tahtiaika on pisin mahdollinen aika urakoitsijalle suorittaa tehtävä tietyllä alueella. Näin varmistetaan se, että kaikki urakoitsijat etenevät samassa tahdissa ja projekti saadaan valmiiksi aikataulussa (Yassine et al., 2014).

Kun rakennusprojektin tahtiajat ja tahtialueet määritellään huolellisesti, projektista tulee selkeä kokonaisuus. Tahtialueet ja tahtiajat riippuvat rakennuksen geometriasta. Tahtiaikojen ja alueiden määrittämiselle on myös rajoitteita, esimerkiksi tietty työtehtävä vaatii tietynsuuruisen työpanoksen ja työryhmässä olevien työntekijöiden määrä voi määrittää pienimmän mahdollisen koon tahtialueelle. Tahtisuunnittelun vaativin osuus on määrittää yhteinen tuotantonopeus eri urakoitsijoille. Tahtiaika voidaan määrittellä alla esitetyn kaavan (1) avulla (Haghsheno et al., 2016).

$$Tahtiaika = \frac{Tahtialue (m^2) * Työntekijän työteho (\frac{h}{m^2})}{Työntekijöiden määrä} \quad (1)$$

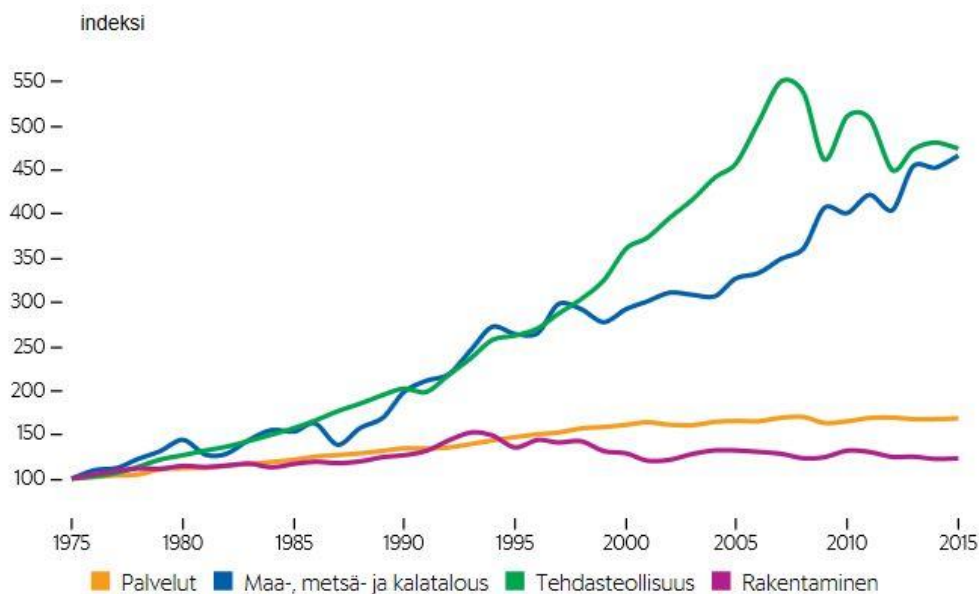
Urakoitsijan määrittelemää tahtiaikaa on verrattava asiakkaan esittämiin vaatimuksiin. Tahtiaikaa voidaan tarvittaessa säätää vastaamaan asiakkaan vaatimuksia vähentämällä puskureita ja tuotannon optimoimisella. Tahtiajan säätämiseen on olemassa kolme erilaista toimenpidettä. Ensimmäinen toimenpide on tarvittavan ajan lisääminen tai vähentäminen käyttämällä enemmän tai vähemmän työvoimaa. Toinen toimenpide on se, että työpaketteja voidaan yhdistää, jolloin kahdesta tahdistä saadaan yksi. Kolmantena toimenpiteenä eri työvaiheita voidaan muuttaa ja optimoida tai korvata eri tuotteilla tai prosesseilla (Haghsheno et al., 2016).

2.6 Tuottavuus rakennusalalla

Tuottavuuden tutkiminen on ollut suuri kiinnostuksen aihe jo teollistumisen alkua ajoista lähtien, sillä tuottavuudella on keskeinen merkitys kilpailukyvyille ja vauraudelle. Tuottavuus on ehkä yksi tärkeimmistä ja vaikuttavimmista taloudellista tuotantotoimintaa ohjaavista perusmuuttujista. Vaikka korkea tuottavuus voi olla merkittävä kilpailuetu yrityksille, sillä on myös positiivinen vaikutus yhteiskunnan yleiseen hyvinvointiin. Alla olevassa kuvassa 12 on esitetty arvonlisäykseen perustuva työn tuottavuus toimialoittain (Pekuri et al., 2011).

Arvonlisäykseen perustuva työn tuottavuus toimialoittain

Työn tuottavuuden indeksi 1975=100



Kuva 12. Arvonlisäykseen perustuva työn tuottavuus toimialoittain (Rakennuslehti)

Rakennusalan koosta johtuen sen tuottavuuden suuntauksilla on merkittäviä vaikutuksia kansalliseen tuottavuuteen ja koko talouteen. Globaalin kilpailun paine on pakottanut yritykset miettimään entistä enemmän tuottavuuden parantamista. Keskustelu aiheesta on johtanut moniin tulkintoihin tuottavuuden käsitteen osalta. Huolimatta siitä, että termiä käyttävät yleisesti sekä tutkijat että ammattilaiset, se sekoitetaan usein samankaltaisten termien kanssa, kuten kannattavuus ja suorituskyky. Myöskään useimmat johtajat eivät ole perillä siitä, mitä tuottavuus todella tarkoittaa, kuinka tärkeitä se on menestyksen kannalta ja kuinka sitä voidaan mitata, analysoida tai parantaa (Pekuri et al., 2011).

Yleisesti tuottavuus määritellään usein prosessin tuottaman tuotoksen ja tuotoksen tuottamiseen tarvittavien panoskertoimien määrän suhteena. Tuotos voi tässä tapauksessa olla mikä tahansa prosessin tulos, kuten tuote tai palvelu, kun taas panostekijät koostuvat prosessiin käytetyistä inhimillisistä ja fyysisistä resursseista. Tästä johtuen tuottavuuden lisäämiseksi on joko tuotettava enemmän tai parempia tuotteita samoista resursseista tai sama määrä tuotteita vähemmällä resursseilla. Toisin sanoen siis tuottavuuden paranemisella tarkoitetaan tuotettujen palveluiden tai tuotteiden suhteen kasvua verrattuna käytettyihin resursseihin. Yrityksen tuottavuus heikkenee, jos sen resursseja ei käytetä oikein tai jos resursseja puuttuu. Toisaalta, yritys voi saavuttaa korkean tuottavuuden, kun prosessissa käytetyt resurssit ja toiminnot lisäävät tuotoksien arvoa (Pekuri et al., 2011).

Tuottavuutta voidaan mitata eri tasoilla. Mittaamista voidaan suorittaa laaja-alaisesti talouden ja teollisuuden tasolta aina erittäin spesifiseen prosessi- tai työntekijätasoon. Makrotasolla tuottavuusmittarit kertovat siitä, kuinka hyvin tärkeimmillä talouden aloilla menee kansallisesti verrattuna aikaisempaan suorituskykyyn tai suhteessa muihin maihin tai sektoreihin. Tuottavuuden mittaaminen on monimutkainen tilastollinen prosessi, joka sisältää useita vaiheita, joiden tarkoituksena on tehdä datasta vertailukelpoista yritysten ja maiden välillä. Korkeammilla analyysitasoilla kiinnostus tuottavuuteen on keskittynyt pääasiassa työn tuottavuuden mittaamiseen. Monissa tapauksissa tuottavuus ilmaistaan ja mitataan rahayksiköinä panosta kohden, koska tämä koetaan ainoana käytännöllisenä tapana mitata tuottavuutta (Pekuri et al., 2011).

Rakennusalalla ei olla pystytty saavuttamaan sellaisia parannuksia tuottavuudessa, joita muilla aloilla on nähty viime vuosina. Saatavilla olevan tiedon mukaan tuottavuus on jopa laskussa joillakin rakentamisen osa-alueilla. Selkeää näkemystä rakennusalan tuottavuudesta ei ole luotettavan ja tarkoituksenmukaisen tiedon puuttumisen vuoksi. Rakennusalan tuottavuuden ymmärtäminen on monimutkainen ja vaikea tehtävä johtuen alan luonteesta. Projektit ovat nykyään monimutkaisempia ja laadukkaampia ja ne suoritetaan lyhyemmällä ajanjaksoilla. Kansainvälinen kilpailu, ympäristökysymykset, korkeat suoritus- ja turvallisuusvaatimukset sekä ammattitaitoisen työvoiman ja muiden resurssien tarjonnan rajallisuus aiheuttavat alhaisia voittomarginaaleja ja alan pirstoutuneisuutta. Monelle yritykselle tuottavuuden parantaminen on selviytymisstrategia, mutta tämä aiheuttaa ongelmia sen takia, että rakennusteollisuudessa tuottavuudelle ei ole olemassa yhtä riittävää, universaalia tuottavuuden mittaa. Rakennusalan tuottavuutta mitattaessa tulisikin ottaa huomioon ne tekijät, jotka aiheuttavat eroavaisuuksia projektien välille. Näitä tekijöitä ovat esimerkiksi työvoiman osaamisen taso ja kulttuuri, teknologian kehittyminen, hankkeen koko, laajuus ja tyyppi, rakennuspaikan olosuhteet ja muut fyysiseen ympäristöön liittyvät tekijät, hankkeen suunnitteluorganisaatio ja työvoiman sekä pääoman suhde (Bernstein 2003, Park 2006).

Tuottavuus voidaan yksinkertaisesti havainnollistaa panosten ja tuotosten välisellä yhteydellä. Kun tarkastellaan tuottavuutta laskennassa käytettävien muuttujien kannalta, tuottavuus voidaan laskea kahdella eri tavalla: osatuottavuus ja kokonaistuottavuus (TFP). Kokonaistuottavuus sisältää useita eri tekijöitä, kuten työvoima, laitteet, materiaalit ja pääoma. Kokonaistuottavuuden kaava (2) on esitetty alla (Park 2006):

$$TFP = \frac{\text{Panos } \text{€}}{\text{Tuotos } \text{€}} = \frac{\text{Työvoima} + \text{Laitteet} + \text{Materiaalit} + \text{Pääoma}}{\text{Kokonaistuotot}} \quad (2)$$

Osatuottavuudessa huomioon otetaan vain toteutunut työaika sekä toteutuneiden asennusten määrä, toisin sanoen todellisten työtuntien määrä, joka tarvitaan vaadittujen työtehtävien suorittamiseen. Tällä tavoin määritelty tuottavuus on sitä parempi, mitä alhaisempi mittausarvo on. Osatuottavuuden kaava (3) on esitetty alla. (Park 2006).

$$\text{Osatuottavuus} = \frac{\text{Toteutuneet työtunnit}}{\text{Toteutuneiden asennusten määrä}} \quad (3)$$

3. AINEISTO JA MENETELMÄT

Tässä kappaleessa on kerrottu tarkemmin tutkimuksen lähtötilanteesta. Tässä kappaleessa on esitelty kohdeyritys ja kerrottu lyhyesti Rain2-hankkeesta, jossa kohdeyritys on mukana. Tämä kappale sisältää myös yrityksen projektipäälliköiden haastattelut koskien tahtituotantoa ja lopuksi tämänhetkistä tilannetta on analysoitu haastattelujen perusteella.

3.1 Yritysesittely

”Osaamista. Asennetta. Talotekniikkaa.” Tämä slogan kuuluu kohdeyritykselle, joka on pääkaupunkiseudun alueella toimiva talotekniikkayritys. Kohdeyritys sijoittuu kymmenen suurimman talotekniikkayrityksen joukkoon Suomessa ja se on yksityinen suomalainen perheyrittäjä. Toimintansa kohdeyritys aloitti vuonna 1987 vaativien sähkö- ja teleurakointiprojektien parissa. Myöhemmin kohdeyritys laajensi toimintaansa myös LVI-urakoinnin puolelle ja näin toiminta kattaa koko talotekniikan. Tämän lisäksi myös kiinteistöjen sähköjärjestelmien sekä tieto- ja turvaverkkojen ylläpitoon ja pienurakointiin on lisätty panostusta. Kohdeyritys on kasvattanut liiketoimintaansa viime vuosina ja liikevaihto on tällä hetkellä noin 32 miljoonaa euroa. Henkilökuntaa kohdeyrityksessä on tällä hetkellä noin 220. (Amplit 2019).

Kohdeyrityksessä toimintatapoja pyritään jatkuvasti kehittämään ja pyrkimyksenä on olla kehityksen kärjessä niin teknisesti kuin laadullisestikin. Kohdeyrityksen hallitus on asettanut yhtiön tavoitteeksi olla luotettava yhteistyökumppani, jolla on korkea ammattitaito ja resurssit riittävät niiden vaativimpienkin talotekniikkaprojektien toteuttamiseen. Yhtiössä käytetään omaa työvoimaa aina, kun se on kannattavaa. Kohdeyritys pyrkii olemaan alan paras työpaikka ja se pyrkii jatkuvasti kouluttamaan ja kehittämään henkilökuntaansa ja näin myös antaa mahdollisuuksia uralla etenemiseen (Amplit 2019).

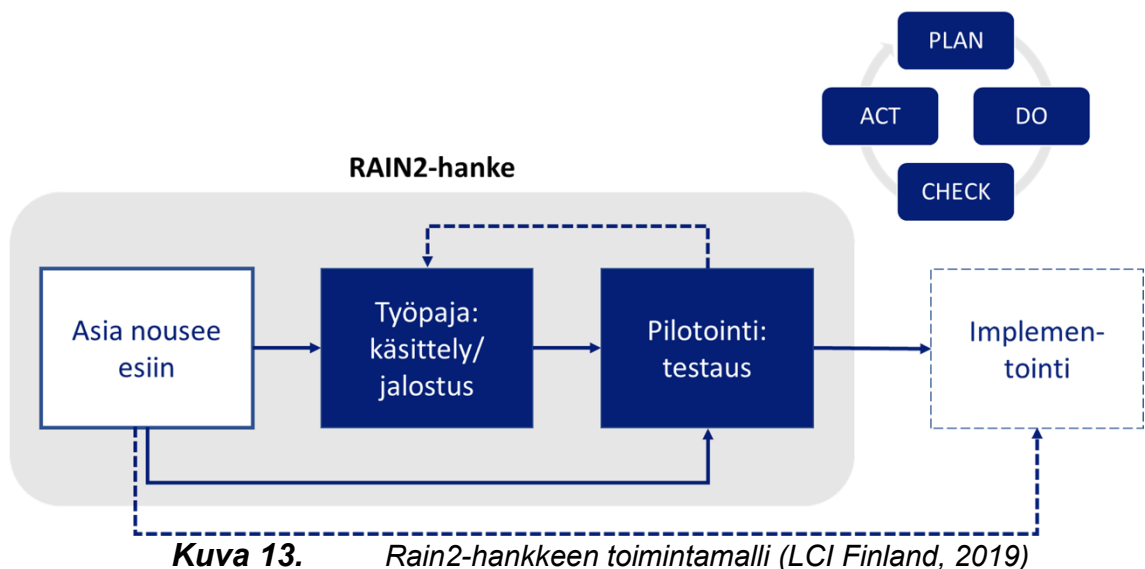
Rain2-hanke

Kohdeyritys on mukana Rain2-nimisessä hankkeessa. Hankkeessa on kohdeyrityksen lisäksi mukana muita rakennusalan yrityksiä. Kohdeyritys on hankkeen ainoa talotekniikka-alaa edustava yritys. Hanke on Lean Construction Finland ry:n alainen tutkimus- ja kehityshanke ja hankkeen päämääränä on jalkauttaa ja kehittää systemaattisesti integrointia tukevia toimintamalleja. Hankkeessa on kolme pääteemaa ja näihin liittyen on järjestetty korkeatasoisia teematyöpajapäiviä ja käynnistetty

pilottiprojekteja, joissa näitä toimintamalleja on tarkoitus testata käytännössä. Hankkeen pääteemat ovat (LCI Finland, 2019):

- Integraation laajentaminen ja syventäminen. Tämä teema tähtää integraation edellytysten luomiseen sekä esteiden poistamiseen.
- Yhteistoiminnan johtaminen keskittyy käytännön lean-johtamiseen
- Virtautettu tuotantomalli. Tämä teema tähtää siihen, että kulttuuri muuttuisi resurssien käytöstä virtautettuun arvontuottoon.

Rain2-hankkeessa tavoitteena on toteuttaa jatkuvan parantamisen periaatetta. Jatkuvassa parantamisessa toimintaa arvioidaan jatkuvasti, jotta parhaat mahdolliset ratkaisut löydettäisiin. Hankkeen aikana on noussut esille monia mielenkiintoisia, eri teemoihin liittyviä asioita, joiden pilotointi ja työstäminen on nähty arvoa tuottavaksi toiminnaksi. Osa näistä esiin nousseista asioista on ollut suoraan käyttöön otettavissa ja osa pilotoiduista toimintamalleista on voitu palauttaa työpajatasolle, jossa sitä on yhdessä työstetty. Alla olevassa kuvassa 13 on kuvattu hankkeen toimintamalli (LCI Finland, 2019):



3.2 Projektipäälliköiden haastattelut

Saaranen-Kauppinen & Puusniekan (2006) mukaan haastattelu on yksi eniten käytettyjä tiedonkeruutapoja tapaustutkimuksessa. Haastattelussa keskustellaan haastattelun tyypistä riippuen melko strukturoidusti eli järjestelmällisesti niistä asioista, jotka liittyvät tutkittavaan aiheeseen. Tutkimushaastattelu eroaa arkisesta keskustelusta siten, että sillä on tietty päämäärä, joka on tutkimustehtävän suorittaminen. Haastattelun avulla

pyritään siis saamaan tutkimusaineistoa ja saatua aineistoa tulkitaan ja analysoidaan, jotta tieteellinen tutkimustehtävä saataisiin selvitettyä. Haastattelutyyppejä voidaan jaotella erilaisin perustein, mutta yleensä haastattelut jaotellaan sen mukaan, kuinka tarkasti haastattelussa olevat kysymykset esitetään ja paljon haastateltavalle annetaan liikkumatilaa. Karkeasti jaoteltuna, haastattelutyyppejä voidaan ajatella olevan kahdenlaisia, strukturoituja ja puolistrukturoituja tai strukturoimattomia (avoimia) haastatteluja. Strukturoitu eli lomakehaastattelu on valmiiksi muotoiltu ja kysymykset ovat järjestelmällisiä. Haastattelussa käytetään haastattelulomaketta, jossa kaikkiin kysymyksiin on annettu vastausvaihtoehdot. Haastattelukysymykset esitetään haastateltaville samassa järjestyksessä ja haastateltava valitsee annetuista vastausvaihtoehdoista omasta mielestään parhaiten sopiva. Tämä haastattelutyyppi on sopiva tapa esimerkiksi silloin, kun vastauksia halutaan analysoida tilastollisin keinoin. Puolistrukturoidut ja strukturoimattomat ovat vapaamuotoisempia haastatteluja. Puolistrukturoidussa haastattelussa kaikilta haastateltavilta kysytään samat kysymykset liikipitäen samassa järjestyksessä, mutta vastaaminen on vapaampaa. Silloin, kun haastateltavilta halutaan tietoa juuri tietyistä asioista, mutta ei haluta antaa liikaa vapauksia, tämä haastattelutyyppi on sopiva (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka, 2006).

Projektipäälliköiden haastattelujen avulla on tarkoitus kerätä aineisto tämän tutkimuksen tutkimuskysymyksiin vastaamiseksi. Haastatteluiden avulla on tarkoitus selvittää projektipäälliköiden näkemyksiä tämän hetkisestä tilanteesta tahtituotannon osalta. Haastatteluissa pyrittiin kartoittamaan, mikä tahtituotannossa toimii tällä hetkellä ja minkälaisia haasteita on ilmennyt tahtituotantoon liittyen. Haastateltaviksi valittiin ne projektipäälliköt, joilla oli tutkimuksen tekovaiheessa hoidettavanaan tai joilla oli jo aiemmin ollut hoidettavanaan projekti, jossa oli käytössä tahtiaikataulutukseen perustuva tuotanto. Projektiorganisaatiosta haluttiin nimenomaan haastatella projektipäälliköitä, sillä heillä on paras mahdollinen käsitys projektien tilanteista ja ymmärrystä tahtituotantoon liittyvistä asioista. Projektipäälliköillä on laaja kokemus alasta ja heillä on vertailukohtanaan useita eri tuotantotavoilla toteutettuja projekteja. Haastateltavilla projektipäälliköillä oli hoidettavanaan erilaisia tahtituotantokohteita aina asuntotuotannosta sairaalaan. Haastattelun kysymykset oli jaoteltu viiteen osaan, jotka olivat suunnitteluvaihe, hankinnat, toteutusvaihe, luovutusvaihe ja projektin talous. Haastattelun lopuksi kysyttiin vielä mielipidettä tahtituotannosta ja siitä, pitäisikö sitä edelleen kehittää. Aineiston kerääminen tapahtui kyselylomakkeella, joka lähetettiin projektipäälliköille etukäteen sähköpostitse. Kysymyksiin oli mahdollista vastata

haastattelutilanteessa tai kirjallisesti. Haastatteluiden vastausten perusteella on tarkoitus etsiä vastaukset tutkimuskysymyksiin. Haastattelun runko on esitetty alla:

Suunnitteluvaihe

- Oliko suunnitelmat sovitettu tahtiaikatauluun?
- Toimitettiin suunnitelmat ajallaan ja olivatko ne toteutuskelpoisia?
- Tuliko virheellisiä toimituksia/suunnitelmia?
- Jos suunnitelmien kanssa oli ongelmia, mitä korjaavia toimenpiteitä tehtiin?

Hankinnat

- Saatiinko tavarantoimitus synkronoitua tahtiaikatauluun?
- Vähenikö varastointitarve ja hävikki?
- Tuliko tarvikkeet oikeaan paikkaan oikeaan aikaan?
- Vähenikö virhetilauksen määrä?
- Jos tavarantoimituksessa oli ongelmia, mitä korjaavia toimenpiteitä tehtiin?

Toteutusvaihe

- Oliko asentajaresurssien suunnittelu helpompaa?
- Toteutuivatko ennakoidut resurssit tahtiaikataulussa?
- Vähenikö asennusvirheiden määrä?
- Havaittiin oman työn tarkistuksessa vähemmän virheitä?
- Helpottuiko ammattiosaamisen kohdentaminen?

Luovutusvaihe

- Sujuiko toimintakokeet paremmin?
- Oliko järjestelmien toimivuudessa ja virheellisissä suorituksissa eroa käyttöönottovaiheessa?
- Helpottuiko käyttöönottovaihe?
- Oliko punakynäsarjoja vähemmän?
- Vastasivatko toteutuskuvat paremmin suunnitelmakuvia?
- Vähenikö vastaanoton vaateet?
- Oliko käsittelemättömien lisä- ja muutostöiden määrässä eroa?
- Helpottuiko kohteen luovutus asiakkaalle?

- Oliko toisia osapuolia kohtaan olevia vaateita vähemmän?

Projektin talous

- Havaittiinko budjetin seurannassa eroja?
 - Rahoittiko projekti paremmin itsensä?
 - Projektin onnistuminen budjettiin nähden? (jos kohde valmis)
 - Paraniko projektin talouden ennustettavuus?
-
- Mitä mieltä olet tahtiaikataulutukseen perustuvasta tuotannosta ja kannattaako sitä edelleen kehittää?

Haastatteluiden vastaukset käydään seuraavissa kappaleissa läpi aiemmin mainituissa viidessä eri osassa. Haastatteluiden tyypiksi valikoitui puolistrukturoitu haastattelu, sillä kaikista vastauksista haluttiin saada juuri tietyt asiat esille, mutta toivottiin myös vapaampaa kommentointia aiheeseen liittyen.

Suunnitteluvaihe

Projektipäällikön 1 (PP1) mukaan suunnitelmia ei oltu alun perin sovitettu tahtiaikatauluun. Kohteen aluejako talotekniikan eri osa-alueitten osalta kuitenkin sopi hyvin tahtiaikatauluun. Suunnitelmia ei toimitettu ajallaan ja toteutusvaiheen alussa tiedettiin jo, että sähkön osuudessa on sellaisia puutteita, jotka oli neuvotteluissa otettu huomioon, mutta näitä muutoksia ei viety ajoissa suunnitelmiin. Muutoksia alettiin suunnitella vasta toteutusvaiheessa. Virheellisiä toimituksia ja suunnitelmia ei juurikaan tullut tai niitä oli vähäinen määrä. Suunnitteluvaiheen ongelmien korjaamiseen ja ehkäisemiseen hyödynnettiin tietomallinnusta. Tämän avulla pyrittiin katselmoimaan ja ennakoimaan mahdolliset ongelmakohdat ja näin niihin osattiin myös varautua paremmin.

Projektipäällikön 2 (PP2) mukaan suunnitelmia ei oltu alun perin sovitettu tahtiaikatauluun. Lohkojaot oli kuitenkin tehty niin, että ne tukivat tahtiaikataulua. Rakennuspuolen ja sähköpuolen suunnitelmia ei oltu sovitettu samaan tahtiin. Suunnitteluvaiheessa ei oltu tietoisia tahtiaikataulutuksen käytöstä. Suunnitelmat toimitettiin ajallaan ja ne olivat toteutuskelpoisia. Virheellisiä toimituksia tai suunnitelmia ei juurikaan tullut. Korjaavana toimenpiteenä suunnitteluongelmille oli uudelleensuunnittelu.

Projektipäällikön 3 (PP3) mukaan suunnitelmat oli sovitettu tahtiaikatauluun, tahdit saatiin määritellä itse ja suunnittelua ohjattiin. Suunnitelmat toimitettiin ajallaan, alussa oli hieman ongelmia johtuen kohteen nopeasta aloituksesta, mutta tämä saatiin nopeasti korjattua. Suunnitelmat olivat toteutuskelpoisia. Virheellisiä suunnitelmia tuli jonkun verran liittyen dalijärjestelmään, virheellisiä toimituksia ei juurikaan tullut. Ongelmat eivät olleet isoja, kohdetta rakennettiin ja suunniteltiin samaan aikaan ja siihen nähden onnistuttiin erinomaisesti. Suunnitteluongelmia pyrittiin välttämään ja korjaamaan tiiviillä yhteistyöllä ja jatkuvalla vuorovaikutuksella puolin ja toisin.

Projektipäällikön 4 (PP4) mukaan suunnitelmia ei oltu sovitettu tahtiaikatauluun. Suunnitelmiin tuli paljon muutoksia ja tämä vaikutti osaltaan tahtiin. Suunnitelmissa oli joitain virheitä, mutta ne johtuivat suurimmalta osin käyttäjämuutoksista. Jos suunnitelmien kanssa oli ongelmia, pyrittiin pitämään suunnitelmakatselmuksia, joissa suunnittelun virheitä ja viiveitä korjattiin.

Hankinnat

PP1:n mukaan tavarantoimitus saatiin hyvin sovitettua tahtiaikatauluun. Työryhmä määritteli tilattavien tarvikkeiden määrät kahden viikon sykleihin. Varastointitarve ja hävikki vähenivät selkeästi verrattuna muihin vastaaviin kohteisiin. Tilausmäärien muutoksista saatiin hyvin sovittua tavarantoimittajien kanssa jo ennen työmaalle toimitusta ja tämä edesauttoi hävikin vähentämisessä. Työmaalla vastattiin itse tavaroiden vastaanotosta ja haalauksesta ja tämä edesauttoi sitä, että tarvikkeet olivat oikeassa paikassa oikeaan aikaan. Virheellisiä tilauksia ei projektin aikana juurikaan tullut. Korjaavat toimenpiteitä tavarantoimitukseen ei tarvinnut juurikaan tehdä, sillä ongelmia ei ollut. Huonot puhelinyhteydet vaikeuttivat osaltaan tavarantoimitusta ja joitakin toimituksia palautui takaisin Tähän olisi voitu varautua etukäteen niin, että olisi sovittu toimituksille tarkka aika ja paikka, jolloin ei olisi oltu puhelinyhteyksien varassa.

PP2:n mukaan tavarantoimitus saatiin osittain sovitettua tahtiaikatauluun. Viiveisiin ei pystytty reagoimaan kovin tehokkaasti. Valvonta vaatisi resursseja, jotta kaikki materiaalit tulisivat oikeaan aikaan aikataulujen muuttuessa. Hävikistä ei osata arvioida, onko muutosta. Varastointitarve pienentynyt niiltä osin, kun tahtiaikataulussa pysyttiin. Tarvikkeet tulivat oikeaan paikkaan oikeaan aikaan silloin, kun pysyttiin tahdissa. Virheellisten tilausten määrässä ei nähty merkittävää muutosta, mutta todettiin se, että kun tilataan pienempiä määriä kerrallaan, virheet jäävät siltä osin pienemmiksi. Tavarantoimituksen ongelmiin reagoitiin esimerkiksi välivarastoilla tai viivästyttämällä tilauksia.

PP3:n mukaan tavarantoimitus saatiin sovitettua tahtiaikatauluun. Haasteena oli se, että hankintojen kilpailutukset tehtiin silloin, kun suunnitelmia ei ollut vielä olemassa ja tässä jouduttiin käyttämään arvioita. Varastointitarve ja hävikki vähenivät ja tarvikkeet tulivat oikeaan paikkaan oikeaan aikaan. Virhetilauksen määrän nähtiin vähentyneen ja tavarantoimituksessa ei ollut muutenkaan juurikaan ongelmia, sillä korjaavat toimenpiteet tehtiin jo ennen ongelmien syntymistä.

PP4:n mukaan tavarantoimitus saatiin hyvin sovitettua tahtiaikatauluun. Varastointitarve ei sinänsä vähentynyt, työmaalla oli vain rajalliset tilat materiaaleille. Hävikin määrässä ei havaittu merkittäviä eroja. Tarvikkeet tulivat pääsääntöisesti oikeaan paikkaan oikeaan aikaan. Joitakin tarvikkeita jouduttiin hankkimaan hieman etuajassa hankintakokonaisuuksien takia, esimerkiksi keskusteluiden kanssa on hankalaa sopia toimituksia tietylle päivälle ja tiettyyn kellonaikaan. Virhetilauksen määrässä ei havaittu juurikaan eroa. Korjaaviin toimenpiteisiin ei tavarantoimituksen osalta ollut tarvetta.

Toteutusvaihe

PP1:n mukaan asentajaresurssien suunnittelu oli osittain helpompaa, runko- ja sisätyövaiheista oli jo alussa jonkinlainen tietämys. Kohteessa työskenteli jatkuvasti keskimäärin 6-8 asentajaa. Ennakoidut resurssit toteutuivat pääpiirteittäin tahtiaikataulun mukaan. Loppua kohden edeltävät työvaiheet olivat jonkun verran myöhässä ja tänä aikana asentajat työskentelivät varamestoissa ja näin asentajien määrää työmaalla ei näissä vaiheissa ollut tarvetta vähentää. Loppupään piikki miehityksessä oli tiedossa jo aikaisessa vaiheessa. Asennusvirheiden määrässä ei huomattu suuria eroavaisuuksia verrattuna muihin vastaaviin kohteisiin. Tosin pienempien osa-alueiden valmiiksi tekeminen ja tarkistaminen saattoi vaikuttaa siihen, että päästiin virheettömään osaluovutukseen. Oman työn tarkistuksessa verrattuna muihin vastaaviin kohteisiin havaittiin hyvin vähän virheitä, virhelistat olivat lyhyitä. Ammattiosaamisen kohdentamisessa ei havaittu juurikaan eroavaisuuksia verrattuna muihin vastaavansiin kohteisiin. Muutostöiden määrän nähtiin olevan tavanomaista pienempi ja muutoksien oikea-aikaisuus oli hyvä. Samoin muutossuunnitelmien toteutuskelpoisuus oli hyvä. Muutoksista ei aiheutunut juurikaan ongelmia projektiin ja aikataulu ei viivästynyt. Vain myöhäisessä vaiheessa tulleet käyttäjämuutokset aiheuttivat päänvaivaa.

PP2:n mukaan asentajaresurssien suunnittelu oli jonkin verran helpompaa. Todettiin tahtituotantomallin tukevan ja helpottavan asentajaresurssien suunnittelua. Ennakoidut resurssit toteutuivat pääsääntöisesti tahtiaikataulussa ja asennusvirheiden määrä oli melko vähäinen. Oman työn tarkistuksessa havaittujen virheiden määrä oli myös vähäinen. Ammattiosaamisen kohdentaminen helpottui jonkun verran. Muutostöiden

määrässä ei huomattu eroa muihin vastaaviin kohteisiin ja muutossuunnitelmat olivat pääsääntöisesti toteutuskelpoisia. Muutoksista aiheutui aikataulullisia ongelmia projektiin.

PP3:n mukaan asentajaresurssien suunnittelun ei nähty olevan juurikaan helpompaa verrattuna perinteisellä mallilla tehtäviin kohteisiin. Ennakoidut resurssit toteutuivat hyvin suunnitellussa tahtiaikataulussa ja asennusvirheiden määrä väheni, alussa virheitä oli enemmän, mutta loppua kohden virheitä ei ollut juuri ollenkaan. Oman työn tarkastuksessa havaittiin loppua kohden selkeästi vähemmän virheitä. Ammattiosaamisen kohdentaminen helpottui huomattavasti. Muutostöiden määrään ei osattu ottaa kantaa tahtiaikataulutuksen osalta, sillä suurin osa tulleista muutoksista oli käyttäjälähtöisiä. Muutokset eivät tulleet oikeaan aikaan. Muutossuunnitelmat olivat pääsääntöisesti toteutuskelpoisia ja ne aiheuttivat jonkun verran häiriöitä tahteihin.

PP4:n mukaan asentajaresurssit laskettiin alkuperäisen urakan mukaisilla tuntiarvioilla, joten tahtiaikataulutuksella ei ollut vaikutusta tähän. Ennakoidut resurssit toteutuivat tahtiaikataulussa. Asennusvirheiden määrässä ei huomattu juurikaan muutoksia, tarvittavat korjaukset johtuivat pääsääntöisesti muutoksista. Oman työn tarkistuksessa havaittujen virheiden määrässä ei havaittu juurikaan eroa ja ammattiosaamisen kohdentaminen ei helpottunut. Muutostöitä tuli paljon ja ne eivät tulleet oikeaan aikaan johtuen siitä, että asiakkaan suunnittelua ja toteutussuunnittelua ei oltu tahdistettu. Tämä oli koko projektin laajuinen virhe. Muutossuunnitelmat olivat pääsääntöisesti toteutuskelpoisia ja ne vaativat jonkun verran tarkastelua työmaalla. Muutokset aiheuttivat jonkun verran ongelmia projektiin.

Luovutusvaihe

PP1:n mukaan toimintakokeet sujuivat pääosin jouhevasti. Järjestelmien toimivuudessa ja virheellisissä suorituksissa ei havaittu juurikaan eroa verrattuna muihin vastaaviin kohteisiin. Käyttööntovaihe itsessään ei juurikaan helpottunut. Punakynäsarjoja oli kohteen kokoon nähden vähemmän kuin yleensä. Toteutuskuvat vastasivat hyvin suunnitemakuvia, lukuun ottamatta jo alussa esiin otettuja puutteita, joita ei saatu ajallaan suunnitelmiin. Vastaanoton vaateita ei ollut, mutta tästä ei osattu sanoa, eroaako tämä muihin vastaaviin kohteisiin nähden. Käsittelemättömien lisä- ja muutostöiden määrässä ei havaittu juurikaan eroa. Kohteen luovutus asiakkaalle sujui helposti, loppuun oli varattu hyvin aikaa ja näin ehdittiin tehdä tarvittavat viimeistelyt ja luovutuksesta saatiin virheetön. Lopun vaiheisiin oli jätetty jopa liikaa aikaa ja tällainen kohde olisikin mahdollista saada valmiiksi tiukemmalla aikataululla. Toisia osapuolia kohtaan olevia vaateita ei ollut.

PP2:n mukaan toimintakokeissa on ollut ongelmia. Toimintakokeiden suunnitteluun olisi pitänyt käyttää enemmän resursseja. Järjestelmien toimivuudesta ja virheellisistä suorituksista ei osattu vielä sanoa, sillä kohteen käyttöönottovaihe oli kesken. Todettiin kuitenkin se, että tahtituotantomallilla voidaan päästä parempaan lopputulokseen kuin perinteisellä mallilla. Käyttöönottovaiheen ei nähty olevan helpompi johtuen siitä, että käyttöönottovaihe tehtiin osissa, mutta ei nähty tämän olevan pelkästään tahtituotantomallin ongelma. Punakynäsarjojen määrä oli pienempi ja toteutuskuvat vastasivat hyvin suunnitelmakuvia. Vastaanoton vaateista ja toisia osapuolia kohtaan olevista vaateista ei osattu vielä sanoa. Käsittelemättömien lisä- ja muutostöiden määrässä ei nähty olevan merkittäviä eroja. Kohteen luovutuksesta ei osattu vielä sanoa, sillä kohdetta ei oltu vielä luovutettu.

PP3:n mukaan toimintakokeet sujuivat selkeästi paremmin, sillä luovutusvaihe pystyttiin tekemään tahdissa. Suunnitelmien tulisi tukea tahtiaikataulua ja käyttöönottoa. Järjestelmien toimivuudessa ei ollut ongelmia ja virheellisiä suorituksia ei ollut. Punakynäsarjoja oli vähemmän, suunnitelmia korjattiin jatkuvalla menettelyllä. Toteutuskuvat vastasivat paremmin suunnitelmakuvia. Vastaanotossa ei ollut vaateita ja käsittelemättömiä lisä- ja muutostöitä ei ollut. Kohteen luovutus asiakkaalle helpottui huomattavasti. Toisia osapuolia kohtaan olevia vaateita ei ollut.

PP4:n mukaan toimintakokeiden sujumuudessa ei havaittu eroa. Järjestelmien toimivuudessa ja virheellisissä suorituksissa ei havaittu eroa käyttöönottovaiheessa. Käyttöönottovaihe ei helpottunut ja punakynäsarjojen määrässä ei havaittu eroa. Toteutuskuvat eivät vastanneet paremmin suunnitelmakuvia ja vastaanoton vaateiden määrässä ei havaittu muutosta. Tarjottujen lisätöiden määrä oli suhteellisen normaali. Kohteen luovutus asiakkaalle ei helpottunut ja toisia osapuolia kohtaan olevia vaateita oli normaali määrä.

Projektin talous

Budjetti- ja kustannus seurannassa havaittiin se ero, että, että isoimmat massalitterat pystyttiin sitomaan varmemmin. Projekti rahoitti itsensä hyvin, maksuerät olivat suhteellisen etupainotteisia ja ne oli pilkottu pieniin osiin ja näin ne saatiin laskutettua viipymättä. Projekti onnistui budjettiin nähden hyvin. Tämä johtui osittain materiaali hyväksyttävistä, sillä muutossuunnittelussa ehdotettiin tiettyjä muutoksia materiaaleihin ja näiden muutosten ansiosta materiaalien hintaa saatiin pienemmäksi. Nämä muutokset menivät läpi ja näin syntyi säästöjä. Projektin talouden ennustettavuus parani materiaalien osalta, kun isoimmat litteroinnit pystyttiin sitomaan aikataulujen ja

tarkemmin ja varmemmin. Talouden ennustettavuus oli helpompaa, kun tiedettiin, missä tilanteessa työmaalla mennään ja mitä on vielä tulossa.

PP2:n mukaan budjetin seurannassa pystyttiin hieman paremmin ennustamaan kustannuksia, mutta koska Amplitilla seurataan jokaista projektia kuukausittain litterakohtaisesti, ei nähty tahtituotannolla olevan merkittävää eroa budjetin seurannassa. Projekti ei rahoittanut itseään paremmin verrattuna muihin kohteisiin. Maksuerätaulukko tulisi laatia tahtituotannon puitteissa, tässä kohteessa se laadittiin perinteisellä mallilla. Projekti onnistui kohtuullisen hyvin budjettiin nähden. Projektin talouden ennustettavuus parani joiltain osin, kuten aiemmin jo todettiin.

PP3:n mukaan budjetin seuranta oli helpompaa, tahtiaikataululla saadaan projektien työpotti pidettyä paremmin hallinnassa. Todettiin, että tahtituotannolla ei ollut vaikutusta siihen, rahoittiko projekti paremmin itsensä. Projekti onnistui budjettiin nähden erinomaisesti. Projektin ennustettavuus parani työvoimakustannusten hallinnan kautta, kuten aiemmin jo todettiin.

PP4:n mukaan budjetin seurannassa ei havaittu juurikaan eroa. Projekti ei rahoittanut itseään paremmin, mutta tähän vaikutti se, että maksuerätaulukkoa ei oltu laadittu tahtiaikataulun mukaisesti. Projektin onnistumisesta budjettiin nähden ei osattu vielä sanoa. Projektin talouden ennustettavuuden helpottumisesta ei osattu sanoa.

Mitä mieltä olet tahtiaikataulutukseen perustuvasta tuotannosta ja kannattaako sitä edelleen kehittää?

PP1:n mukaan tahtiaikataulutuksella on selkeästi positiivisia vaikutuksia rakentamisen tuottavuuden osalta. Jotta tahtiaikataulutus sujuisi vieläkin paremmin, jo hankkeen alussa (tarjousvaihe ja hankintavaihe) pitäisi olla tietoisia tahtiaikataulun käyttämisestä. Näin tahtiaikataulu voitaisiin ottaa jo neuvotteluissa esille ja se auttaisi sitouttamaan kaikki projektin osapuolet paremmin. Kaikki lenkit projektissa ovat tärkeitä. Kaikkien projektin eri osapuolien edustajien olisi hyvä olla mukana aikataulujen tekemisessä, jotta aikataulusta saataisiin mahdollisimman todenmukainen. Kun aikataulusta saadaan mahdollisimman todenmukainen, aikatauluja voitaisiin edelleen kiristää ja tämä johtaisi nopeampiin läpimenoaikoihin. PP1:n mukaan tahtiaikataulutukseen perustuvassa tuotannossa on paljon potentiaalia, mutta kaikkien osapuolet on saatava sitoutettua projektiin kunnolla. Pääurakoitsijat ja rakennuttajat vaikuttavat olevan hyvin perillä tahtituotannosta ja osaavat viedä tätä eteenpäin. Kaikkiin kohteisiin tahtiaikataulutukseen perustuva tuotanto ei kuitenkaan sovi.

PP2:n mukaan tahtiaikataulutuksessa on omat haasteensa, esimerkiksi urakoiden pilkkominen liian pieniin osiin saattaa aiheuttaa ongelmia. Kun kohteessa on mukana

paljon pieniä urakoitsijoita, esimerkiksi sairastumiset ja onnettomuudet voivat viivästyttää aikataulua, kun lisäresursseja töiden suorittamiseen ei löydy. Jos esimerkiksi koko talotekniikka kuuluisi yhdelle urakoitsijalle, häiriöitä tulisi vähemmän ja koko paketti pysyisi paremmin kasassa. Allianssityyppisen ratkaisun yhdistäminen tahtiaikataulutukseen perustuvaan tuotantoon nähtiin hyvänä keinona sitouttaa urakoitsijat paremmin projektiin. Kun urakkasopimusmalleja kehitetään ja osaaminen tahtituotannon osalta kasvaa, tahtituotannolla voidaan parantaa projektien tuottavuutta.

PP3:n mukaan tahtiaikataulutukseen perustuvaa tuotantoa kannattaa ehdottomasti edelleen kehittää ja siitä uskottiin olevan apua tuottavuuden parantamiseen. Sopimuskulttuuriin pitäisi saada muutoksia ja jotta tahtiaikataulu saadaan oikeasti toimimaan, myös pääurakoitsija on saatava sitoutumaan. Tahtiaikataulutuksessa tulisi ennemminkin palkita hyvästä onnistumisesta, kuin antaa sanktioita epäonnistumisesta. Tavoitteet tulisi asettaa koko projektiryhmälle, jotta kaikki olisivat mahdollisimman hyvin sitoutuneita projektiin. Tämä johtaisi yhteistyöhön ja siihen, että kaikki panostaisivat aidosti tahdissa pysymiseen. Talotekniikassa nähtiin myös sen olevan ongelma, että suunnittelijoilla ei ole vielä paljoakaan tietämystä tahtiaikataulutukseen perustuvasta tuotannosta. Talotekniikkaurakoitsijoiden pitäisi päästä mukaan jo suunnitteluvaiheessa, jotta suunnitelmat tukisivat mahdollisimman hyvin tahtiaikataulua.

PP4:n mukaan tahtituotanto on kehityskelpoinen aihe ja melko uusi tapa toimia tällä alalla. Ensimmäinen tahtiaikataulu on luonnollisesti se vaikein toteuttaa. Tällä hetkellä tahdin työvaiheisiin varataan noin 50 % ylimääräistä, koska halutaan pelata varman päälle. Kun kaikki urakoitsijat tekevät tämän saman varauksen, tahtiaikataulutukseen perustuva tuotanto etenee hitaammin, kuin perinteisillä tavoilla tehtävät tuotannot. Tämä tilanne paranee, kun kohteeseen saadaan toimijoita, joilla on kokemusta tahdin aikataulutamisesta. Tahtiaikataulutuksesta pitäisi olla maininta jo tarjousasiakirjoissa, sillä joissain tapauksissa tahti edellyttää työmaan resursointia ja aikataulutusta normaalista poikkeavalla tavalla. Tämä tulee erityisesti esille silloin, mitä pienemmiksi yksiköiksi tahdit tehdään työmaalla, esimerkiksi huonekohtainen tahti. Erityisesti huoneiden ulkopuolinen tekniikka (rungot) pitää olla tehtynä ennen kuin varsinainen tahti voi alkaa. Usein on niin, että runkoja varten (nousut, LVI-rungot) rakennustekniikka ei ole vielä kunnossa, esimerkiksi kuilut, ympäröivät rakenteet ja tekniset tilat. LVI-tekniikka lähtee kuitenkin aina verkon paksuimmasta päästä liikkeelle. Lisäksi jonkin osapuolen työsuorituksen viivästyessä voi olla seurauksena se, että tahdista seuraavat toimijat saavat aikaan reklamaatiovyöryn viiveen aiheuttajalle. Tämä ei tietenkään ole tarkoituksenmukaista eikä palvele tahtiaikataulua. Toimijoiden oikeudellinen asema

tietysti vahvistuu, mutta jatkuva reklamointi menettää merkityksensä ja osoittaa huonoa tuotannon seurantaa.

PP4:n mukaan oikea tahti edellyttää tiukkaa seurantaa ja eri toimijoiden täydellistä sitoutumista tahtituotantoon. Usein varsinkin pienet urakoitsijat tekevät resurssien puutteessa urakastaan ne työt, mitkä vapauttavat maksueriä nopeimmin. Tämä aiheuttaa sen, että tahti menee sekaisin. Myös materiaalmääritykset vaikuttavat tahtiin. Niiden on oltava ajoissa tiedossa hankintatoimea varten ja tuotannon käyttöön. Tahtiaikataulutus voi vaikuttaa hankintapäätöksiin huomattavan aikaisessa vaiheessa, poiketen normaalista aikataulutuksesta. Tämän vuoksi olisi erittäin tärkeää, että tahtiaikataulutuksen käytöstä oltaisiin tietoisia jo tarjouspyyntövaiheessa. PP4:n mukaan tässä projektissa koettiin paljon tahtiaikataulutuksen kompastuskiviä, mutta oikein toteutettuna tahtituotanto on varmasti erinomainen tapa toteuttaa kohde. Tahti (tai osatahti) sopii erityisesti sellaisiin kohteisiin, joissa on paljon samankaltaisia yksiköitä toteutettavana, esimerkiksi asuntotuotanto tai hotellit.

3.3 Tilanteen analyysi

Haastattelujen perusteella on selkeästi nähtävissä se, että tahtiaikataulutuksen käytöllä on saatu paljon positiivisia vaikutuksia projektien tuottavuuteen ja laatuun. Esiin nousi paljon sellaisia osa-alueita, joissa oli selkeitä parannuksia verrattuna perinteiseen urakointiin. Erityisesti seuraavissa osa-alueissa havaittiin positiivisia muutoksia verrattuna perinteiseen urakointiin:

- Suunnitelmat tulivat ajallaan ja ne olivat toteutuskelpoisia
- Virheellisiä suunnitelmien ja toimitusten määrä väheni
- Varastointitarve ja hävikki pienenevät
- Tavarantoimitus saatiin hyvin synkronoitua tahtiaikatauluun
- Tavarat tulivat oikeaan paikkaan oikeaan aikaan
- Virheellisten tilausten määrä väheni
- Asentajaresurssien suunnittelu helpottui ja ennakoitujen resurssit toteutuivat hyvin
- Asennusvirheiden ja oman työn tarkistuksessa havaittujen virheiden määrä väheni
- Ammattiosaamisen kohdentaminen helpottui
- Toimintakokeet helpottuivat

- Toteutuskuvat vastasivat paremmin suunnitelmakuvia
- Punakynäsarjojen määrä väheni
- Vastaanotoissa toisia osapuolia kohtaan olevia vaateita oli vähemmän
- Kohteiden luovutus asiakkaalle helpottui
- Projektien budjetin seuranta ja talouden ennustettavuus helpottui
- Projektit onnistuivat budjetteihin nähden hyvin

Haastatteluissa nousi esille myös muutama kehityskohde tahtiaikataulutuksen käytössä. Yksi esille noussut asia oli se, että tahtiaikataulutusta ei oltu otettu huomioon suunnitteluvaiheessa ja näin ollen suunnitelmat eivät tukeneet tahtiaikataulua. Eri urakoitsijoiden edustajien tulisi olla mukana suunnitteluvaiheessa ja tahtiaikataulun tekemisessä, jotta suunnitelmista ja aikatauluista saataisiin mahdollisimman toimivat. Myös sopimuskulttuuriin tulisi saada muutoksia ja tahtituotanto pitäisi olla tiedossa jo tarjousvaiheessa. Esille nousi myös se, että aikataulujen huolellisella ja asiantuntevalla suunnittelulla projektien läpimenoaikaa voitaisiin saada vieläkin lyhyemmäksi, tällä hetkellä aikatauluihin jätetään liikaa tyhjää. Eri urakoitsijat pitäisi myös saada paremmin sitoutettua projektiin ja tahtiaikataulun noudattamiseen, tavoitteiden tulisi olla kaikille yhteisiä. Myös tavarantoimitukseen liittyen nousi ongelmia esiin. Kun aikatauluihin tui jostain syystä viivästyksiä, tavarantoimitusta ei saatu heti synkronoitua uuteen aikatauluun. Tämä vaatisi enemmän resursseja ja valvontaa.

Haastattelujen avulla saatiin vastaukset tutkimuskysymyksiin. Tämän tutkimuksen pääkysymyksenä oli:

”Onko tahtituotannolla positiivinen vaikutus tuottavuuteen talotekniikkaurakoinnissa?”.

Pääkysymykseen liittyvät tarkentavat kysymykset olivat

”Voidaanko tahtituotannon avulla vähentää hukkaa?” ja

”Voidaanko tahtituotannon avulla tehdä laadukkaampaa urakointia nopeammassa aikataulussa?”.

Haastattelujen perusteella voidaan sanoa, että tahtituotannolla on selkeästi positiivinen vaikutus tuottavuuteen talotekniikkaurakoinnissa. Haastatteluista kävi ilmi, että suunnitelmat toimitettiin ajallaan ja ne olivat toteutuskelpoisia, varastointitarvetta ja hävikkiä saatiin pienemmäksi, tavarat tulivat oikeaan paikkaan oikeaan aikaan, asennusvirheiden määrä väheni ja kohteen vastaanotto sekä luovutus sujuivat

paremmin. Haastattelujen pohjalta voidaan vastata tarkentaviin kysymyksiin ja näin ollen voidaan sanoa, että tahtituotannon avulla voidaan vähentää hukkaa ja tehdä laadukkaampaa urakointia nopeammassa aikataulussa. Tarkentavien kysymysten avulla saadaan vastaus myös tutkimuksen pääkysymykseen. Tutkimuskysymyksiin on vastattu syvällisemmin tutkimuksen viimeisessä kappaleessa. Alla olevaan taulukkoon on tiivistetty haastattelukysymykset ja projektipäälliköiden vastaukset. Vastaus ”kyllä” tarkoittaa sitä, että kyseisen osa-alueen kohdalla on havaittu kehitystä ja vastaus ”ei” tarkoittaa sitä, että osa-alueen kohdalla ei havaittu muutoksia tai ei osattu sanoa, onko osa-alueen kohdalla tapahtunut kehitystä.

Taulukko 1. Haastattelukysymykset ja projektipäälliköiden vastaukset

Suunnitteluvaihe	PP1	PP2	PP3	PP4
Suunnitelmien sovittaminen tahtiaikatauluun	Ei	Ei	Kyllä	Ei
Suunnitelmien toimittaminen ajallaan	Ei	Kyllä	Kyllä	Ei
Suunnitelmien toteutuskelpoisuus	Ei	Kyllä	Kyllä	Ei
Virheelliset toimitukset/suunnitelmat	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei
Hankinnat				
Tavarantoimituksen synkronointi tahtiaikatauluun	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Varastointitarve ja hävikki	Kyllä	Ei	Kyllä	Ei
Tavarat oikeassa paikassa oikeaan aikaan	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Virheelliset tilaukset	Kyllä	Ei	Kyllä	Ei
Toteutusvaihe				
Asentajaresurssien suunnittelu	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei
Ennakoitujen resurssien toteutuminen	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Asennusvirheiden määrä	Ei	Kyllä	Kyllä	Ei
Virheet oman työn tarkistuksessa	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei
Ammattiosaamisen kohdentaminen	Ei	Kyllä	Kyllä	Ei
Luovutusvaihe				
Toimintakokeet	Kyllä	Ei	Kyllä	Ei
Järjestelmien toimivuus	Ei	Ei	Kyllä	Ei
Käyttöönotto	Ei	Ei	Kyllä	Ei
Punakynäsarjojen määrä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei
Toteutuskuvien vastaavuus suunnitelmakuviin	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei
Vastaanoton vaateet	Ei	-	Kyllä	Ei
Käsittelemättömien lisä- ja muutostöiden määrä	Ei	Ei	Kyllä	Ei
Kohteen luovutus	Kyllä	-	Kyllä	Ei
Toisia osapuolia vastaan olevat vaateet	Kyllä	-	Kyllä	Ei
Projektin talous				
Budjetin seuranta	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei
Projektin itsensä rahoittaminen	Kyllä	Ei	Ei	Ei
Projektin onnistuminen budjettiin nähden	Kyllä	Kyllä	Kyllä	-
Projektin talouden ennustettavuus	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei

4. KEHITYSEHDOTUKSET

Tässä kappaleessa pohditaan kehitysehdotuksia tahtituotannon osalta projektipäälliköiden ehdotusten sekä kirjallisuuden kautta edellisen kappaleen haastatteluiden ja analyysin perusteella.

4.1 Haastattelujen perusteella löydetty kehityskohteet tahtituotannossa

Haastattelujen perusteella tahtituotannolla on paljon positiivisia vaikutuksia tuottavuuteen ja urakoinnin laatuun, mutta muutamaa osa-aluetta tulisi selkeästi vielä kehittää. Suunnitteluvaiheen kehitettävänä asioina esille nousi riittävän aikainen sitoutuminen tahtiaikataulutuksen käyttöön. Jotta projektin kaikki osapuolet saataisiin paremmin sitoutettua tahtiaikataulutukseen, tahtiaikataulutuksen käytön tulisi olla tiedossa jo hankkeen alkaessa ja kaikkien osapuolten edustajien tulisi osallistua tahtiaikataulun tekemiseen, jotta siitä saataisiin mahdollisimman todenmukainen. Tahtituotanto tulisi ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa, jotta suunnitelmat tukisivat paremmin tahtiaikataulutukseen perustuvaa tuotantoa.

Hankintojen osalta ongelmaksi nousi se, että mahdollisten aikatauluviiveiden osalta tavarantoimitusta ei saatu sovitettua niin, että tavarat tulisivat oikeaan paikkaan oikeaan aikaan. Jotta tavarantoimitukseen aikatauluviiveiden takia tuleviin muutoksiin pystyttäisiin reagoimaan riittävän nopeasti, tämä vaatisi enemmän resursseja ja seurantaa.

Toteutusvaiheessa suurimmaksi ongelmakohdaksi nousi muutostöiden aiheuttamat aikatauluviiveet projektiin. Koska muutokset eivät tulleet tarpeeksi ajoissa, tämä aiheutti viiveitä projektien aikatauluihin. Muutossuunnitelmat olivat pääosin toteuttamiskelpoisia.

Luovutusvaiheen yksi esiin noussut ongelma oli toimintakokeet. Toimintakokeiden jouheva sujuminen vaatisi huolellisempaa suunnittelua ja se vaatisi myös enemmän resursseja. Esille nousi myös se, että luovutusvaihe olisi voitu saattaa loppuun nopeammassa aikataulussa. Kun suunnittelu tehdään huolellisemmin, voidaan luovutusvaihe saada nopeammin suoritetuksi ja näin saada nopeampia läpimenoaikoja.

Projektien talouden osalta ongelmaksi nousi se, että maksuerätaulukot tulisi laatia tahtiaikataulutuksen perusteella, jotta projektit rahoittaisivat paremmin itsensä. Muutoin projektien talouden seurannassa ei ollut juurikaan kehitettävää. Esille nousi myös se, että Amplitin oma litterakohtainen budjetinseuranta on toimiva.

4.2 Kehitysehdotukset havaittuihin ongelmiin tahtituotannossa

Projektipäälliköiden haastatteluissa nousi esiin se, että urakoitsijoita ei oltu otettu tarpeeksi ajoissa mukaan suunnitteluun. Suunnitelmat eivät tukeneet tahtiaikataulutukseen perustuvaa urakointia ja tästä aiheutui ongelmia projekteihin. Tahtiaikataulutuksen käyttö tulisi olla tiedossa jo tarjous- ja hankintavaiheessa. Kaikissa haastatteluissa nousi esille se, että projektin eri osapuolet tulisi saada aiemmin mukaan suunnitteluun ja sitoutettua paremmin projektiin ja tätä nostetaan esille myös aiheeseen liittyvässä kirjallisuudessa. Esimerkiksi Frandson et al. (2013) korostaa kuuden kohdan mallissaan urakoitsijoiden aikaisen sitouttamisen ja mukaan ottamisen tärkeyttä. Projektin kaikki osapuolet tulisi ottaa mukaan suunnitteluun jo mallin ensimmäisessä vaiheessa. Myös Holm et al. (2018) mukaan eri urakoitsijoiden, alihankkijoiden ja muiden projektin osapuolten on tärkeää olla mukana suunnittelussa jo aikaisessa vaiheessa. Näiden osapuolten edustajat ovat oman alansa ammattilaisia ja heiltä löytyy aina paras tieto siitä, miten työt tulisi suorittaa. Näillä henkilöillä on ymmärtämystä siitä, millaisia riippuvuuksia ja korrelaatioita työvaiheiden välillä on ja millaisia aikoja eri työvaiheisiin pitää varata.

Frandson et al. (2013) esittämässä kuuden kohdan mallissa tahtisuunnittelun ensimmäinen vaihe on tiedon kerääminen. Tämä vaihe on erityisen tärkeä sen vuoksi, että saataisiin mahdollisimman tarkasti määriteltä mitä työvaiheita projekti sisältää, kuka vastaa mistäkin työtehtävästä ja missä tahdissa nämä työtehtävät suoritetaan. Kunkin urakoitsijan on määriteltävä osaltaan omat työtehtävänsä ja tahdit, joissa työtehtävät suoritetaan. Mallin toisessa vaiheessa on tarkoitus määritellä tahtialueet ja tahtiaikojen määrittelemiseksi tarvitaan kultakin urakoitsijalta tieto siitä, kuinka paljon aikaa tarvitaan tietyllä alueella töiden loppuun saattamiseksi. Tässä vaiheessa tahtiajat eivät vielä ole lopullisessa tarkkuudessaan. Mallin kolmas vaihe pitää sisällään työjärjestyksen suunnittelun eri työvaiheiden mukaan. Työtehtävien järjestys ja työtehtävien määrä eri alueilla määritellään tarkemmin. Tässäkin vaiheessa tiivis yhteistyö eri urakoitsijoiden kanssa on äärimmäisen tärkeää, jotta tiedetään, mitkä työvaiheet ovat kunkin urakoitsijan kannalta kriittisiä. Mallin neljännen vaiheen tarkoituksena on varmistaa ja tasapainottaa työn jatkuva virtaus. Oikea tieto tahtialueista ja työtehtävien suoritusjärjestyksestä on tärkeää, jotta jatkuva virtaus saadaan varmistettua. Tässä vaiheessa pyritään myös tunnistamaan erilaiset pullonkaulat urakoitsijoiden avustuksella. Mallin viidennen vaiheen tarkoitus on kunkin työvaiheen varsinaisten tahtiaikojen määrittely. Jotta tahtiajat olisivat mahdollisimman tarkkoja ja toimivia, tasapainotus on tehtävä huolella. Tässäkin vaiheessa korostuu se,

että urakoitsijoiden kanssa on tehty tiivistä yhteistyötä toimivien tahtiaikojen määrittelemiseksi. Mallin kuudennessa vaiheessa on tarkoitus tehdä lopullinen tahtisuunnitelma. Projektin kokonaisvaltainen tahtiaika töille saadaan määriteltyä sen mukaan, millä tahdilla työt etenevät eri tahtialueiden läpi (Frandsen et al., 2013).

Myös Yassine et al. (2014) on esittänyt oman kuuden kohdan mallinsa ja se on hyvin samankaltainen Frandsen et al. (2013) esittämän mallin kanssa. Tässäkin mallissa korostuu jo aikaisessa vaiheessa aloitettu yhteistyö eri urakoitsijoiden kanssa. Näin urakoitsijat saadaan jo heti projektin alussa sitoutettua projektiin paremmin ja suunnitelmat sekä tahtiaikataulut saadaan tehtyä mahdollisimman toimiviksi ja tarkoiksi.

Kehitettävää löytyi myös muilla projektin osa-alueilla. Haastattelujen perusteella hankintojen sovittaminen aikatauluihin tuotti ongelmia silloin, kun aikataulut jostain syystä viivästyivät. Aikataulujen viivästyessä tavarat eivät olleet oikeassa paikassa oikeaan aikaan. Toteutusvaiheessa ongelmia aiheuttivat muutokset ja niiden aiheuttamat aikatauluviiveet. Luovutusvaiheessa ongelmakohdaksi nousi toimintakokeet ja projektin talouden osalta maksuerätaulukot tulisi suunnitella paremmin tahtiaikataulun mukaan. Haastatteluista nousi esille se, että valvontaa tulisi lisätä, jotta ongelmiin pystyttäisiin puuttamaan nopeammin. Myös aiheeseen liittyvässä kirjallisuudessa painotetaan projektien päivittäisen seurannan tärkeyttä. Binneringer et al. (2017) korostaa projektin päivittäisen seurannan tärkeyttä ja sitä, että seuranta tapahtuu siellä, missä arvo luodaan. Myös Haghsheno et al. (2016) mukaan systemaattinen ja lyhyissä sykleissä tapahtuva rakentamisen valvonta on merkittävä menestystekijä rakennusprojekteissa. Yksittäisten työvaiheiden tehokkaalla hallinnalla häiriöt tuotannossa voidaan huomata jo aikaisessa vaiheessa ja niihin ehditään reagoida. Tahtisuunnitelma ei ole kiinteä, se kehittyy jatkuvasti projektin edetessä. Kun työpaketteja valvotaan lyhytsyklisesti, kalliimpien valvontatoimenpiteiden osuus on vähäisempi ja kun koko projektin osalta menetellään samoin, se johtaa riskien pienenemiseen.

Päämääränä tahtiohjaukselle on se, että projektia hallitaan juuri siellä, missä arvoa luodaan. Työmaalla järjestettävät päivittäiset tapaamiset ovat projektin kannalta äärimmäisen tärkeitä sen vuoksi, että kaikki projektin osapuolet olisivat jatkuvasti tietoisia siitä, missä mennään. Työmaapäällikkö järjestää tapaamiset ja ne ovat kestoltaan yleensä noin 15 minuuttia. Tapaamisiin tulisi osallistua kaikki toteutuksesta vastaavat henkilöt. Työntekijöiden osallistuminen tapaamisiin on erittäin tärkeää, jotta kaikki ajankohtainen tieto saadaan esille. Työntekijät otetaan mukaan myös ongelmanratkaisuun. Jatkuvan parantamisen saavuttamiseksi kaikki yksittäiset urakoitsijat on otettava mukaan projektin johtamisprosessiin. Työmaan hallinta tapahtuu

standardoitujen tahtiohjaustaulujen avulla ja näistä tauluista tehdään visualisoinnin avulla mahdollisimman helppolukuisia ja avoimia. Taululle kerätään tietoja projektista aina tapaamisten aikana. Jos tapaamisten aikana esiin nousee ongelmia, valitaan tietty henkilö vastaamaan ongelman ratkaisusta ja seuraamaan sitä (Binninger et al., 2017, Haghsheno et al., 2016, Dlouhy et al., 2016, Holm et al., 2018).

Projektin aikataulun uhatessa viivästyä, on syytä suorittaa erilaisia ohjaustoimenpiteitä, jotta projektin aikataulu saataisiin takaisin tasapainoon. Erilaisia ohjaustoimenpiteitä tahtiohjaukseen on esitetty esimerkiksi Binningerin, Dlouhyn, Steuerin ja Haghshenon (2017) tutkimuksessa. Näiden toimenpiteiden avulla tahtiaikataulussa esiintyviin ongelmiin voidaan reagoida tehokkaasti. Nämä viisi toimenpidettä ovat tahtialueen irrottaminen tuotannosta, puskurivaunujen käyttö, työvaiheiden yhdistäminen, pehmeä aloitus ja tahtijunan pysäyttäminen. Tahtialueen irrottaminen tuotannosta tulee kyseeseen silloin, kun jotain tiettyä tahtialuetta ei pystytä tekemään tahtijunan määräämässä järjestyksessä. Tässä tilanteessa tahtialue voidaan siirtää myöhempään ajankohtaan. Puskurivaunut ovat suunniteltuja puskureita ja niiden avulla voidaan varmistaa projektin vakaus ongelmatilanteissa. Työvaiheiden yhdistämisellä tarkoitetaan sitä, että saman tahtiajan omaavia tuotantoeriä voidaan yhdistää tarvittaessa, jotta aikataulussa olisi vähemmän tyhjiä kohtia. Pehmeällä aloituksella tarkoitetaan sitä, että kaikki tahtijunat eivät ala samalla ajanhetkellä. Tahtijunan pysäyttämällä tarkoitetaan sitä, että rakennustyömaalla työt keskeytyvät siihen asti, että ongelmaan löytyy ratkaisu.

5. YHTEENVETO JA TUTKIMUKSEN ARVIOINTI

Rakennusalaa pidetään yleisesti huonon tuottavuuden omaavana alana. Työmailla on paljon odottelua, ennen kuin päästään varsinaisiin töihin. Aikaa menee huomattavan paljon arvoa tuottamattomaan työhön, eli epäselvyyksien selvittelyyn ja muuhun hukkaan. Tahtituotantoa pidetään yhtenä ratkaisuna rakennusalan heikkoon tuottavuuden selättämiseen ja juuri tämän takia tahtituotannon tutkiminen valikoitui tämän työn aiheeksi.

Tämän diplomityön tarkoituksena oli tutkia sitä, onko tahtituotanto se tehokkain ratkaisu talotekniikan alalla. Työssä käytiin läpi tahtituotannon nykytilaa yrityksessämme sekä erilaisia haasteita tahtituotantoon liittyen ja pohdittiin sitä, voiko tahtituotantoa edelleen kehittää yrityksessä ja jos voi, niin millä keinoilla. Työssä tehtiin myös laaja katsaus tahtituotannon teoriaan ja kerrottiin myös sen historiasta. Tarkoituksena on, että työstä olisi tulevaisuudessa konkreettista hyötyä yrityksen tahtituotantokohteiden parissa työskenteleville toimihenkilöille. Tutkimuksen tärkein osa oli projektipäälliköiden antamat haastattelut ja niiden pohjalta tehty analyysi tahtituotannon toimivuudesta työmailla. Haastattelujen pohjalta saatiin kokonaiskuva siitä, onko tahtituotannossa haasteita ja jos on, niin millaisia ja tämän pohjalta pohdittiin mahdollisia korjaustoimenpiteitä prosesseihin kirjallisuuden ja projektipäälliköiden omien havaintojen kautta. Haastattelujen pohjalta saatiin siis vastaukset tutkimuskysymyksiin.

Tutkimuksen tavoitteena oli, että tutkimusongelma ratkaistaisiin ja tutkimuskysymyksiin löydettäisiin vastaukset. Tutkimusongelmana oli se, että ei oltu tietoisia siitä, tuottaako tahtituotanto tehokkaamman ja taloudellisemman tavan tehdä talotekniikkaurakointia, kuin perinteiset urakointimenetelmät. Tutkimuksen pääkysymyksenä oli:

”Onko tahtituotannolla positiivinen vaikutus tuottavuuteen talotekniikkaurakoinnissa?”.

Pääkysymykseen liittyvät tarkentavat kysymykset olivat

”voidaanko tahtituotannon avulla vähentää hukkaa?” ja

”voidaanko tahtituotannon avulla tehdä laadukkaampaa urakointia nopeammassa aikataulussa?”.

Seuraavissa kappaleissa on esitetty vastaukset näihin tutkimuskysymyksiin. Tutkimuksen rajauksena ja viitekehystenä toimi se, että tässä tutkimuksessa keskityttiin tarkastelemaan tahtituotantoa nimenomaan talotekniikkaurakoitsijan näkökulmasta.

Tutkimuskysymysten vastauksia lähdettiin pohtimaan projektipäälliköiden antamien haastatteluiden perusteella. Haastattelukysymykset oli jaettu viiteen eri osaa, jotka olivat suunnitteluvaihe, hankinnat, toteutusvaihe, luovutusvaihe ja projektin talous. Haastattelun lopuksi kysyttiin vielä yleistä mielipidettä tahtituotannosta ja siitä, pitäisikö tahtituotantoa edelleen kehittää. Haastattelukysymykset lähetettiin projektipäälliköille etukäteen kirjallisena ja varsinaisen haastattelutilanteen sijasta vastaukset sai lähettää myös kirjallisesti, jos haastattelutilanne ei aikataulullisista syistä onnistunut.

Haastattelujen perusteella voidaan sanoa, että tahtituotannolla on positiivinen vaikutus tuottavuuteen talotekniikkaurakoinnissa. Esille nousi paljon eri osa-alueita, joihin tahtiaikataulutuksen käyttö vaikutti positiivisesti. Suunnitelmat toimitettiin ajallaan ja ne olivat toteutuskelpoisia. Virheellisiä suunnitelmia ja toimituksia ei juurikaan tullut. Varastointitarpeen ja hävikin todettiin pienentyneen, tavarantoimitus saatiin hyvin synkronoitua tahtiaikatauluihin ja tavarat tulivat oikeaan paikkaan oikeaan aikaan. Myös virheellisten tilausten määrän todettiin pienentyneen. Asentajaresurssien suunnittelu helpottui ja ennakoitujen resurssit toteutuivat pääasiassa onnistuneesti. Asennusvirheiden ja oman työn tarkistuksessa havaittujen virheiden määrän todettiin pienentyneen, punakynäsarjojen määrä väheni ja vastaanotoissa ei ollut vaateita toisia osapuolia kohtaan. Ammattiosaamisen kohdentamisen todettiin myös helpottuneen. toimintakokeet sujuivat jouhevammin, toteutuskuvat vastasivat paremmin toteutuskuvia ja kohteiden luovutus asiakkaalle sujui helpommin. Projektien budjettien seurannassa ja talouden ennustettavuudessa havaittiin myös kehitystä. Projektit onnistuivat budjetteihin nähden hyvin.

Tutkimuksen pääkysymykseen voidaan vastata kahden tarkentavan kysymyksen avulla. Ensimmäinen tarkentava kysymys on ”voidaanko tahtituotannon avulla vähentää hukkaa?”. Hukka tarkoittaa ei-tuottavaa toimintaa ja hukkaa on määritelty lean-ajattelussa olevan 8 kappaletta. Nämä hukat ovat ylituotanto, odottaminen, turhat kuljetukset, arvoa tuottamattomat toiminnot, ylimääräinen varastointi, virheet, turha liikkuminen ja alihyödynnetty henkilöstö (LCI Finland 2019, Kilpatrick 2003). Haastattelujen perusteella projektien varastointitarve ja hävikki ovat pienentyneet, tavarat tulivat oikeaan paikkaan oikeaan aikaan ja esimerkiksi virhetilausten ja asennusvirheiden määrä on pienentynyt. Myös kohteen luovutuksen todettiin sujuvan helpommin ja projektit onnistuivat hyvin budjetteihin nähden. Näin ollen voidaan päätellä, että tahtituotannon avulla on voitu vähentää hukkaa.

Toinen tarkentava kysymys on ”voidaanko tahtituotannon avulla tehdä laadukkaampaa urakointia nopeammassa aikataulussa?”. Haastattelujen perusteella voidaan sanoa, että tahtiaikataulutukseen perustuvan tuotannon avulla on mahdollista suoriutua urakoista

nopeammassa aikataulussa, mutta vielä tällä hetkellä aikataulut tehdään liian varovaisesti. Kun osaaminen ja tietämys tahtituotannosta kasvavat, aikataulut saadaan laadittua todenmukaisemmin ja tämä johtaa nopeampiin läpimenoaikoihin. Haastattelujen perusteella voidaan myös päätellä se, että tahtiaikataulutukseen perustuvan tuotannon avulla on mahdollista päästä laadukkaampaan lopputulokseen. Tahtituotantoon oleellisesti kuuluvan päivittäisen valvonnan avulla asennusvirheiden määrä saadaan pienemmäksi.

Tutkimuksen pääkysymyksenä on ”Onko tahtituotannolla positiivinen vaikutus tuottavuuteen talotekniikkaurakoinnissa?”. Pääkysymykseen voidaan vastata kahden tarkentavan kysymyksen pohjalta. Tarkentavien kysymysten pohjalta voidaan sanoa, että tahtituotannon avulla voidaan vähentää hukkaa ja tahtituotannon avulla voidaan tehdä laadukkaampaa urakointia nopeammassa aikataulussa. Tämän perusteella voidaan siis sanoa, että tahtituotannolla on positiivinen vaikutus tuottavuuteen talotekniikkaurakoinnissa. Tahtituotantoon perustuvassa urakoinnissa on kuitenkin vielä tiettyjä kompastuskiviä ja jotta päästäisiin mahdollisimman hyvään lopputulokseen, tahtituotanto vaatii vielä kehittämistä. Kun osaaminen tahtituotannon osalta lisääntyy, voidaan päästä entistäkin parempaan laatuun ja nopeampiin läpimenoaikoihin projekteissa.

5.1 Tutkimuksen arviointi

Jotta tutkimuksen arvo voidaan varmistaa, on hyvä arvioida sitä kokonaisuutena. Laadullisen tutkimuksen arvioinnissa voidaan käyttää neljää erilaista näkökulmaa (Yin 2003):

- Rakenteellinen validiteetti
- Sisäinen validiteetti
- Ulkoinen validiteetti
- Reliabiliteetti

Validiteetti eli pätevyys kuvastaa sitä, millainen kysy tutkimuksen menetelmällä on mitata juuri sitä, mitä suunniteltiin mitattavan. Validiteetin kannalta oleellisia asioita ovat tutkimuksen tutkimusmenetelmät sekä tutkimusaineiston luotettavuus ja kattavuus. Rakenteellisella validiteetilla kuvataan tutkimuksen kausaalisuhteiden oikeellisuutta eli tutkimuksen rakenteen soveltuvuutta tutkimuskohteen tutkimiseen. Sisäisellä validiteetilla kuvataan tutkimusaineiston ja tutkimusmenetelmän sekä tutkimustulosten välistä luotettavuutta. Tällä kuvataan siis sitä, onko lähtötietojen pohjalta mahdollista

saada tuloksia ja ovatko tulokset käyttökelpoisia. Ulkoisella validiteetilla tarkoitetaan sitä, voidaanko tuloksia yleistää laajemmassa kontekstissa. Reliabiliteetilla kuvataan sitä, onko tutkimus mahdollista toistaa (Uusitalo 1991, Hirsjärvi et al., 2007).

Tapaustutkimuksen arvioimisessa on erilaisia arviointikriteereitä. Arviointikriteerit ovat vaihtelevia ja niitä on sekä perinteisiä että vaihtoehtoisia. Ensimmäinen arviointikriteeri käsittelee tutkimuskysymystä. Tutkimuskysymyksen on herätettävä kiinnostusta ja sen on myös mielellään oltava yhteiskunnallisesti merkittävä. Tutkimuskysymys voi olla kiinnostava eri näkökulmista tarkasteltuna, esimerkiksi teoreettisesti, käsitteellisesti tai vaikkapa tutkimukseen osallistuvien osapuolten näkökulmasta. Tutkimuskysymys voi olla kiinnostava myös poliittisesti, taloudellisesti tai kansallisesti. Tutkittavan tapauksen tulisi käsitellä yleisluontoista ilmiötä tai olla muuten ainutlaatuinen jonkin toimijan näkökulmasta. Tapaustutkimuksen suunnittelu, toteutus ja loppuun saattaminen tulee tehdä huolellisesti. Tapaustutkimus tulee rajata perustellusti ja lukija on vakuutettava sen suhteen, että kaikki oleelliset aineiston on käsitelty tutkimuksessa. Tutkimuksen kiinnostavuutta voidaan lisätä tarkastelemalla aineistoa erilaisista näkökulmista. Aineisto on analysoitava riittävän huolellisesti, jotta ehdotetuille tuloksille on riittävä näyttö. Tapaustutkimuksen tekee onnistuneeksi se, että raportointi on vakuuttavaa, luotettavaa, uskottavaa ja mielenkiintoista (Eriksson & Koistinen 2014).

Aineisto tähän tutkimustyöhön on kerätty puolistrukturoitujen haastattelujen avulla yrityksen projektipäälliköiltä. Aineisto päätettiin kerätä haastattelujen avulla, sillä haluttiin kerätä kohdistetusti tietoa aiheesta ja projektipäälliköillä on paras käsitys siitä, miten tahtiaikataulutukseen perustuva tuotanto tällä hetkellä toimii projektien osalta. Yinin (1994) mukaan haastattelulla on aineistolähteenä erilaisia kompastuskiviä. Näitä ovat kysymysten heikko laatu, virheet vastauksissa, virheellisen tiedon tallennus sekä haastattelijan vaikutus haastattelun kulkuun. Haastattelukysymyksiä käytiin läpi ennen varsinaisia haastattelutilanteita yrityksen toimitusjohtajan kanssa haastattelun laadun varmistamiseksi. Tällä haluttiin varmistaa se, että haastattelukysymykset sisältäisivät kaiken oleellisen aiheeseen liittyen. Haastattelutilanteet nauhoitettiin, jotta kaikki oleellinen tieto saatiin varmasti dokumentoitua. Lisäksi haastattelija teki vielä omia kirjallisia muistiinpanoja haastattelusta ja laittoi muistiin tärkeimpiä havaintoja haastattelun aikana. Haastattelutilanteessa haastattelija ei puuttunut vastauksiin tai esittänyt lisäkysymyksiä, jotta haastattelijan oma vaikutus vastauksiin saatiin minimoitua. Haastateltavilla oli ennakkoon tiedossa tutkimuksen tarkoitus ja tämä saattoi osaltaan vaikuttaa vastauksiin. Haastattelukysymysten asettelussa onnistuttiin hyvin, sillä niiden avulla saatiin vastaukset kaikkiin tutkimuksen kannalta oleellisiin kysymyksiin ja näiden pohjalta pystyttiin tekemään johtopäätöksiä tutkimuskysymyksiä ajatellen.

Tutkimuksen validiteettiin vaikuttaa merkittävästi se, keitä valitaan haastateltaviksi. Haastateltaviksi valittiin ne projektipäälliköt, joilla oli tutkimuksen tekovaiheessa hoidettavanaan tai joilla oli jo aiemmin ollut hoidettavanaan projekti, jossa oli käytössä tahtiaikataulutukseen perustuva tuotanto. Projektioorganisaatiosta haluttiin nimenomaan haastatella projektipäälliköitä, sillä heillä on paras mahdollinen käsitys projektien tilanteista ja ymmärrystä tahtituotantoon liittyvistä asioista. Projektipäällikoillä on laaja kokemus alasta ja heillä on vertailukohtanaan useita eri tuotantotavoilla toteutettuja projekteja.

Tämän tutkimuksen tuloksia voidaan yleistää moniin erilaisiin kohteisiin, sillä haastateltavien projektipäälliköiden vastuulla oli toisistaan poikkeavia kohteita. Tutkimuksen tulokset eivät ole myöskään sidottuna tiettyyn paikkakuntaan, joten tuloksia voi yleistää koskemaan talotekniikkaa koko Suomessa. Täytyy kuitenkin ottaa huomioon se, että jos haastateltaviksi olisi valittu muita projektioorganisaation osapuolia kuin projektipäälliköitä, tulokset voisivat olla erilaisia. Esimerkiksi projekti-insinööreiltä tai kärkimiehiltä saadut vastaukset voisivat olla poikkeavia verrattuna projektipäälliköiden vastauksiin.

Tutkimuksen tavoitteena oli löytää tutkimuskysymyksiin vastaukset. Kuten aiemmin jo todettiin, tuottavuuden määrittelemisen rakennusalalla on hankalaa. Tutkimuskysymyksiin pystyttiin kuitenkin haastatteluiden perusteella löytämään vastaukset ja voidaan todeta tahtituotannolla olevan positiivisia vaikutuksia tuottavuuteen. Haastatteluista saatuja tuloksia tukivat myös kirjallisuudesta löydettyt esimerkit. Tämän osalta voidaankin siis sanoa, että tutkimus onnistui. Tutkimuksen luotettavuutta on pohdittu omassa kappaleessaan.

5.2 Tutkimuksen luotettavuus

Kvalitatiivisessa tutkimuksessa keskeinen osa-alue on tutkimuksen luotettavuuden kriittinen arviointi (Golafshani 2003). Kun tutkimuskysymyksiä määriteltiin, nousi ongelmaksi se, miten tuottavuutta lähdetään työssä arvioimaan. Rakennusalalla tuottavuuden arviointiin ei ole yksiselitteistä tapaa, joten lukujen pohjalta tapahtuvan arvioinnin ei todettu olevan tarpeeksi luotettava tapa vastata tutkimuskysymyksiin. Tämän vuoksi tutkimuskysymyksiin päätettiin lähteä etsimään vastauksia projektipäälliköiden haastattelujen kautta. Haastattelu toteutettiin puolistrukturoituna haastatteluna sen vuoksi, että kaikki projektipäälliköt vastaisivat samoihin kysymyksiin, mutta haluttiin myös vapaampaa keskustelua aiheesta. Haastatteluja pidettiin yhteensä neljä kappaletta.

Työhön kerättiin paljon tietoa tahtituotannosta ja sen toimivuudesta kirjallisuuden ja haastatteluiden avulla. Teoriaosuuden aineistoon pyrittiin valitsemaan mahdollisimman luotettavia tietolähteitä. Haastattelukysymyksiä oli melko paljon ja aihealueet olivat laajoja. Haastattelukysymysten avulla oli tarkoitus selvittää mahdollisimman laajasti tahtiaikataulutukseen perustuvan tuotannon toimivuutta ja projektipäälliköiden näkemys tämänhetkisestä tilanteesta. Koska jokainen ymmärtää kysymykset omalla tavallaan ja kaikki haastattelutilanteet poikkeavat toisistaan, haastatteluista saatavia tuloksia voidaan pitää suuntaa antavina. Myös henkilöiden ennakkoasenteet tahtituotantoa kohtaan voivat vaikuttaa tuloksiin jonkin verran. Tahtituotantokohteissa työskenteleviä projektipäälliköitä ei työn kirjoitusvaiheessa ollut vielä kovin montaa, joten vastausten määrä jäi melko vähäiseksi, otantaa kasvattamalla tutkimuksen luotettavuus olisi ollut parempi. Vastausten avulla pystyttiin kuitenkin päättämään vastaukset tutkimuskysymyksiin, sillä kaikki haastattelut olivat hyvin yhteneväisiä sen suhteen, että tahtituotanto voi oikein toteutettuna olla avain parempaan tuottavuuteen rakennusallalla. Haastatteluista myös nousi selkeästi esille tiettyjä osa-alueita, joihin tahtituotannolla on jo nyt pystytty vaikuttamaan positiivisesti. Haastatteluissa oltiin myös hyvin yhteneväisiä tahtituotantoon liittyvien kehityskohteiden suhteen ja haastateltavien näkemykset näiden osa-alueiden kehittämistä vastasivat hyvin kirjallisuuden kautta esitettyjä ratkaisuehdotuksia. Haastatteluiden myötä kävi myös ilmi, että kaikki haastateltavat olivat hyvin perillä tahtituotannon periaatteista ja tämä lisää tutkimuksen luotettavuutta.

Tahtiaikataulutukseen perustuva tuotanto on vielä suhteellisen uusi menetelmä ja vastaavanlaisia tutkimuksia aiheesta ei ole vielä tehty. Tämän vuoksi tutkimuksen tuloksia ei voitu vertailla muihin tutkimuksiin ja niistä saatuihin tuloksiin. Tämän tutkimuksen tulokset perustuivat haastatteluihin eikä esimerkiksi tarkempiin mittauksiin tuottavuuden osalta. Jos tuottavuutta lähdetäisiin tutkimaan rahallisten mittareiden kautta, voitaisiin näitä tuloksia verrata haastatteluista saatuihin tuloksiin ja arvioida, tukevatko ne toisiaan.

5.3 Jatkotutkimusehdotukset

Tietämys tahtiaikataulutukseen perustuvasta tuotannosta ja siihen liittyvistä haasteista on lisääntynyt tämän tutkimustyön myötä. Tutkimuksen päätavoitteena oli selvittää, onko tahtituotannolla positiivisia vaikutuksia rakentamisen tuottavuuteen. Aihetta lähestyttiin tutkimalla sitä, onko tahtituotannolla saatu hukkaa vähennettyä ja onko päästy laadukkaampaan lopputulokseen nopeammassa aikataulussa.

Tämä tutkimus keskittyi vahvasti tahtituotannon teoriaan ja sen tuottavuuteen, mutta esille nousi myös muutamia mahdollisia jatkotutkimusehdotuksia aihetta sivuten.

Tahtituotanto on vielä verraten uusi asia rakennusalalla ja sen osalta löytyykin varmasti vielä paljon mielenkiintoista tutkittavaa. Jatkotutkimuksessa voisi selvittää esimerkiksi sitä, miten tahtituotanto implementoidaan yrityksessä. Samoin tahtiaikataulujen ongelmakohtien selvittäminen voisi olla tarpeellista yhä toimivampien tahtiaikataulujen saavuttamiseksi. Myös tahtiaikataulujen tahtien määrittelyyn olisi mielekästä syventyä tarkemmin. Tulevaisuutta varten myös tahtiaikataulujen seurannan palautteeseen olisi mielenkiintoista syventyä tarkemmin.

LÄHTEET

Alukal, G. (2003) 'Create a lean, mean machine', Quality Progress.

Amplit Oy. 2019. Yritys. Osoitteessa: <https://amplit.fi>. Viitattu 26.11.2019

Barbosa, F., Woetzel, J., Mischke, J., Ribeirinho, M.,J., Mukund, S., Parsons, M., Bertram, N. & Brown, S. (2017) "Reinventing construction through a productivity revolution", McKinsey Global Institute, USA

Bernstein, H. (2003) 'Measuring Productivity: An Industry Challenge', Civil Engineering—ASCE.

Binninger, M. et al. (2017) 'Adjustment mechanisms for demand-oriented optimisation in Takt Planning and Takt Control', in IGLC 2017 - Proceedings of the 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. doi: 10.24928/2017/0086.

Binninger, M., Dlouhy, J. and Haghsheno, S. (2017) 'Technical Takt Planning and Takt Control in construction', in IGLC 2017 - Proceedings of the 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. doi: 10.24928/2017/0297.

Bryman, A. 2012. Social research methods. 4. painos. Oxford university press. 766s.

Dlouhy, J. et al. (2016) 'Three-level method of takt planning and takt control - A new approach for designing production systems in construction', in IGLC 2016 - 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction.

Dlouhy, J., Oprach S., Binninger M., Richter, T., Haghsheno S. (2018) 'Using taktplanning and taktcontrol in production projects - Comparison of construction and equipment phases', in IGLC 2018 - Proceedings of the 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction: Evolving Lean Construction Towards Mature Production Management Across Cultures and Frontiers. doi: 10.24928/2018/0477.

Emdanat, S., Linnik, M. and Christian, D. (2016) 'A framework for integrating takt planning, last planner system and labor tracking', in IGLC 2016 - 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction.

Eriksson P., Koistinen, K. (2014) 'Monenlainen tapaustutkimus'. Kuluttajatutkimuskeskus, tutkimuksia ja selvityksiä.

Fransson, A., Berghede, K. and Tommelein, I. D. (2013) 'Takt time planning for construction of exterior cladding', in 21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2013, IGLC 2013.

Fransson, A., Berghede, K. and Tommelein, I. D. (2014) 'Takt-time planning and the Last Planner', in 22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction: Understanding and Improving Project Based Production, IGLC 2014.

Golafshani, N. (2003). Understanding reliability and validity in qualitative research. Qualitative Report, 8, 597–606.

Haghsheno, S. et al. (2016) 'History and theoretical foundations of takt planning and Takt control', in IGLC 2016 - 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction.

Heinonen, A. and Seppänen, O. (2016) 'Takt time planning in cruise ship cabin refurbishment: Lessons for lean construction', in IGLC 2016 - 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2007. Tutki ja kirjoita. 13 painos. Helsinki, Tammi. 448 s.

Hirsjärvi, Sirkka et al. (2007). Tutki ja kirjoita. Vol. 13. Helsinki: Tammi. ISBN: 978-951-26-5635-6

Holm, H., Van Veen, A., Wertebach, S., Johansen, P., 2018. Lean methodology in design and construction.

Kilpatrick, J. (2003) 'Lean Principles', Transportation.

Koskenvesa, A. 2011. Rakennustyön tuottavuus 1975-2010. Rakennustieto. Rakentajan kalenteri.

Lean construction institute Finland. Rain2-hanke. Osoitteessa <http://lci.fi/tutkimuskehitys/rain2/>. Viitattu 1.3.2020.

Liker, J. K. (2004) The Toyota Way. 14 Management principles from the world's greatest manufacturer. 1. ed. McGraw-Hill. United State of America.

Linnik, M., Berghede, K. and Ballard, G. (2013) 'An experiment in takt time planning applied to non-repetitive work', in 21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2013, IGLC 2013.

Marzouk, M., Bakry, I. and El-Said, M. (2011) 'Application of lean principles to design processes in construction consultancy firms', International Journal of Construction Supply Chain Management. doi: 10.14424/ijcscm101011-43-55.

Park, H.-S. (2006) 'Conceptual framework of construction productivity estimation', KSCE Journal of Civil Engineering. doi: 10.1007/bf02830084.

Pekuri, A., Haapasalo, H. and Herrala, M. (2011) 'Productivity and Performance Management – Managerial Practices in the Construction Industry', International Journal of Performance Measurement.

Rakennusalalla työn tuottavuus ei ole kasvanut 40 vuodessa – onko allianssista tai leanista apua?. Lohilahti, Oona. Rakennuslehti 4.9.2017. <https://www.rakennuslehti.fi/2017/09/rakennusalalla-tyon-tuottavuus-ei-ole-kasvanut-40-vuodessa-onko-allianssista-tai-leanista-apua/> Viitattu 19.1.2020.

Rakennustyömailla 80 prosenttia työajasta on yhä odottelua. Törmänen Eeva. Talouselämä 9.6.2018. (<https://www.talouselama.fi/uutiset/rakennustyomailla-80-prosenttia-tyoajasta-on-yha-odottelua/746c278d-8ffb-3a7c-acec-65cd281a6087>) Viitattu 21.11.2019.

Rakentamisen surkealle tuottavuudelle selitys – Professori: "Työajasta vain 30 prosenttia tuottavaan työhön". Kauppalehti. Olli Herala. 1.4.2018. (<https://www.kauppalehti.fi/uutiset/rakentamisen-surkealle-tuottavuudelle-selitys->

professori-tyoajasta-vain-30-prosenttia-tuottavaan-tyohon/5e062e27-4596-3b91-8a2d-93a96c63b6d0) Viitattu 21.11.2019.

Saaranen-Kauppinen A., & Puusniekka A. 2006. KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto [verkkajulkaisu]. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto [ylläpitäjä ja tuottaja]. <<https://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/>>. Viitattu 03.12.2019.

Tuomi J., Sarajärvi A. 2018. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Tammi.

Uusitalo H (1991) Tiede, tutkimus ja tutkielma. Johdatus tutkielman maailmaan. Juva, WSOY.

Vatne, M. E. and Drevland, F. (2016) 'Practical benefits of using Takt time planning: A case study', in IGLC 2016 - 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction.

Womack, J. & Jones, D. 1996. Lean Thinking – Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. New York, NY: Free Press, Simon & Schuster, Inc., Second Edition, 2003.

Yassine, T. et al. (2014) 'Implementing takt-time planning in construction to improve work flow', in 22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction: Understanding and Improving Project Based Production, IGLC 2014.

Yin R (1994) Case study research: Design and methods (2nd ed.) Thousand Oaks, CA: Sage Publishing.

Yin R (ed) (2003) Case study research: design and methods. USA, Thousands Oaks.

LIITE A

Haastattelu

Suunnitteluvaihe

- Oliko suunnitelmat sovitettu tahtiaikatauluun?
- Toimitettiinkö suunnitelmat ajallaan ja olivatko ne toteutuskelpoisia?
- Tuliko virheellisiä toimituksia/suunnitelmia?
- Jos suunnitelmien kanssa oli ongelmia, mitä korjaavia toimenpiteitä tehtiin?

Hankinnat

- Saatiinko tavarantoimitus synkronoitua tahtiaikatauluun?
- Vähenikö varastointitarve ja hävikki?
- Tuliko tarvikkeet oikeaan paikkaan oikeaan aikaan?
- Vähenikö virhetilauusten määrä?
- Jos tavarantoimituksessa oli ongelmia, mitä korjaavia toimenpiteitä tehtiin?

Toteutusvaihe

- Oliko asentajaresurssien suunnittelu helpompaa?
- Toteutuivatko ennakoidut resurssit tahtiaikataulussa?
- Vähenikö asennusvirheiden määrä?
- Havaittiin oman työn tarkistuksessa vähemmän virheitä?
- Helpottuiko ammattiosaamisen kohdentaminen?

Luovutusvaihe

- Sujuiko toimintakokeet paremmin?
- Oliko järjestelmien toimivuudessa ja virheellisissä suorituksissa eroa käyttöönottovaiheessa?
- Helpottuiko käyttöönottovaihe?
- Oliko punakynäsarjoja vähemmän?
- Vastasivatko toteutuskuvat paremmin suunnitelmakuvia?
- Vähenikö vastaanoton vaateet?
- Oliko käsittelemättömien lisä- ja muutostöiden määrässä eroa?

- Helpottuiko kohteen luovutus asiakkaalle?
- Oliko toisia osapuolia kohtaan olevia vaateita vähemmän?

Projektin talous

- Havaittiinko budjetin seurannassa eroja?
 - Rahoittiko projekti paremmin itsensä?
 - Projektin onnistuminen budjettiin nähden? (jos kohde valmis)
 - Paraniko projektin talouden ennustettavuus?
-
- Mitä mieltä olet tahtiakataulutukseen perustuvasta tuotannosta ja kannattaako sitä edelleen kehittää?