

Sakari Aarnio

TAHTITUOTANTOA EDELTÄVÄN PROJEKTINOHJAUSPROSESSIN EDELTYKSET

Diplomityö
Marraskuu 2019

TIIVISTELMÄ

Sakari Aarnio: Tahtituotantoa edeltävän projektinohjausprosessin edellytykset
Diplomityö, 60 sivua, 2 liitesivua
Tampereen yliopisto
Rakennustekniikan diplomi-insinöörin koulutusohjelma
Rakennustuotanto
Marraskuu 2019

Avainsanat: tahti, lean, rakentaminen, suunnittelu, suunnittelun virtautus, sopimus, tilaaja

Rakentamisen tuottavuus on pysynyt vuosikymmeniä samana. Rakentamisen tuottavuutta on pyritty parantamaan lean-ajattelun avulla. Lean-ajattelun yhtenä kulmakivenä on virtaus, johon pyritään tahdittamalla tuotantoa. Rakentamisessa tahdittaminen on haastavaa rakentamisen kompleksisuudesta takia. Tahdittamista varten käytetään tahtisuunnittelua, joka on tuotannon suunnittelua tahteja hyödyntäen. Tuotannosuunnittelulle on ominaista, että pyritään hyödyntämään urakoitsijoiden ja tuotetoimittajien ammattitaitoa osana suunnittelua. Virtauksen luomiseen tahdittamalla rakennustuotantoa pyritään pienentämällä työmaalla käytettävien resurssien käyttöasteita. Suomessa tahtituotannon käyttö rakentamisessa on tällä hetkellä usein pääurakoitsijalähtöistä eikä hankkeen tilaajasta lähtöistä. Rakennusurakoitsija pyrkii tahtituotannolla saavuttamaan tuotantoetua muihin rakennusliikkeisiin nähden, saavuttamaan laadukkaamman lopputuotteen ja paremman katteen toiminnalleen.

Tämän diplomityön tarkoituksena on selvittää, miten A-Insinöörit Rakennuttaminen Oy tilaajan edustajana pystyy tilaamaan tahtituotannon mukaan rakennushankkeisiin tavoitteena maksimoida tahtituotannolla saavutettavat hyödyt sekä lisättyä rakennushankkeen läpiviennin virtausta. Tutkimus on rajattu koskemaan suunnittelun ja sopimusten valmistelun vaihetta. Työssä selvitetään mitkä ovat keinot, joilla voidaan varmistaa suunnittelunohjauksessa, että tahtituotanto onnistuu työmaalla. Työn tarkoituksena on myös selvittää, mitä tilaajaorganisaation tulee sopimusasiakirjoihin kirjata, jotta tahtituotanto voidaan edellyttää suunnittelijoilta ja urakoitsijoilta siten, että tahtituotannon käyttö on mahdollisimman tehokasta. Yritys haluaa kehittää uusia toimintatapoja, joilla tilaaja saa rakennushankkeensa laadukkaammaksi ja tuottamaan aikaisemmin. Yrityksellä on halu kehittää rakentamisen tuottavuutta ja laatua.

Tutkimusmenetelmänä on käytetty kirjallisuustutkimusta ja puolistrukturoitua teemahaastattelua. Kirjallisuustutkimuksessa on tunnistettu suunnittelulle, sopimuksille ja tahtituotannolle ominaisia piirteitä ja miten niitä pitäisi huomioida suunnittelussa ja sopimuksissa. Teemahaastattelun avulla kerättiin tietoa urakoitsijoiden edustajilta, jotta saadaan tietoon urakoitsijoiden kohtaamia ongelmia suunnitelmissa ja työmaalla. Lisäksi haastattelututkimuksen tarkoituksena oli selvittää, mitkä ovat olleet ongelmia sopimusvaiheessa. Haastattelujen vastauksia analysoimalla pyrittiin löytämään suurimmat ongelmat, joita rakennustyömailla on tullut tahtituotannon näkökulmasta eteen työmaan, suunnitelmien ja sopimusten näkökulmasta katsottuna. Haastattelutuloksien perusteella pyrittiin löytämään keinoja, joilla tilaajaorganisaatio voi varmistua siitä, että suunnitelmat ja sopimukset ovat oikeanlaiset, jotta tahtituotanto onnistuu työmaalla mahdollisimman tehokkaasti sekä suunnittelijat ja urakoitsijat saadaan sitoutumaan tahtituotantoon.

Tämän tutkimuksen jälkeen huomiot tulisi testata myös käytännössä, jolloin saataisiin varmuus toimenpiteiden oikeellisuudesta. Käytännön testauksen jälkeen voidaan hioa tahtituotannon tilaamista rakennushankkeisiin oikeaan suuntaan.

ABSTRACT

Sakari Aarnio: The Project Control Process of Takt Production
Master of Science Thesis, 60 pages, 2 Appendix pages
Tampere University
Master's Degree in Civil Engineering
Construction Production
November 2019

Productivity of the construction has remained the same for decades. Lean thinking has been used to improve the production. One of the corner stone of the Lean thinking is flow that is sought by using takt production. In construction, using the takt is difficult due to the complexity of the construction. For takt, takt time planning is used, which is production planning utilizing takt. Takt time planning is characterized by seeking to utilize the expertise of contractors and product suppliers as part of the planning process. By creating the flow of construction, the aim is to reduce the utilization rates of resources used to site. At the moment, the use of takt production in construction is often based on the main contractor in Finland and not on the originator of the project. A construction contractor strives to achieve production advantage over other construction companies through synchronous production to achieve a higher quality product and better profitability.

The purpose of this Master thesis is to find out how A-Insinöörit Rakennuttaminen Oy as a customer's representative, can outsource the takt production to the construction projects with the aim of maximizing the benefits of takt production and the increased flow of the construction project. The research is limited to the design and contract preparation phase. The work explores the means to ensure in design control that takt production is successful on site. The purpose of this thesis is also to find out what the contracting organization should include in the contract documents in order to be able to require takt production from designers and contractors so that the use of takt production is as efficient as possible. The company wants to develop new ways in which the customer organization can complete its construction project earlier. In addition, the company has a desire to improve the productivity and quality of construction.

The research methods used are a literature review and a semi-structured theme interview. The literature study has identified the characteristics of design, contracts and takt production and how they should be considered in design and contracts. A theme interview was used to gather information from contractors' representatives to identify problems encountered by contractors in their plans and at the site. In addition, the purpose of the interview study was to find out what the problems were during the contract phase. The analysis of the response to the interviews sought to identify the major problems that construction sites have encountered in terms of takt production in terms of site, plans and contracts. Based on the results of the interviews, efforts were made to find ways in which the contracting organization can ensure that the plans and contracts are the right ones to succeed in the on-site production and to engage the contractor and subcontractors in the production.

After this research the observations should also be tested in practice, to ensure that the measures are suitable. After practical testing, it is possible to refine the direction of takt production in construction projects in the right direction.

Keywords: takt, lean, construction, design, flow in the design process, contract, originator

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Tampereen Yliopiston diplomityön vaatimusten mukaan A-Insinöörit Rakennuttaminen Oy:lle. Työn tarkoituksena oli selvittää, miten A-Insinöörit Rakennuttaminen Oy ja tilaajaorganisaatio voivat tilata tahtituotannon mukaan rakennushankkeeseen suunnittelun ja sopimusten avulla. Työ on toteutettu kirjallisuustutkimuksen ja haastattelututkimuksen avulla. Työ on ollut mielenkiintoinen projekti ja antanut hienon mahdollisuuden oppia tahtituotannosta ja sen hyödyntämisestä rakennustuotannossa.

Haluan kiittää A-Insinöörit Rakennuttaminen Oy:tä mahdollisuudesta tehdä diplomityöni heille mielenkiintoisesta aiheesta. Erityiskiitos työni mahdollistaneelle Tampereen yksikönjohtaja Petri Moksénille sekä työni ohjanneille Unto Hartikaiselle ja Marko Yli-Rantalalle erinomaisesta ohjauksesta. Lisäksi haluan kiittää kaikkia haastattelututkimukseeni osallistuneita mielenkiinnosta tutkimustani ja rakennusalan kehitystä kohtaan. Suuri kiitos kuuluu myös Tampereen yliopiston professori Arto Saarelle työni ohjaamisesta ja tarkastamisesta.

Lisäksi haluan kiittää perhettäni kannuksesta opiskeluun ja tuesta opiskelun ja diplomityön teon aikana. Erityiskiitos myös kaikille ystäville ja opiskelukavereilleni, teitte opiskeluvuosista ikimuistoiset.

Tampereella, 19.11.2019

Sakari Aarnio

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO.....	1
1.1 Tausta.....	1
1.2 Tavoitteet ja rajaus.....	2
1.3 Tutkimusmenetelmä ja -aineisto.....	3
1.4 Työn rakenne.....	3
2. LEAN JA TAHTI RAKENTAMISESSA.....	5
2.1 Lean.....	5
2.2 Lean rakentamisessa.....	6
2.3 Tahti.....	8
2.3.1 Tahtisuunnittelu.....	10
2.3.2 Virtauttaminen.....	15
3. TAHTITUOTANNON VAATIMUKSET SUUNNITTELUUN JA SOPIMUKSIIN.....	17
3.1 Rakennushanke.....	17
3.2 Suunnittelu ja suunnittelunohjaus.....	18
3.2.1 SUKE.....	22
3.2.2 Sopimukset.....	27
3.2.3 Suunnittelun ja sopimusten virtautus.....	32
3.3 Tilaajan riskit tahtiaikatoteutuksessa.....	33
3.4 Tilaajan hyödyt tahtitoteutuksessa.....	34
4. SUUNNITTELUNOHJAUKSEN SEKÄ VALMISTELUN INTEGROINTI TAHTITUOTANTOON HAASTATTELUTUTKIMUS.....	36
4.1 Haastattelututkimuksen toteuttaminen.....	36
4.2 Aineiston tulkinta.....	39
4.3 Tutkimuksen arviointi ja kritiikki.....	40
5. HAASTATTELUJEN TULOKSET.....	41
5.1 Tahtituotannon haasteet rakentamisessa.....	41
5.2 Tahtituotannon vaatimusten haasteet sopimusvaiheessa.....	42
5.3 Tahtituotannon vaatimusten haasteet suunnittelussa.....	43
5.4 Tulosten yleistettävyys.....	45
6. LOPPUPOHDINTA.....	47
6.1 Tahtituotannon huomioiminen sopimuksissa.....	47
6.2 Tahtituotannon huomioiminen suunnittelussa.....	51
7. TUTKIMUKSEN TARKASTELU.....	54
7.1 Johtopäätökset.....	54
7.2 Jatkotutkimusehdotukset.....	55
8. LÄHDELUETTELO.....	57
9. LIITTEET.....	60

KUVALUETTELO

<i>Kuva 1 Toyotan Production System -talo (Liker, 2004)</i>	<i>5</i>
<i>Kuva 2 Tahtiaikataulu (Linnik et. al., 2013)</i>	<i>9</i>
<i>Kuva 3 Tahtisuunnittelun hyödyt (Linnik et. al., 2013)</i>	<i>13</i>
<i>Kuva 4 Esimerkki tahtialueista (Dlouhy et. al., 2016)</i>	<i>14</i>
<i>Kuva 5 Tahtituotannon tuotantojuna (Haapasalo et.al., 2018).....</i>	<i>15</i>
<i>Kuva 6 Kustannusten määräytyminen ja kertyminen (Junnonen & Kankainen 2010).....</i>	<i>18</i>
<i>Kuva 7 Suunnittelunjohdon ohjausmetodiikka (RT 13-11120, 2013)</i>	<i>20</i>
<i>Kuva 8 LSH-aikataulu suunnittelunohjauksen avuksi (A-Insinöörit Oy, 2007).....</i>	<i>21</i>
<i>Kuva 9 Suunnitelmien kehittyminen hankintaprosessin eri vaiheissa (Kruus et. al., 2006).....</i>	<i>26</i>
<i>Kuva 10 Urakkasopimuksen syntyminen (Kankainen & Junnonen, 2010).....</i>	<i>29</i>
<i>Kuva 11 Tahdin tilaaminen rakennushankkeeseen</i>	<i>49</i>
<i>Kuva 12 Tilaajan keinot kirjata tahtituotanto urakkasopimukseen.....</i>	<i>50</i>
<i>Kuva 13 Tilaajan edellytykset suunnittelulle tahtituotannon onnistumiseksi.....</i>	<i>53</i>

LYHENTEET JA MERKINNÄT

IGLC	International Group for Lean Construction
JIT	Just In Time, juuri oikeaan aikaan
LSH	Lähtötieto, suunnittelu, hankinta
RAIN	Rakentamisen integraatiomekanismit
ROTI 2019	Rakennetun omaisuuden tila 2019 -loppuraportti
RT	Rakennustieto
SUKE	Suunnittelun kehittäminen projektinjohtorakentamisessa
TPS	Toyota Production System
TTP	Takt Time Planning, tahtiaikasuunnittelu

1. JOHDANTO

1.1 Tausta

Tämä diplomityö käsittelee tahtituotantoa edeltävää projektinohjausprosessia. Työ keskittyy suunnittelun ja valmistelun vaiheeseen tilaajan näkökulmasta katsottuna. Työn ensimmäinen luku sisältää johdannon. Johdanto alkaa taustoittamalla tutkimusta, jonka jälkeen esitetään tutkimuksessa käytettävät tavoitteet ja mihin tutkimus on rajattu. Näiden jälkeen käsitellään tutkimusmenetelmät ja -aineisto, jonka jälkeen kerrotaan työn rakenne.

Tuoreimman Rakennetun omaisuuden tila (ROTI) 2019 -raportin mukaan Suomen kansallisvarallisuudesta rakennuksiin on sitoutunut noin 45 prosenttia, joka vastaa noin 500 miljardia euroa. Samaan aikaan kiinteistö- ja rakentamisala työllistää lähes 500 000 ihmistä Suomessa välittömästi ja välillisesti. Rakennetulla ympäristöllä on myös suuri vaikutus ilmastonmuutoksen hillitsemiseen ja siihen sopeutumiseen. (ROTI, 2019) Rakennettuun ympäristöön investoidut eurot tuottavat itsensä kaksinkertaisina takaisin, johtuen muun muassa pienentyneinä logistiikka- ja työvoimakustannuksina. Kansantalouden kannalta on kallista olla tekemättä mitään, sillä kaiken kaikkiaan laiminlyönnit suorina ja välillisinä vaikutuksina vuositasolla ovat suuruudeltaan noin 5,7 miljardia euroa. (ROTI, 2019)

Rakennusalaalla työn tuottavuus on jäänyt 1970-luvulle samaan aikaan, kun teollisuudessa työn tuottavuus on yli nelinkertaistunut. Työn tuottavuutta on yritetty kasvattaa osapuolien sitouttamisella hankkeeseen ja vuoropuhelua lisäämällä hankkeen osapuolien kesken. Korjausrakennustyömailla työntekijällä voi olla vain kymmenen prosenttia tehokasta työaikaa ja 60 prosenttia menee hukkaan työkalujen, materiaalien, esimiesten etsimiseen tai väärin tehdyn työn purkamiseen. Tuottavuudella on suora yhteys rahaan ja rakentamisen kustannuksiin. (Rakennuslehti, 2017)

Rakentaminen on muuttunut yhä kompleksisemmaksi, sillä rakentamisessa, sekä suunnittelussa että toteutuksessa, tuotteiden, osapuolien, lainsäädännön ja työkalujen vaatimukset ovat monimutkaistuneet ja tarkentuneet. (Raunama, 2015) Samaan aikaan rakennustuotannon tuotannonohjauksen metodiikka on jäänyt 1990-luvulle. Suunnittelussa on myös havaittavissa haasteita rakentamisen kompleksisuudesta

johtuen osittain talotekniikan merkittävästä lisääntymisestä, joka on tuonut merkittävän haasteen suunnittelun yhteensovittamiselle. (Raunama, 2015) Tuotannonohjauksen metodiikkaa ja periaatteita on sovellettu vuosien saatossa. Aikataulusuunnittelussa luotetaan pääosin perinteiseen viikkosuunnitteluun päiväkohtaisesti paikka-aikakaavion avulla. Tällöin työmaalla pitää olla seuraaville työvaiheille tarpeeksi työskentelymahdollisuuksia ja samaan aikaan pitää saada työntekijöiden odotusaika minimoitua. (Rakennuslehti, 2017) Tämän lisäksi rakentamiseen on yritetty Suomessa jo 1990-luvulta lähtien tuoda Lean-ajattelua ja virtaukseen perustuvaa rakennustuotantoa, jonka pääperiaatteena on jatkuva jalostuminen avoimissa työkohteissa. (Rakennuslehti, 2017)

Yleisestikin on havaittu, että onnistuneen rakennushankkeen taustalla on onnistunut suunnittelu. Rakentamisen suunnittelu on ryhmätyötä ja epäonnistunut suunnittelijoiden työskentely aiheuttaa lähes aina taloudellisesti epäonnistuneen rakennesuunnitteluprojektin.

1.2 Tavoitteet ja rajaus

Diplomityön päätavoitteena on selvittää, miten rakentamisessa käytettyä tahtituotantoa voidaan pohjustaa ja tukea rakentamisessa suunnittelun ja sopimusten valmistelun vaiheissa. Tavoitteena on selvittää, mitkä ovat kaupallisten ja teknisten asiakirjojen sisällölliset vähimmäisvaatimukset, jotta tahtimenetelmällä tavoiteltavien hyötyjen saavuttaminen voidaan varmistaa. Diplomityön taustalla on diplomityön toimeksiantajayrityksen halu ja tarve selvittää, miten tahtituotannolla rakennettavan kohteen toteutusta tahtia hyödyntäen voidaan edesauttaa. Tutkimuksen päätutkimuskysymyksenä on: ”Miten tilaaja tilaa tahtituotantohankkeen oikein?” Diplomityössä hyödynnetään haastattelututkimusta, jossa haastatellaan rakennusliikkeiden työpäälliköitä tahtitoteutuksesta ja siitä, miten tilaajat ovat tahdin käytöstä tietoisia. Päätutkimuskysymystä tukeviksi alakysymyksiksi valitaan:

1. Mitä ovat lean ja tahti rakentamisessa?
2. Mitä tilaajan pitää rakennushankkeen suunnittelussa ottaa huomioon, jotta tahtituotantoa pystytään hyödyntämään rakentamisvaiheessa?
3. Mitä tilaajan pitää sopimuksissa ottaa huomioon, jotta virtautettu tuotanto onnistuu rakentamisvaiheessa?

1.3 Tutkimusmenetelmä ja -aineisto

Diplomityö on laadullinen eli kvalitatiivinen. Työn tutkimusmenetelminä on käytetty sekä kirjallisuustutkimusta että haastattelututkimusta. Kirjallisuustutkimuksessa perehdytään tahtituotantoon rakennushankkeessa ja rakennushankkeen suunnitteluun sekä sen ohjaukseen. Lisäksi kirjallisuustutkimuksessa perehdytään rakennushankkeen sopimukseen ja niille ominaisiin piirteisiin. Kirjallisuustutkimuksen tavoitteena on luoda kokonaiskuva tahtituotannosta, suunnittelusta, sen ohjauksesta sekä sopimuksista.

Aineistoina työn kirjallisuustutkimusosiossa on käytetty suunnittelujärjestelmän kehittäminen projektinjohtorakentamisessa (SUKE) -tutkimukseen liittyvää aineistoa ja myös Lean-rakentamisen kirjallisuutta, erityisesti International Group for Lean Construction (IGLC) -julkaisuja. Haastattelututkimuksen avulla tunnistetaan suunnittelunohjauksen sekä sopimusten piirteitä, joilla saadaan virtautettua rakennustuotanto tuotantovaiheessa. Haastattelututkimuksessa käytetään puolistrukturoitua teemahaastattelua, joiden avulla kerätään aineistoa tahtituotannolla toteutetuissa hankkeissa mukana olleilta henkilöiltä. Kerätty aineisto analysoidaan ja raportoidaan.

1.4 Työn rakenne

Diplomityö noudattaa Tampereen yliopiston opinnäytetyöpohjaa, joka koostuu seitsemästä luvusta, lähdeluettelosta ja liitteistä. Ensimmäinen luku pitää sisällään johdannon, joka kertoo tutkimuksen taustasta ja rajauksesta, käytetyistä tutkimusmenetelmistä ja -aineistoista sekä työn rakenteesta.

Työn toisessa luvussa kerrotaan teoriaa leanista, mitä on lean rakentamisessa sekä kerrotaan tahdistista. Työn toisessa luvussa saadaan selvyys siihen, mitkä ovat leanin tavoitteet ja miten ne ilmenevät rakennushankkeissa ja millä keinoilla lean-rakentamiseen pyritään. Toisen luvun tahtiosiossa käydään läpi, mitä tahti on ja miten se ilmenee rakennushankkeissa. Toisessa luvussa käydään myös läpi tahtisuunnittelua ja tuotannon virtauttamista.

Diplomityön kolmas luku käsittelee rakennushankkeen suunnittelun ohjausta ja sopimuksia. Kolmannessa luvussa kerrotaan suunnittelunohjauksesta. Kolmannessa luvussa myös käydään läpi rakennushankkeen sopimuksia ja mitä sopimuksille on ominaista. Lisäksi luvussa käydään yksityiskohtaisesti läpi SUKE-malli ja sen toimintaperiaate. Kolmannessa luvussa käsitellään myös suunnittelun virtauttamista.

Lisäksi kolmannessa luvussa käydään läpi tilaajan riskejä ja hyötyjä tahtituotannon kannalta.

Työn neljäs luku käsittelee suunnittelunohjauksen ja sopimusten integroimista tahtituotantoon. Neljäs luku pitää sisällään haastattelututkimuksen toteuttamisen, aineiston tulkinnan ja haastattelututkimuksen arvioinnin ja kritiikkiin.

Työn viidennessä luvussa käsitellään haastattelujen tulokset. Tuloksia käsitellään rakentamisen näkökulmasta, sopimusten näkökulmasta ja suunnittelun näkökulmasta. Viidennen luvun lopussa käydään läpi tulosten yleistettävyyttä.

Kuudes luku on omistettu loppupohdinnalle. Loppupohdinta jakautuu tahtituotannon huomioimiseen sopimuksissa ja tahtituotannon huomioimiseen suunnittelussa. Loppupohdinnassa asioita käsitellään tilaajan näkökulmasta katsoen.

Työn viimeisessä eli seitsemännessä luvussa on käsitelty johtopäätökset. Johtopäätöksien jälkeen on esitetty työssä käytetyt lähteet sekä liitteet.

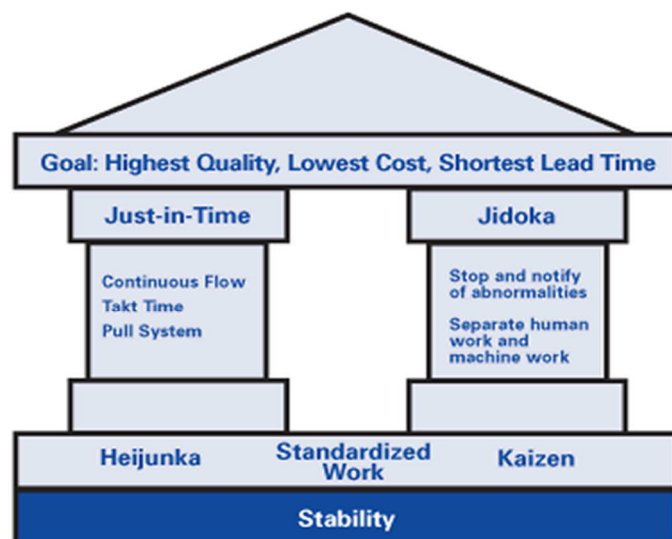
2. LEAN JA TAHTI RAKENTAMISESSA

2.1 Lean

Taiichi Ohnon kehittämä lean-ajattelu ja -filosofia on lähtöisin Toyotan autoteollisuudesta. Lean-ajattelu tunnetaan myös sen alkuperäisellä Toyota Product System (TPS) -nimellä. Toyota Product System on ensimmäinen konkreettinen lean-ajattelun sovellus, johon nykyiset käytössä olevat leanin sovellukset pohjautuvat. (Liker, 2004)

Lean-ajattelussa on kyse filosofiasta, jonka päätarkoituksena on jatkuva parantaminen ja samalla saada tuotanto virtaamaan jatkuvana ja täten poistaa tuotannosta arvoa lisäämätöntä työtä. Asiakkaan näkökulmasta katsottuna arvoa lisäämättömiä töitä ja tuotteita kutsutaan hukaksi. (Liker, 2004)

Toyota Product Systemiä voidaan kuvata niin sanotulla Ohnon TPS-talolla, jonka mukaan rakennus on yhtä vahva kuin rakennuksen heikoin osa. (Liker, 2004) Kuvassa 1. rakennuksen perustukset kuvaavat tuotantosysteemin määrittelyyn liittyviä periaatteita. Rakennuksen pilarit kuvaavat tuotantolinjan toimintaa ja rakennuksen katto kuvastaa yrityksen tahtotilaa eli tarjota asiakkaalle mahdollisimman hyvä tuote tehokkaasti ja eettisesti. (Liker, 2004)



Toyota Production System "House."

Kuva 1 Toyotan Production System -talo (Liker, 2004)

Jatkuva parantaminen ja ihmisten kunnioittaminen ovat Toyotan peruspilarit, jotka tukevat Toyotan tapaa toimia. Jatkuva parantaminen edellyttää ilmapiirin jatkuvasta oppimisesta ja ympäristön, joka hyväksyy ja rohkaisee muutokseen. Tämä vaatii toimiakseen ihmisten kunnioittamisen. (Liker, 2004)

Taiichi Ohno mukaan ylituotanto on suuri syy hukkaan. (Ohno, 1998) Tuotantoa virtauttamalla voidaan vähentää ylituotantoa ja hukkaa. Jatkuva tuotannon virtaus tarkoittaa, että tuotteet ovat koko ajan työstettävänä ja täten ei ole olemassa ylituotantoa eikä varastoa ylituotetulle tavaralle. (Linnik et. al., 2013)

Liker (2004) tuo esiin 14 periaatetta Toyotan tapaan -teoksessaan, että ”Jatkuvan virtauksen luominen prosessiin tuo esiin ongelmia rajapinnoille”. Jatkuvaa tuotantovirtaa tarvitaan vähentämään hukkaa ja edistämään jatkuvaa oppimista sekä kehittymistä. (Linnik et. al., 2013)

2.2 Lean rakentamisessa

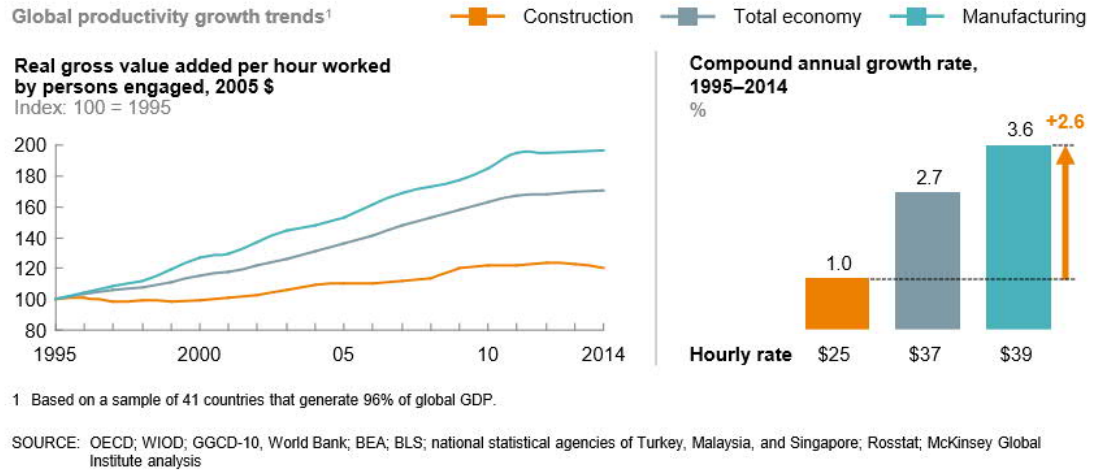
Rakentaminen on kompleksista ja lukuisien epävarmuuksien alaista. (Rittel & Webber, 1973) Rakentamista rajoittaa useat asiat. Rakennuksen täytyy vastata asiakkaiden toiveisiin, valmistua aikataulussa ja myös rakentamisen budjetissa. Lisäksi rakentamisen täytyy edetä loogisesti samalla, kun aliurakoitsijoiden tulee toimia jatkuvasti ja tehokkaasti. Tämän lisäksi rakennettavan rakennuksen tulisi olla tarpeeksi yksityiskohtainen ollakseen projektina erityinen, mutta samaan aikaan rakennuksen tulisi olla helposti hallittavissa. Kaiken tämän lisäksi rakentamisen pitää olla tarpeeksi turvallista ja samalla tarjota tarpeeksi aikaa laadukkaaseen työntekoon. Kaiken kaikkiaan yleisiä optimaalisia ratkaisuja on vaikea löytää. (Frandsen & Tommelein, 2014)

Womack ja Jones (1996) ovat esittäneet viisi keskeistä asiaa Lean-ajattelulle: Arvot, arvovirta, virtaus, imu ja viimeistely. Näiden avulla voidaan esittää keskeisiä asioita, jotka toimivat vaiheina toteutukselle: asiakkaan vaatimusten ymmärtäminen, hukan tarkastelu joka askeleella, virtautuksen toimeenpano, imu sekä jatkuva parantaminen.

Rakentaminen on ollut Womackin & Jonesin (1996) mukaan paineen alla jo 1990-luvulta lähtien muuttanut tuotantotapoja alhaisen tuottavuuden, sosiaalisten vaatimusten, suuren hukkamäärän ja huonon julkisuuskuvan takia verrattuna muihin teollisuudenaloihin. Tämän hukan vähentämiseksi, laadun parantamiseksi ja tuotannon tehostamiseksi on rakentamisessa herätty lean-ajatteluun ja sen mukaan ottamiseen rakennushankkeisiin. (Womack & Jones, 1996) Kuvassa 2 on havainnollistettu rakentamisen alhainen tuottavuuden kasvu globaalisti.

Exhibit 8

Globally, labor-productivity growth lags behind that of manufacturing and the total economy



Kuva 2 Rakentamisen tuottavuuden kasvu globaalisti (Barbosa et. al., 2017))

Yksi keino hallita rakentamisen kompleksisuutta ja epävarmuutta aikataulussa on lisätä toimintojen väliin puskureita (Howell et. al., 1993). Aikapuskureilla tarkoitetaan tilaa aikataulussa, joka mahdollistaa työalueelle pääsyn, määrittelevät selvät siirtymät urakoiden väliin, koordinoivat urakoita ja hallitsevat epävarmuutta rakentamisessa. (Russel et. al., 2013) Tutkimusten mukaan laskettaessa tila aikataulussa käytettäväksi resurssiksi, saattaa siitä aiheutua tuottavuuden menetyksiä, sillä tällöin töiden tekemisen kesto venytetään puskurijajan loppuun asti ja häiriöille sekä ongelmien ratkomiselle ei jätetä aikaa. (Akinci et. al., 1998)

Useat rakentamisen tuotannon johtamiseen liittyvät opinnot keskittyvät Lean-ajatteluun (Womack & Jones, 1996). Lean-ajattelun yksi kulmakivi on jatkuva virtaus, joka ymmärretään tuotettuna ja liikutettuna tuotteena aikayksikössä tai pieni yhtenäinen määrä tuotteita, jotka käyvät läpi sarjan prosessoituja askelia niin jatkuvasti kuin mahdollista, jossa joka askeleella tehdään töitä, jotka ovat välttämättömiä olla valmiina ennen siirtymistä seuraavalle askelelle. (Lei, 2003)

Jatkuvan virran luominen rakentamisen ympäristöön on vaikeaa. Virran puuttuminen rakentamisesta on selvää, sillä rakennettava rakennus on lähtökohtaisesti aina pilottikohde, jolle on luonteenomaista monet keskeytykset, kaikenlaisen hukan tuottaminen ja resurssien alikäyttö, esimerkiksi työvoiman, varusteiden ja materiaalien osalta. Jatkuva virtaus on Lean-ajattelun ydin ja samalla vaikein asia toimeenpanna. (Koskela, 1992)

2.3 Tahti

Kun tahtia käytetään leanin kontekstissa, se liitetään moniin muihin leanin konsepteihin kuten jatkuvaan virtaan, standardisointiin, Heijunkaan ja ennustettavuuteen. Tahdilla viitataan Toyota Production Systemin kokoonpanolinjan ”sydämenlyöntiin”. Sana ”tahti” tai saksaksi ”Takt” tarkoittaa ”rytmiä”, säännöllisyyttä, jossa jotakin saadaan valmiiksi. Vaikka ”Takt” saksaksi tai ”beat” englanniksi liittyy aikaan, sanaa tahtiaika ei tarvitse käyttää vaan voidaan käyttää sanaa tahti. (Tommelein, 2017) Tahdin tarkoituksena on varmistaa, että asiakkaan vaatimuksiin pystytään vastaamaan. (Rother & Shook, 1998)

Tahti on helppo ymmärtää jatkuvan tuotantolinjan kautta, jossa on erityisen tärkeää, että jokaisella tuotantolinjan työpisteellä saadaan työpisteen työt valmiiksi siinä ajassa, kun tuote on työpisteen työstettävänä, jotta tuotantolinjalle saadaan aikaan jatkuva virta. Työntekijöiden liikkuvuuden minimoimiseksi, tuotantovaiheet pidetään mahdollisimman pieninä, joka mahdollistaa tuotantolinjan nopeuden ja suuren kapasiteetin jokaisella työpisteellä. (Baudin, 2002; Hopp & Spearman, 2008)

Tahdin avulla voidaan jäsentellä työtä. Työn jäsentelyllä tarkoitetaan koko projektin pilkkomista pienempiin paloihin niin, että nämä palaset ovat helposti käsiteltävissä. Tahtia voidaan kuvailla määrätietoisena pullonkaulatehtävien tuotantoasteen ratkaisemisena tai projektivaatimukseen vastaamisena (Frandsen et. al., 2013). Tahtia voidaan käyttää myös työvoiman virtauttamiseen. Tahdin avulla (Ballard et. al., 2003) on saatu tuottavuus yli kaksinkertaistumaan esimerkiksi betonielementtien valmistuksessa, kun työ jaettiin tuotantosoluihin tuoteperheittäin, aikataulutukseen käytettiin tahtia ja tahdin käyttöä myös valvottiin sekä ohjattiin. Tuottavuus kaksinkertaistui ilman, että tehtiin muutoksia työryhmiin, taitoihin, teknologiaan tai rakennesuunnitteluun. (Linnik et. al., 2013)

Tahtia on käytetty rakentamisessa aiemminkin, mutta se on yhdistetty paljon toistoa vaativiin hankkeisiin, kuten suuriin tieprojekteihin, putkistoihin, pilvenpiirtäjiin ja yksiöihin. (Linnik et. al., 2013)

Tahdissa tuotantoaika sovitetaan tuotantovaatimukseen. Tahdissa rakenteet eritellään kussakin rakentamisen vaiheessa työalueisiin ja mahdollistetaan peräkkäisten urakoiden valmistuminen samassa ajassa jokaisella työalueella. (Linnik et.al., 2013)

Linnikin ja muiden (2013) mukaan rakentamisessa käytettävä tahti perustuu paikkajaotteluun, jotta saadaan työ virtaamaan jatkuvasti. Tahdin käyttö määrittää rationaalisen ja metodologisen rakenteen, jonka avulla saavutetaan jatkuva virtaus

aikataulussa. Kapasiteettipuskureilla ja selvillä siirtymisillä urakoiden välillä saavutetaan töiden ennustettavuutta ja järjestelmän suorituskykyä (Tommelein, 2017). Tahdin avulla saavutettavia hyötyjä ovat rakentamisen keston väheneminen ja kustannusten aleneminen, lisääntynyt hankkeen läpinäkyvyys ja ennustettavuus työn virtauksessa sekä lisääntynyt kyky tiedon ja materiaalien jakamiseen, kun halutaan parantaa yrityksen suunnitelmia ja toimintaa. Tuotannon vaihtelua vähentämällä on mahdollista vähentää kapasiteetin menetyksiä. (Linnik et. al., 2013) Rakentamisessa käytetään yleensä viikon tahtia tehdastuotannon minuuttien tai sekuntien sijasta. Rakennushankkeen viikon tahtiaikaan syynä on rakennusprosessien epävakaisuus ja lyhyt tahtiajan implementointivaikeus. Kuitenkin sopiva käytettävissä oleva tahtiaika määritty aina hankekohtaisesti. Huomioitavaa on, että tahtituotannossa tahdin ei välttämättä tarvitse olla viikkoa, vaan tahti voi olla joiltain osin lyhyempi tai pidempi. Kaikkia työvaiheita ei ole myöskään tarkoituksenmukaista tahdistaa. (Saari et. al., 2018) Kuvassa 2. on esitetty tahtiaikataulu. (Linnik et. al., 2013)



Kuva 3 Tahtiaikataulu (Linnik et. al., 2013)

Teollisuudessa kokoonpanolinjalla tuotettava tuote liikkuu ja työntekijät pysyvät enemmän tai vähemmän paikallaan. Rakentamisessa tuote eli rakennus on paikallaan, ja työntekijät liikkuvat sijainnista toiseen toimiakseen työpisteissään paikallaan. Teollisuudessa tuotantolinjan nopeus ja tehtävät työt työpisteillä täytyy suunnitella siten, että jokainen työpisteen työntekijä saa työnsä tehtyä valmiiksi annetun tahtiajan puitteissa. Koska kaikki ei aina mene suunnitelmien mukaan, käytetään lisäksi aikapuskureita, jotta ongelmatilanteissa ei tarvitse pysäyttää tuotantolinjaa, jolloin puskuriaika on avain tuotannon suunnitteluun. (Tommelein, 2017)

Rakennushankkeessa tahtiajan perusteena on etenemisnopeus, joka perustuu asiakkaan tarpeisiin. Tällöin tahtiaikaa määritettäessä tulee huomioida muun muassa käytettävissä oleva aika, resurssimäärä, hitaat työvaiheet ja näiden töiden etenemisnopeus, työvaiheiden looginen järjestys sekä epävarmuustekijät. Viivästymiset ja myöhästymiset ovat usein seurausta liian suurista tahtikohtaisista työmääristä. (Frandsen et. al., 2013; Yassine et. al., 2014)

2.3.1 Tahtisuunnittelu

Tahdin käyttöä suunnitellaan tahtisuunnittelun avulla (TTP). Rakentamisessa tahtisuunnittelu vaatii tahtialueiden määrittämistä rakennettavassa rakennuksessa siten, että jokainen urakoitsija voi saada heidän työnsä valmiiksi jokaisella tahtialueella suunnitelmien mukaan ajassa, joka on kaikille samalla tahtialueella työskenteleville sama. (Tommelein, 2017)

Tahtisuunnittelun avulla voidaan Frandsonin ja muiden (2013) mukaan ratkaista työsuunnittelun ongelmia seuraavasti:

1. Kerätään tietoa tulevan hankkeen työvaiheista ennen työvaiheiden alkua. Apuna käytetään suunnittelijoiden piirustuksia ja BIM-malleja. Lisäksi jokaisen urakan tarkoitus ja keinot tähän pääsemiseksi selvitetään ja näiden perusteella muodostetaan urakoista jono. Urakoitsijoilta selvitetään miten he haluavat urakkansa toteuttaa ja millä resursseilla he pystyvät työskentelemään.
2. Määritetään tahtialueet ja tahtiaika. Alueiden ja tahdin suunnittelu on toistuva prosessi, jossa rakennus jaetaan alueisiin. Jokainen työporukka määrittelee oman työn kestoja alueilla, jonka jälkeen alueiden kestot lasketaan yhteen, jolloin saadaan selville yhden alueen (zone) kokonaisaika. Tämän jälkeen voidaan vertailla työryhmien kokoja ja muuttaa niitä, jotta saadaan tahti tyydyttäväksi.
3. Luodaan virtaus ja tasapainotettu systeemi. Jokaiselle urakoitsijalle luodaan alustava ehdotus työjärjestyksistä eri työalueille. Tämä ehdotus jaetaan urakoitsijoille ennen yhteistä kokousta. Tarkoituksena on saada eri urakoitsijat tulemaan kokoukseen suunnittelemaan omien parempien suunnitelmien ja vaihtoehtojen kanssa. Samalla saadaan myös tietää kaikkien urakoitsijoiden suunnitelmien joustavuus ja perusteet, mitä ja miten pitää olla tehtynä ennen heidän urakkaansa.
4. Tehdään varsinainen suunnitelma, jotta saavutetaan urakoitsijoiden yhteisymmärrys. Tässä vaiheessa kerrotaan, mitä on opittu aikaisemmasta kokouksesta ja kerrotaan analyysit tahtialueiden vaihtoehtoista. Urakoitsijat keskustelevat yhteisesti ja päättävät mikä on oikea järjestys tehdä työt siten, että

tulee jatkuva virtaus työskentelyyn eri alueiden välillä. Lopputuloksena saadaan tahti.

5. Lopuksi hienosäädetään systeemiä. Urakoitsijat jakavat tähän tahtisuunnitelmaan työt, jotka pitää olla tehtynä ennen kuin voivat tehdä omat työnsä. (Tommelein, 2017)

Rakentaminen on dynaaminen systeemi, joka vaatii jatkuvia aikataulumuutoksia. (Park et.al., 2003) Hao ja muiden (2008) mukaan projektin rakentamisen aikaiset muutokset ja aikataulumuutokset aiheutuvat koko hankkeen aikana. Aikataulut ovat tällöin rajoittaneet rakentamista, jos rakentamisprosessia ei ole hallittu kunnolla. (Seppänen, 2012). Tahtisuunnittelu ja tahdin valvontamenetelmät tarjoavat hallittua joustavuutta, jonka avulla pystytään vastaamaan erityyppisiin projektin muutoksiin. (Binninger et. al.,2017). Tahtisuunnittelu otetaan käyttöön yhteistyöpajassa, joka ohjaa rakentamisprosessia aina suunnittelusta toteuttamiseen. Tahti tarjoaa vakioituneet aikaraamit, jotka asettavat rakentamiselle nopeuden yksittäisten urakoiden osalle. Rakenteen vakioimisella parannetaan ennustettavuutta ja rutiinia prosessissa. (Syben, 2014). Huomioitavaa on, että jatkuvaa parantamisen prosessia ei voida hyödyntää ilman vakiointia. (Zimmermann et. al., 2012)

Tahtisuunnittelun avulla saavutettavat hyödyt ovat projektin keston väheneminen ja kustannusten säästöjen lisääntyminen sekä lisääntynyt työtyytyväisyys työntekijöiden keskuudessa. Kuitenkin samalla on olemassa vaara kapasiteettimenetyksiin. On oletettavaa, että yhden tai useamman urakoitsijan työt vaativat eri määrän aikaa työalueilla. Työvaiheita, jotka vaativat suuren määrän aikaa suoritettaviksi, kutsutaan pullonkauloiksi. Tekemällä mitä tahansa, jotta tuotantomääriä saataisiin korkeammaksi, kuten lisäämällä tuottavuutta tai sopeuttamalla kapasiteettia, jotkut työvaiheet valmistuvat joka tapauksessa nopeammin kuin toiset työvaiheet. Ne työvaiheet, jotka ovat nopeampia kuin pullonkaulatyyövaiheet, ovat vaarassa menettää suorituskykyään sen jälkeen, kun ovat sopeuttaneet kapasiteettiaan tai muuttaneet työskentelytapojaan, elleivät he löydä muita vaihtoehtoisia työn kohteita kuten ruuhkia tai ylijäämiä. Pullonkauloiksi kutsutut työvaiheet uhkaavat menettää suorituskykyään työalueesta toiseen siirryttäessä vaihtelevan työsisällön seurauksena, jos urakoitsijoiden suorituskykyä ei saada sopeutettua työmäärän vaihteluihin tai muita tuottavia käytäntöjä ei saada lisäämään suorituskykyä. (Linnik et. al., 2013) Tahdin avulla mahdollistetaan jatkuva työvirta, mutta tällöin on vaarana kapasiteetin menetyksiä, jos pullonkaulatyyövaiheita seuraa nopeampi työvaihe.

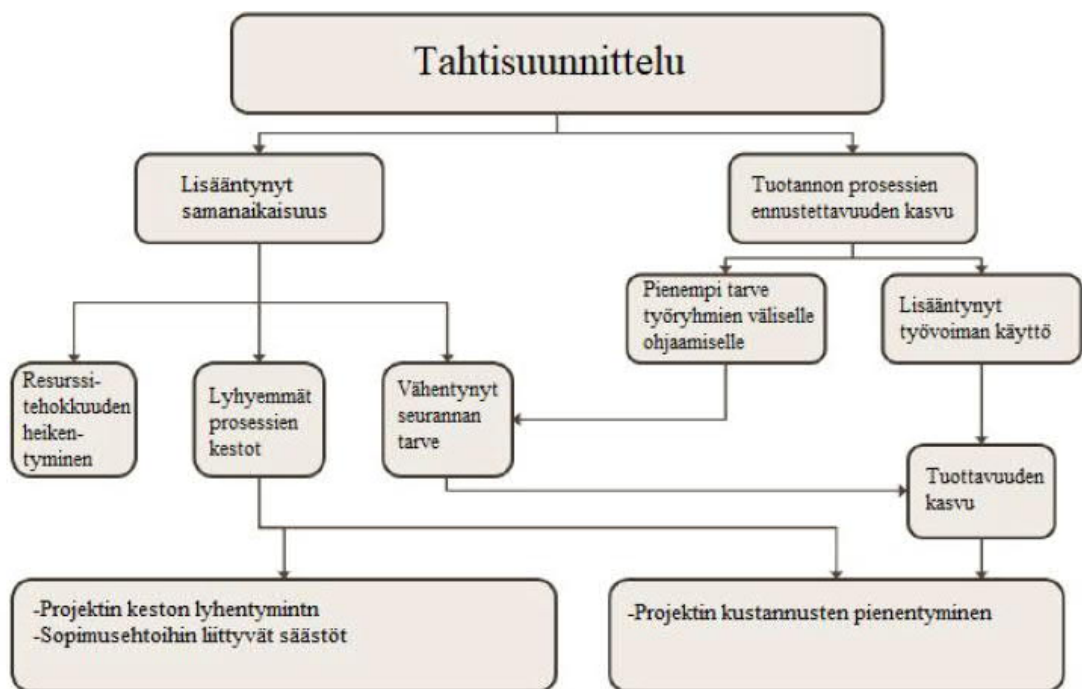
Tahtisuunnittelussa identifioidaan työvaiheet, jotka voidaan toteuttaa samassa vaiheessa ja selvitetään, kuinka nämä työtehtävät voidaan yhdistää. Seuraavaksi määritellään tahtialueet rakennusosittain. Dlouhyn (2016) tekemän tutkimuksen mukaan tahtisuunnittelu ei edellytä erottelua toistuvien ja ei toistuvien työalueiden osalta. Tahtisuunnitelman yksinkertaisuus ja työn erittely päivittäin tai joissain tapauksissa tunneittain on tärkeä tekijä päivittäisten tehtävien toteuttamiseksi, urakoitsijoiden sitouttamiseksi ja alueiden viimeistelyyn tahdissa. Rakentamisvaiheen työsuunnittelun parantamiseksi tarvitsee löytää sekä pullonkaula- että ei-pullonkaulatyyövaiheet. (Dlouhy, 2016)

Kaikki urakat olisi hyvä aloittaa just-in-time (JIT) -toimituksilla. Kaikki urakat tulee myös tasata samaan nopeuteen, jotta projektin tuottavuutta saadaan lisättyä. Korkeamman tuoton ansiosta saadaan enemmän läpimenoaikaa suunnittelulle ja valmistelulle. Lisäksi tämä helpottaa työmaan materiaalogistiikkaa. Lähellä toisiaan olevat urakat vaativat hyvää koordinoitua. Koordinointi muodostuu vaikeammaksi ja alttiimmaksi häiriöille tai jopa epäonnistumisille, jos töiden vapautuminen urakoitsijalta toiselle on epäluotettavaa. Korkea luotto siihen, että tahtialueet vapautuvat urakoitsijalta toiselle tahtialueittain, vapauttaa koordinoituaikaa valvonnalle ja työnjohdolle. Tällöin työnjohdolle jää aikaa tukea urakoitsijaa laatuvaatimusten täyttämisen sekä asennusten ja järjestelmien toimivuuden varmistamisessa. Lisäksi työnjohdolle jää aikaa keskittyä paremmin työsuoritusten, hankintatoimen onnistumisen edellytysten ja turvallisuuden varmistamiseen. Dlouhyn (2016) mukaan rakennusprojekti tulee sitouttaa tahtiin heti alusta asti. BIM-malleilla mahdollistetaan nopeampi aloitus ja tarkka tahtiaika sekä sijaintiin pohjautuva rakentaminen. Hyvin suunnitellun ja yhteensovitetun tietomallin avulla tahtisuunnitteluprosessi hyötyy paremmasta riippuvuuksien ymmärryksestä kuten tahtiajan ja sijainnin koosta sekä niiden määrittämisestä. Hyvin toteutetun tietomallin avulla tahtituotantoprosessi hyötyy pullonkaulojen määrittämisestä ja alustavista arvioista mikä pullonkaulojen merkitys on tuotantomääriin. (Linnik et. al., 2013)

Tuotannosuunnittelun hyödyt käyttäen tahtia verrattuna perinteiseen rakentamisen aikataulutukseen mahdollistavat paremman kommunikoinnin urakoitsijoiden kanssa heti hankkeen alusta lähtien, kun selvitetään miten jokainen voi ja haluaa tehdä oman urakkansa, jotta rakentamisen pullonkaulat saadaan selville. Lisäksi saadaan selville, mikä työjärjestys on todellisuudessa paras koko rakentamishankkeen kannalta, jolloin tiedetään tarkalleen, missä jokainen työskentelee ja milloin. Tällöin koordinoinnin ja valvonnan avulla on helppo toimia ilman hämminkiä ja työmaasta johtuvia yllätyksiä ei pitäisi tulla aikataulutuksessa. Tahtisuunnittelun avulla jokainen tietää tarkalleen, mikä

on heidän osuutensa ja paikkansa urakkajärjestyksessä, jolloin jokainen voi keskittyä omien työvaiheidensa sisäisiin koordinoimisiin muun muassa materiaalien jakamiseen, tavaroiden siirtelyyn ja nosteluun. Lisäksi jokainen urakoitsija voi ennustaa missä paikassa he työskentelevät ja milloin, jolloin he voivat suunnitella tarkasti, kuinka työskentelevät turvallisesti, laadukkaasti ja logistisesti ilman, että täytyy suunnitella vaihtoehtoisia tapoja sen takia, että suunnitelmat eivät pidä paikkaansa. Näiden lisäksi urakoitsijat saavat välitöntä palautetta heidän töidensä etenemisestä, eli ovatko he tahdissa vai eivät ja onko laatuvaatimukset täytetty. Tämä on mahdollista, koska kontrolloitava tahtialue on suhteellisen pieni. Alueen pienuudesta on myös muita hyötyjä, sillä urakoitsijat voivat järjestää ja määrittää maksuerät pieninä ja jatkuvina. Kaiken lisäksi urakoitsijat voivat olla paljon tehokkaampia ja tuottavampia kuin muuten voisivat. (Frandsen et. al., 2013)

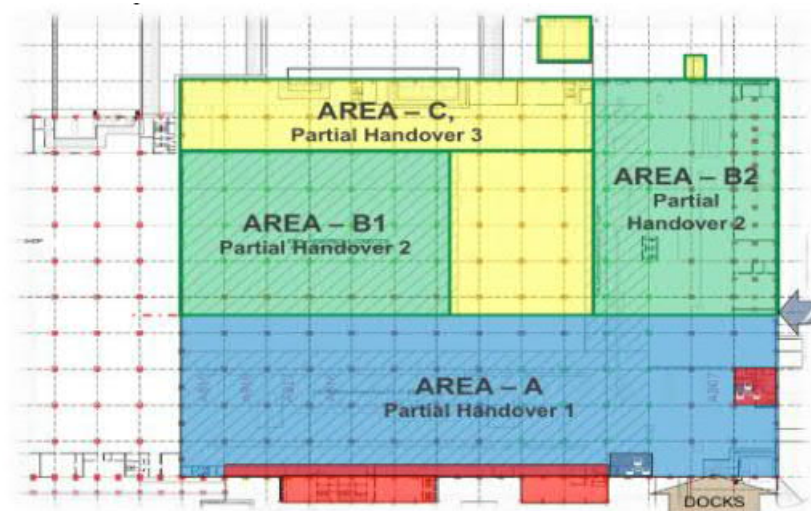
Tuotannon suunnittelu tahtia käyttäen perustuu Frandsenin ja muiden (2013) mukaan tiedon keruuseen, työalueiden määrittämiseen, urakoiden jonon/järjestyksen ymmärtämiseen, yksittäisten urakoiden keston ymmärtämiseen, työn virtauksen tasapainottamiseen ja tuotannosuunnitelman perustamiseen. (Frandsen et. al., 2013) Kuvaan 3. on esitetty tahtisuunnittelun hyödyt.



Kuva 4 Tahtisuunnittelun hyödyt (Linnik et. al., 2013)

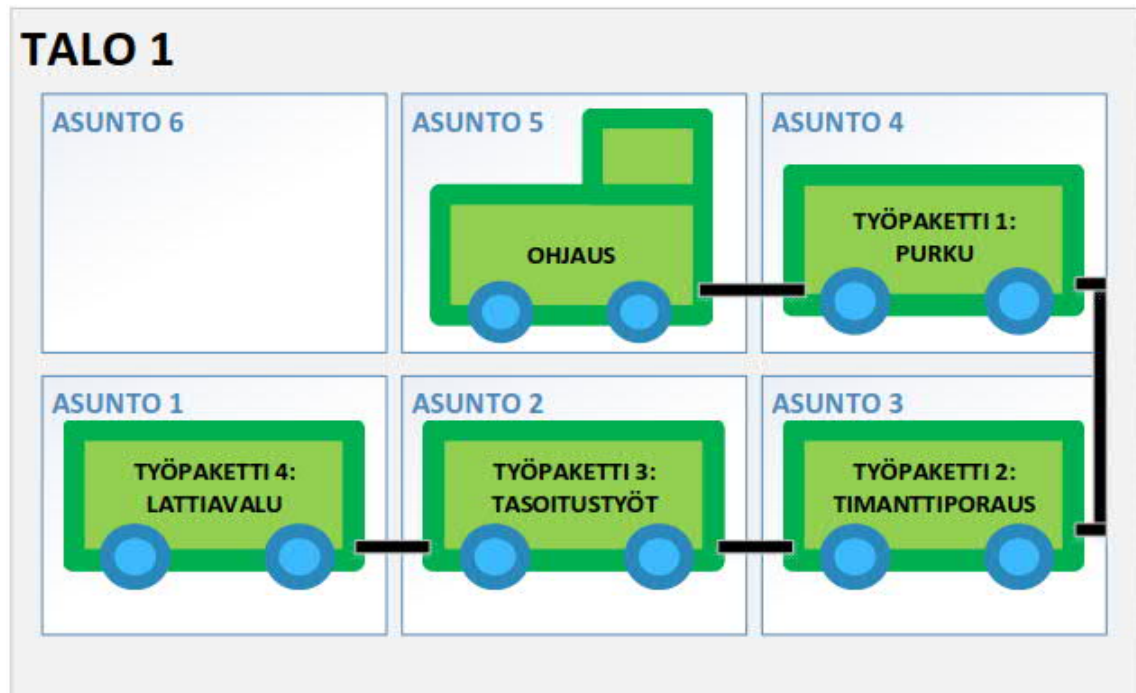
Tahtituotannon suunnittelu voidaan jakaa makro-, normi- ja mikrotasoihin. Makrotasolla hankkeelle määritetään projektirakenne, jossa on huomioitu rakennusprojektin eri osapuolten riippuvaisuudet hankkeen toteuttamisen näkökulmasta. ”Prosessianalyysin seurauksena määrittyvät hankkeen virstanpylväät, kuten vaiheistetut luovutukset ja yhteinen visio rakennushankkeen suorittamiselle.” (Saari et. al., 2018)

Normitasolla alueet jaetaan tahtialueisiin, jotka ovat toistuvia. Jaolla pyritään löytämään alueet, jotka vastaavat työmäärältä ja -kestoltaan toisiaan ja ovat siten tasaisia. Tämän vuoksi on tärkeä määrittää työmenekit, -määrät ja töiden keskinäiset riippuvuudet. (Frandsen et. al., 2013) Kuvassa 4 on esitetty esimerkki tahtialueista. (Dlouhy et. al., 2016)



Kuva 5 Esimerkki tahtialueista (Dlouhy et. al., 2016)

Normitasolla määritetään tuotantojunan vaunut, jotka saadaan yhdistelemällä työtä ja työryhmiä työpaketeiksi. Jokaisella vaunulla on tietty määrä aikaa toteuttaa tahtialue. Työn virtautusta on mahdollista säädellä työryhmien kokoa muuttamalla, työpaketteja yhdistelemällä, puskuriaikoja muuttamalla ja työmenetelmien muutoksilla. (Hagsheno et. al.; 2016; Dlouhy et. al., 2016)



Kuva 6 Tahtituotannon tuotantojuna (Saari et.al., 2018)

Mikrotasolla työpaketit sisältöineen tarkennetaan urakoitsijoiden kanssa työmaan alkaessa. Mikrotasolla sitoutetaan hankkeen osapuolet tuotantomalliin. Tämä sitouttaminen tapahtuu osallistuttamalla urakoitsijat työnkulun suunnitteluun. Dlouhyn ja muiden (2016) mukaan noin 15 minuuttia kestäväillä päivittäisillä kokouksilla ohjataan toteutusta. Näiden kokousten avulla voidaan myös kerätä visualisointia ja dokumentointia varten informaatioita jokaisen hankkeen osapuolen nähtävälle yhteiselle ilmoitustaululle. Ohjausvälin tihentäminen on myös mahdollista. (Saari et.al., 2018)

2.3.2 Virtauttaminen

Rakennushankkeen ainutlaatuisuudesta johtuen niistä ei oteta oppia tarpeeksi seuraaviin hankkeisiin (Dlouhy et. al., 2016). Virtautuksella pyritään implementoimaan tuotannon suunnitelmat jokapäiväiseen työskentelyyn. Virtauttaminen eroaa yleisesti käytössä olevista tuotantomalleista ja sen takia tuotannon alkuvaiheessa on keskityttävä johtamiseen. Tuotannon virtauksen sujumisen vuoksi on suunniteltava työsisältö ja keinot, jotka mahdollistavat sujuvan virtauksen. (Saari et. al., 2018)

Työntekijöillä on oltava tiedossa hankkeen aikataulu mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta he tietävät, missä heidän pitää olla milloinkin. Aloituspalaverit ovat keino tiedottaa työntekijöille aikataulusta. Aloituspalavereissa työntekijöille voidaan kertoa työn laadulliset tavoitteet. (Saari et. al., 2018)

Saaren ja muiden (2018) mukaan virtauttamalla tuotantoa pyritään pienentämään resurssien käyttöastetta. Rakennushankkeissa työntekijöiden käyttöasteen pienentäminen on yksi tapa pyrkiä pienentämään kokonaisresurssien käyttöastetta. Tällöin aikapuskuria lisätään tuotantojunan vaunuihin. Tahtituotannon tarkoituksena on olla itseohjautuva tuotantomalli, jonka ongelmat ratkaistaan tuotannonsuunnitteluvaiheessa. Virtauttaminen on tarkempaa tuotannonsuunnittelua, jonka avulla pyritään minimoimaan epävarmuutta. Rakentamisen kompleksisuuden ja häiriöherkkyyden vuoksi työmaalla pitää kuitenkin olla riittävästi työnjohdollista kapasiteettia tuotannollisiin ongelmiin vastaamiseen. (Saari et. al., 2018)

Virtautettu rakennustuotanto vaatii yleisesti enemmän työntekijöitä kuin perinteisellä tuotantomallilla toteutettu rakentaminen. Virtaus on sitä riskialttiimpaa, mitä enemmän työntekijöissä on ennestään tuntemattomia työntekijöitä. Lisäksi työmaan virtauttaminen ulkoapäin voi riskeerata tuotannon virtaamisen. Tuotannon virtaamisen tulee olla lähtöisin itse tuotannosta ja tuotannon tarpeista. (Saari et. al., 2018)

3. TAHTITUOTANNON VAATIMUKSET SUUNNITTELUUN JA SOPIMUKSIIN

3.1 Rakennushanke

Rakennushanke koostuu tehtäväkokonaisuuksista, joita kutsutaan hankkeen vaiheiksi. Rakennushankkeisiin liittyy aina riskejä, jotka johtuvat epävarmuudesta. Hankkeen suunnitelmat ovat tilaajan visuaalinen näkemys tavoitteesta tulevaisuudessa. (RT13-11120, 2013) Rakennushankkeen vaiheet voidaan jakaa kuuteen eri vaiheeseen, joita ovat: tarveselvitysvaihe, hankesuunnitteluvaihe, ehdotus- ja yleissuunnitteluvaihe, toteutussuunnitteluvaihe, rakentamisvaihe ja vastaanottopäätös sekä takuu-aika. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017)

Hankesuunnitelman avulla saadaan esille suunnittelutehtävän tavoitteet. Korjaushankkeissa suunnittelutehtävän tavoitteita voidaan joutua täsmentämään kesken rakennustöiden. Haastavissa rakennuskohteissa voidaan joutua tilanteisiin, joissa päätöksiä joudutaan tekemään ilman aikaisempia ratkaisuja ja arvoja. (RT13-11120, 2013)

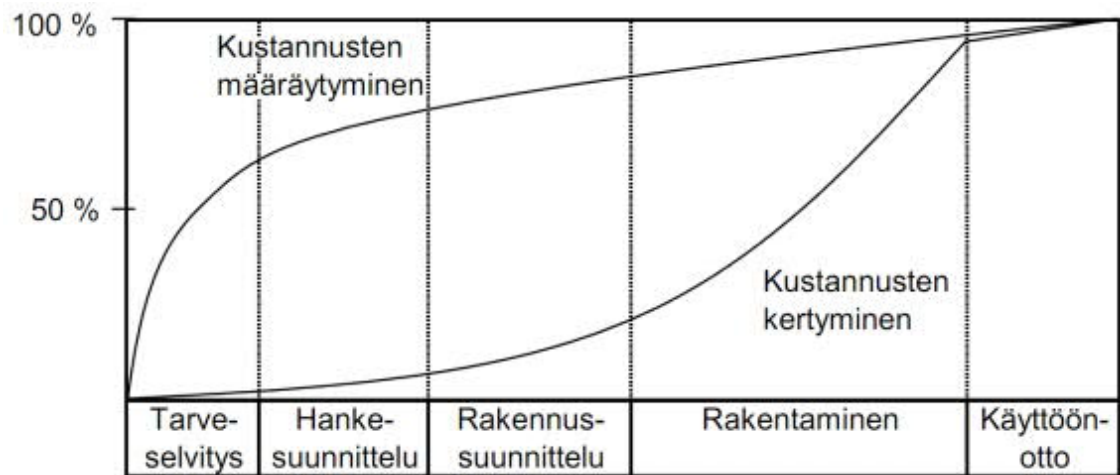
Rakennushankkeen toteuttamiseksi aikataulussa tulee rakennuttajan laatia sille hankeaikataulu, johon vaikuttaa hankkeen laajuuden ja sisällön laajuuden lisäksi myös toteutusmuoto. Hankeaikataulun tehtävänä on kuvata koko hankkeen eteneminen. Aikataulun avulla rakennuttaja voi varmistua rakennettavan kohteen valmistumisesta oikeaan aikaan sekä vähillä laaturiirheillä, sillä laaturiirheet ovat usein seurausta huonosta aikataulusuunnittelusta ja sen valvonnasta. Rahoituksen, suunnitelmien sekä urakoiden järjestäminen on tilaajalle helpompaa hankeaikataulun avulla. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017)

Yleissuunnitteluvaiheessa tilaaja yleisesti päättää viimeistään käynnistetäänkö hanke, hylätäänkö hanke vai lykätäänkö sen alkamisajankohtaa. Tämä edellyttää kustannuslaskentaa ja siitä tehtyjä johtopäätöksiä etenemisen mielekkyydestä. Toteutussuunnitteluvaiheessa yleissuunnitelmaa kehitetään vastamaan hankinnan sekä rakentamisen tavoitteita. Toteutussuunnitteluvaihe limittyy yleisesti rakentamisen valmistelun kanssa päällekkäin. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017)

Rakennushankkeen kustannussuunnittelun avulla pyritään estämään ylimääräisten kustannusten syntyminen hankkeessa. Suunnittelulla ja suunnitteluratkaisuilla

vaikutetaan hankkeen kokonaiskustannuksiin ja siten hankkeen talouteen investoinnin ja käyttötaloudenkin osalta. Kankaisen ja Junnosen (2010) mukaan rakennushankkeen kustannukset määräytyvät lähes kokonaan suunnitteluvaiheessa. Suunnitteluratkaisuilla ja niiden ohjauksella voidaan vaikuttaa rakennushankkeen kustannuksiin, mutta itse kustannuksia ei voi rakennushankkeessa ohjata. (Kankainen & Junnonen, 2010)

Kustannussuunnittelun avulla rakennettavalle hankkeelle asetetaan kustannustavoite sekä budjetti asetettujen tavoitteiden perusteella. Kustannussuunnittelulla arvioidaan myös hankkeen kustannuksia eri suunnitteluvaiheissa ja kehitetään suunnitelmien taloudellisuutta hankkeeseen osallistuvien muiden osapuolien kanssa. Hanketta vaiheistamalla rakennushankkeen taloudellinen ohjaus on tarkoituksenmukaista ja koskee hankkeelle tärkeitä asioita eikä puutu liikaa yksityiskohtiin. (Kankainen & Junnonen, 2010)



Kuva 7 Kustannusten määräytyminen ja kertyminen (Junnonen & Kankainen 2010)

3.2 Suunnittelu ja suunnittelunohjaus

Tilajana rakennushankkeissa on yleensä joko rakennushankkeeseen ryhtyvä, urakoitsija tai rakennuttajakonsultti. Tilajan rooli rakennushankkeissa on käynnistää ja mahdollistaa suunnittelu sekä ohjata suunnittelua. Suunnittelulla on merkittävä rooli rakennushankkeen onnistumisessa. Suunnittelun avulla pyritään saavuttamaan tavoitteet täyttävä laatu olemassa olevien resurssien puitteissa. (Kankainen & Junnonen, 2010)

Suunnittelu koostuu normaaleissa rakennushankkeissa arkkitehtien, rakenne-, geo- sekä talotekniikkasuunnittelijoiden yhteistyöstä. Useiden osapuolten takia suunnittelun

organisointi voi olla haastavaa, jonka vuoksi eri suunnitteluryhmille on kehitetty erilaisia toimintamalleja yhteistoiminnan onnistumiseksi. (Kankainen & Junnonen, 2010)

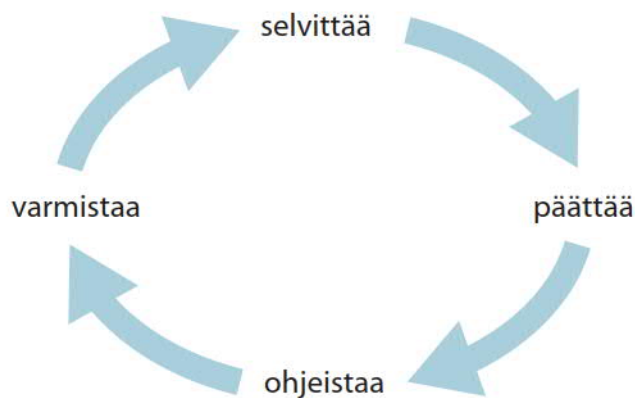
Suunnittelujohdon ja pääsuunnittelijan tehtävänä on yhteistyössä ohjata suunnitteluryhmää ja varmistua suunnitelmien määräystenmukaisuudesta ja siitä, että suunnitelmat vastaavat annettuja tavoitteita. Suunnittelujohdon tulee pysyä selvillä hankkeen suunnittelun tilanteesta sekä kehittää hankkeen käytäntöjä. Lisäksi suunnittelujohdon tulee varmistua siitä, että menetellään sovittujen menettelytapojen mukaan ja käytetään sovittua laatujärjestelmää. Suunnittelujohdon tehtävänä on varmistaa, että työmaa pystyy hyödyntämään tarvittaessa suunnittelijoita ja asiantuntemusta. (RT 13-11120, 2013)

Suunnittelu eroaa korjaus- ja uudisrakentamisessa toisistaan siten, että korjausrakentamisessa suunnittelun laajuus muuttuu enemmän kuin uudisrakentamisessa. Suunnittelun ja toteutuksen riskit korjausrakentamisessa eroavat uudisrakentamisen riskeistä. Korjaushankkeiden suunnitteluvaiheissa esiintyy riskejä, koska eri suunnitteluvaiheiden välillä tapahtuu siirtymistä, vaikka edelliset vaiheet olisivat vielä käynnissä. Erityisesti poikkeuksellisissa korjaushankkeissa käytetään sovittuja menettelytapoja, jotta erityiskysymysten hallinta olisi helpompaa. Suunnittelun ja rakentamisen viranomaisvaatimusten täyttymisen varmistamiseksi yhteydenpito viranomaisiin tapahtuu suunnittelujohdon kautta sekä suunnittelun että rakentamisen aikana, jolloin yhteydenpito on hallittua ja koordinoitua. Korjausrakentamisessa sekä uudisrakentamisessa tavoitteiden asettaminen suunnittelulle sekä hankkeelle asetettavat vaatimukset ovat haastavia. Korjaushankkeiden sekä uudishankkeiden suunnittelujohdon merkitys korostuu tällöin, sillä suunnittelujohdon tehtävänä on varmistaa suunnittelutyön eteneminen ja osaltaan varmistaa sekä edesauttaa aktiivisen vuorovaikutuksen syntymistä, koordinoitua ja viestintää. Suunnittelujohdon ja rakennushankkeeseen ryhtyvän tehtävänä on varmistaa, että rakennettava kohde lähtötietojen osalta vastaa määräyksiä ja täten mahdollistaa rakennushankkeen suunnittelun aloittamisen. Suunnittelun ohjeina toimivat hankesuunnitelma ja suunnitteluohje. (RT 13-11120, 2013)

Suunnittelutavoitteet asetetaan hankesuunnitteluvaiheessa ja ne toimivat suunnittelijoiden työn lähtökohtana. Suunnittelutavoitteiden avulla tilaaja määrittää valmiin suunnittelutoimeksiannon tarjouspyyntöön. Tämän jälkeen määritetään suunnittelutehtävät. Suunnittelijan tehtävänä on määrittää suunnittelutehtävät tilaajan antamien suunnittelutavoitteiden ja rajausten mukaisesti tai suunnittelija tekee esiselvityksen, jos tehtävän määrittely vaatii paljon selvittelyä. Suunnittelutehtävä tulee

määrittää viimeistään sopimusneuvotteluissa ja kirjata ylös sopimusta tehtäessä, jos sitä ei olla määritetty tarjouspyynnössä tai tarjouksessa. Sopimuksessa tulee olla määritettyinä selkeästi tehtävät ja tulee varmistua siitä, että kaikki osapuolet ymmärtävät tehtävät samoin. Suunnittelutehtävien ymmärtämiseksi samoina eri osapuolien kesken, on luotu rakennustieto (RT) -kortistot, joissa määritellään eri alojen suunnittelijoiden tehtävien sisältö ottaen huomioon eri suunnittelualojen erityispiirteet ja niiden limittymisen toisten suunnittelualojen kesken. (Kankainen & Junnonen, 2010)

Suunnittelun iterointia tapahtuu sekä uudis- että korjausrakentamisessa. Suunnittelujohdon tehtävänä on arvioida tätä iterointitarvetta ja huomioida sen merkitys suunnitteluresurssien jakamisessa ja järjestämisessä. (RT 13-11120, 2013)



Kuva 8 Suunnittelun johdon ohjausmetodiikka (RT 13-11120, 2013)

Rakennettaessa uudiskohteita suunnitteluratkaisut ovat usein samoja. Korjauskohteissa voidaan kuitenkin joutua tekemään uusia kehitettyjä suunnitteluratkaisuja. Suunnitelmien modulaarisuus on hankkeen kustannus- ja resurssitehokkaan läpiviennin kannalta oleellista, mutta korjauskohteissa suunnitelmien modulaarisuuden muodostaminen on usein haastavaa. (RT13-11120, 2013)

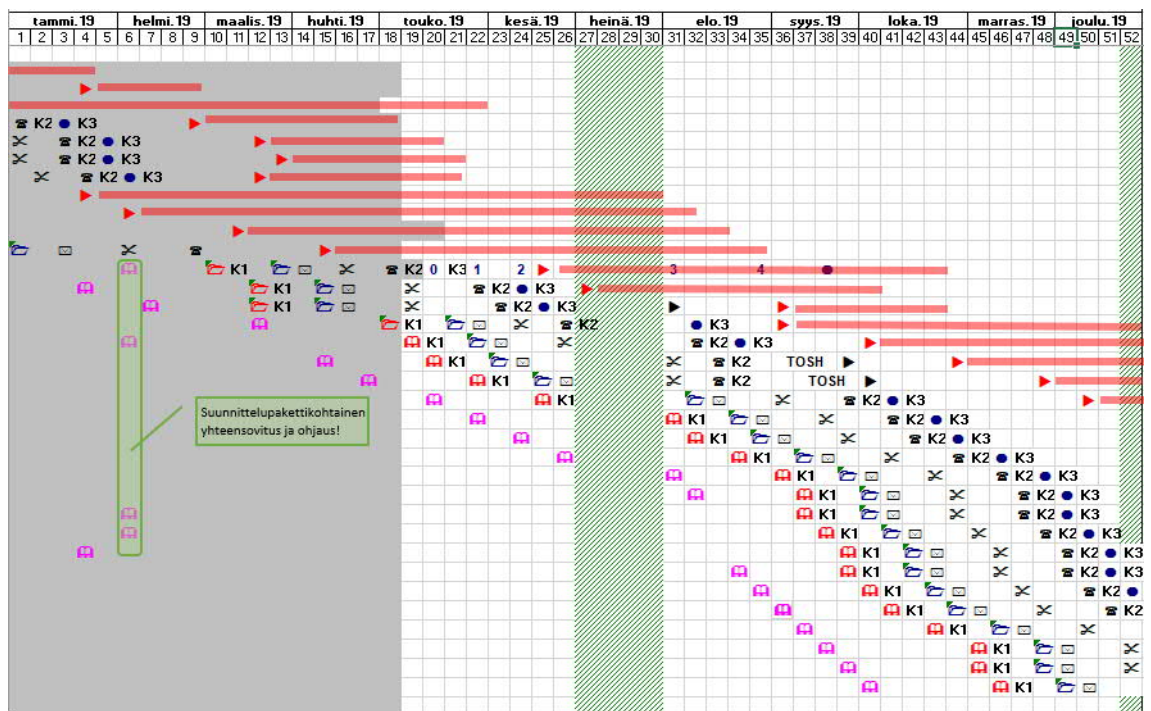
Suunnittelujohdon tehtävänä on edesauttaa suunnittelijoita sekä aikataulun että suunnitelmien sisältöjen yhteensovittamisen kanssa. Suunnitteluryhmistä on pyrittävä tekemään mahdollisimman läpinäkyviä siten, että kaikki suunnittelijoille tärkeät ja oleelliset suunnitelmat ja päätökset ovat kaikkien käytettävissä. Suunnittelujohdon tehtävänä on ohjeistaa suunnittelijoita yhteisistä pelisäännöistä ja varmistettava, että niitä käytetään. (RT 13-11120, 2013)

Suunnittelussa on tärkeää, että muutokset esimerkiksi aikataulussa ja kustannuksissa, tapahtuvat yhteistyössä hanketta johtavan organisaation kanssa. (RT 13-11120, 2013)

Suunnittelun ohjauksen merkitys korostuu korjaushankkeissa, sillä suunnittelua voi tapahtua poikkeavassa järjestyksessä verrattuna uudiskohteiden suunnitteluun. Rakennustöiden aikana joudutaan korjauskohteissa usein täydentämään suunnitelmia samoin kuin asiakirjoja. Suunnitelmat on tarkoituksenmukaista tehdä valmiiksi vasta silloin, kun koossa on kaikki tarpeelliset tiedot. (RT 13-11120, 2013)

Suunnittelijoilla tulee olla käytettävissä kaikki uusimmat hankkeen tiedot. Suunnittelujohdon tehtävänä on varmistaa, että suunnittelijat saavat nämä uusimmat tiedot käyttöön ja tarvittaessa muutossuunnitteluun riittää suunnittelukapasiteettia. Suunnitelmissa ei myöskään saa olla laatueroja, vaan suunnitelmien tulee muodostaa ehyt kokonaisuus suunnittelun eri vaiheissa. Suunnitelmien hyödynnettävyys ja toteutuskelpoisuus läpi hankkeen on suunnittelujohdon käsissä. Mahdollisissa viranomaisyhteistyötä vaativissa muutoksissa suunnittelujohdon tulee olla yhteydessä viranomaisiin sovitun tavan mukaisesti. Kaikista tärkeistä muutoksista on raportoitava hankkeeseen ryhtyvälle. (RT 13-11120, 2013)

Ajallista suunnittelunohjausta voidaan toteuttaa lähtötieto-, suunnittelu- ja hankinta-aikataulun (LSH) mukaisesti. LSH-aikatauluun on koottu eri hankintapakettien vaatimat suunnitelmat ja niiden keskinäiset riippuvuudet. Kuvassa 8. on esitetty malli LSH-aikataulusta.



Kuva 9 LSH-aikataulu suunnittelunohjauksen avuksi (A-Insinöörit Oy, 2007)

LSH-aikataulun avulla suunnittelunjohto pystyy ohjaamaan suunnittelijoita oikeaan suuntaan sekä varmistamaan, että suunnitelmat toimitetaan oikea-aikaisesti. Suunnitelmasisällön laatuvaatimusten ja tavoitteenmukaisen ohjauksen oikea-aikaisuus sidotaan myös LSH-aikatauluun. LSH-aikataulun etuna on, että nähdään, mitä pitää olla tehtynä, ennen kuin rakentaminen voidaan aloittaa.

3.2.1 SUKE

SUKE-malli on vuonna 2006 Teknillisessä Korkeakoulussa (Kruus et. al., 2006) kehitetty parantamaan projektinjohtorakentamisen eri osapuolien tiedonvaihtoa mukaan lukien suunnittelijat, projektinjohto ja toimittajat. SUKE-mallin tarkoituksena on vähentää kaaosta suunnittelijoilla ja samalla vähentää suunnitelmien tekoa useampaan kertaan, joka on projektinjohtorakentamiselle tyypillistä. SUKE-mallin tarkoituksena on laatia tarjouspyyntömateriaaleihin alustavat toteutussuunnitelmat, joista täsmentyy lopulliset toteutussuunnitelmat eri toimittajien suunnitelmaehdotusten mukaan. (Kruus et.al., 2006)

SUKE-mallissa hyödynnetään niin sanottua "työntö ja imu" -mallia, jossa suunnittelua ohjataan suunnitelmapakettien katselmukseen asti työntöohjauksella, jonka jälkeen työmaa ohjaa suunnittelua imuohjauksella. Työntö tarkoittaa projektinjohdon suunnitelmapakettien aikataulutusta ja ohjeistamista sekä suunnittelijoilta näiden noudattamista. Imulla tarkoitetaan, että työmaa määrittää ja ohjeistaa tarjouspyyntösuunnitelmien sisällön ja ajoituksen hankintojen osalta. (Kruus et. al., 2006)

SUKE-mallissa suunnittelu tehdään suunnittelupaketeittain, joissa muodostetaan kokonaisuuksia, joiden keskinäiset riippuvuudet johtavat ratkaisemaan suunnittelun ongelmia yhtä aikaa. Suunnitelmapaketeista muodostetaan kokonaisuuksia, jotka standardoidaan paketeiksi. Tällöin standardoidut suunnitelmapaketit mahdollistavat suunnitelma- ja hankintajaon sekä aikataulutuksen. Suunnitelmapaketit muodostetaan jo hankkeen toteutussuunnittelun alkuvaiheessa projektinjohdon sekä suunnittelujohdon kanssa. (Kruus, et. al., 2006)

Suunnitelmapakettien hyötynä on mahdollisuus rakennustöiden aloitukseen ilman, että kaikki suunnitelmat olisivat valmiit, mahdollistavat lisäaikaa tilaajalle sekä käyttäjälle tilaosan päätöksistä, tuovat tehokkuutta suunnittelun ohjaukseen sekä suunnitelmapakettien ohjauksella saadaan vähennettyä hankintojen ohjauksen kokouksia. Suunnittelutyön osalta suunnitelmapaketeilla saadaan vähennettyä

suunnittelun viimehetkeen kasautumista, helpotetaan tiedonvaihtoa ja voidaan jakaa suunnitteluresursseja tasaisemmin. Suunnitelmapaketteja voidaan hankinnan osalta koota isoiksi hankintakokonaisuuksiksi. Samalla hankintoja voidaan jakaa ja niiden suunnitelmia voidaan porrastaa. Lisäksi ei tarvitse toimittaa kaikkia suunnitelmia, jos suunnitelmia ei kyseisessä hankinnassa tarvita. Suunnitelmapakettien tarveajat, katselmusten ajankohdat ja tarjouspyyntösuunnitelmien toimitusajat esitetään suunnitelma- ja hankinta-aikataulussa. (Kruus et. al., 2006)

Suunnittelu-aikataulu laaditaan suunnitelmapaketeittain, jolloin hankintajaon ei tarvitse selvittää välttämättä suoraan niistä. Riittää kun hankinnan sisältö määritetään heti suunnitelmapakettien valmistumisen jälkeen, jolloin hankintajako esitetään tarjouspyyntömateriaalin kaupallisissa asiakirjoissa. (Kruus et. al., 2006)

Suunnitelmapakettien valmistuttua pidetään sille ennakkokatselmus, jossa tarkastetaan suunnitelmat kokonaisuutena, suunniteltujen ratkaisujen kustannukset, sovitaan mahdollisista muutoksista ja täydennyksistä, ohjeistetaan suunnitelmien toimitusaikataulut ja pakettien hankinnat, ohjeistetaan tarjouspyyntöjen suunnitelmat sekä hankintasuunnitelmien toimitukset. Tätä katselmusta varten projektinjohtototeuttajan on laadittava yksityiskohtainen määräluettelo sekä kustannusarvio, joiden perusteella voidaan laatia budjetti hankintapakettille. (Kruus et. al., 2006)

Hankintastrategian avulla on tarkoitus saavuttaa hankkeelle asetetut tavoitteet hankintajaon ja ajoituksen avulla. Hankkeen ominaisuudet vaikuttavat hankintastrategiaan samoin kuin hankkeelle suunniteltu aikataulu ja markkinatilanne. Projektinjohtorakentamisessa rakennustyöt perustuvat hankintajakoon, jonka peruspilareina toimivat kustannus- ja aikataulusuunnittelu. Hankintajaon perustana ovat päätösten sekä suunnitelmien saanti, toimialat, paikka ja aika. Hankintajaossa toimittajat pystyvät esittämään toteutusvaihtoehtoja sekä toteutusvaihtoehtojen kustannusvaikutuksia. (Kruus et. al., 2006)

Isoissa ja aikataulullisesti kireissä kohteissa voidaan käyttää myös lohkoja tai tila-alueita tai vaihtoehtoisesti voidaan käyttää myös lohkojaon ja toimialojen yhdistelmiä, jolloin saadaan aikataulusäästöjä ja valmista sekä luovutettavissa olevaa tilaa käyttöön. Lohkojaon avulla saadaan myös parannettua suunnitelmia tuleviin lohkoihin ja saada muun muassa pieniä urakoitsijoita kilpailuun mukaan. Hankintajaossa jako toteutetaan eritellen rakentamisvaiheet toisistaan hyödyntämällä jaossa SUKE-suunnitelmapaketteja. Jaossa on otettava huomioon suunnitelmien saanti sekä

rakentamisen edistyminen. Projektinjohtorakennuttamisessa hankintajaon toimitukset voivat olla rakennustuotteita tai vaikkapa työmaan johto, joka on hankittava joko erikseen tai jonkin hankinnan osana. (Kruus et. al., 2006)

Hankkeen tavoitteet liittyvät aikatauluun, aikataulun varmuuteen, hintaan ja sen varmuuteen, eri suunnitteluratkaisuihin ja niiden laatutasoihin, työmaan laadunvarmistukseen ja lisäksi tilaajan työmäärään sekä suunnitelmamuutoksiin ja niiden joustavuuteen. Jotta joustava ratkaisujen laatutaso voidaan valita, tilaajan ja käyttäjän tulee pilkkoa laatu- ja hintaperusteita. Toiminallisilla kokonaisuuksilla saadaan varmuutta laatuun ja sen toteutumiseen työmaalla. (Kruus et. al., 2006)

SUKE-mallissa hankinnat voidaan toteuttaa Kruusin ja muiden (2006) mukaan toteutussuunnitelmiin perustuen, ohjeellisiin suunnitelmiin perustuen tai suunnitelmavaatimuksiin perustuen. Nämä kolme erilaista hankintamuotoa eroavat toisistaan siten, että toteutussuunnitelmapohjaisessa hankinnassa tarjouspyynnössä on sisällytettynä kaikki kyseessä olevat osaurakan toteutussuunnitelmat. Tämän seurauksena ei suunnitteluaineistossa saa olla merkittäviä ja oleellisia puutteita. Suunnittelun ohjauksella varmistetaan, että suunnitelmat vastaavat tavoitteita. Kaikki suunnittelua koskevat päätökset on tehtävä ajoissa ja ratkaisujen on oltava soveltuvia useimpien valmistajien tuotantoon. Toteutussuunnitelmin tapahtuvassa hankinnassa tarjouspyyntö sisältää kaikki kyseessä olevat osaurakan toteutussuunnitelmat. Toteutussuunnitelmapohjaisessa hankinnassa voidaan kiinteähintaisia urakoita solmia ja lisä- sekä muutostöitä ei esiinny merkittävästi. Lisäksi sopimuksen teko myös yksikköhintaisena on mahdollista tai, jos suunnitteluratkaisut ovat osittain avoimia, voidaan käyttää optiohintoja. Toteutussuunnitteluun pohjautuvassa kyselyssä on mahdollista päätyä ratkaisuun, jossa alkuperäiset suunnitelmat kuvaavat hankinnan sisältöä ohjeellisina tai suunnitteluvaatimuksina. Urakoitsijoiden sitoutumista voidaan varmistaa käymällä suunnitelmat läpi toimittajien kanssa ennen kuin urakoitsijat valitaan hankkeelle. (Kruus et. al., 2006)

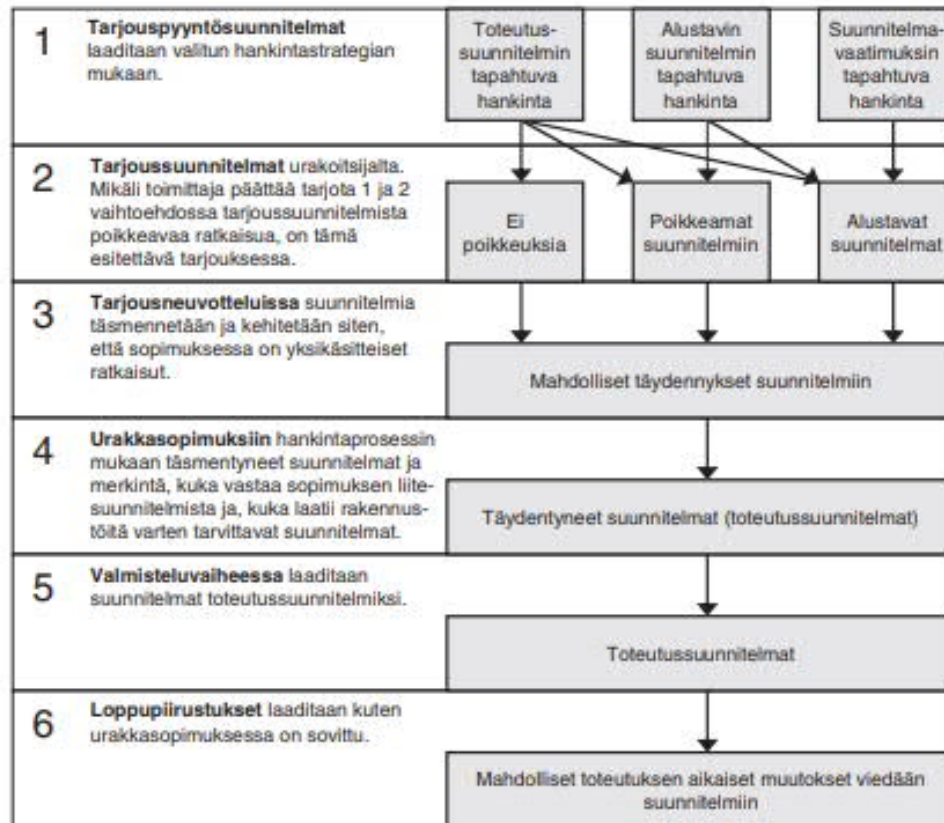
Ohjeellisin suunnitelmin tehtävälle hankinnalle ominaista on, että tarjouksia pyydetään alustavilla suunnitelmilla, joita voidaan täydentää ja kehittää laskenta-aikana toimittajien ehdotusten pohjalta. Tällöin toteutussuunnittelun aikainen yhteistyö on tärkeää. Ohjeellisin suunnitelmin tapahtuvassa hankinnassa tarjouspyynnöt saadaan liikkeelle nopeasti, sillä tilaajan suunnittelijat yhteensovittavat toimittajien tuotteet ja liittyvät rakenteet. Ohjeellisen suunnittelun vahvuutena on, että toimittajat saadaan sidottua projektiin aikaisin, jolloin he osaavat varata kapasiteettiaan hankkeelle. Tarjouspyyntöjä varten laaditaan alustavat suunnitelmat. (Kruus et. al., 2006)

Suunnitteluvaatimuksiin perustavalle hankinnalle on ominaista, että tarjouksia pyydetään toiminnallisilla ja esteettisillä vaatimuksilla. Tavoitteena on, että toimittaja ottaa vastuun tuotteen toteutussuunnittelusta sekä tuotteen toimituksesta kokonaisuutena paikalleen asennettuna. Tähän hankintamuotoon kuuluu oleellisesti tilaajan halu hyödyntää toimittajien innovaatioita. Suunnitteluvaatimuksiin perustavalle hankinnalle ominaista on myös, että toimittajat sitoutuvat aikaisin kokonaishintaan ja toimitusaikatauluun. Toimittajan tehtävänä on vastata suunnitteluratkaisujen toimivuudesta. Tilaajan vastuulla on tuoteosasuunnitelmien tarkastus-, hyväksymis- ja yhteensovitusvelvoitteen sisällyttäminen yleissuunnittelijoiden sopimukseen, jolloin tarjousneuvotteluiden lukumäärä kasvaa. Näiden seurauksena tarjousten täsmennyksiä tarvitaan paljon. (Kruus et. al., 2006)

Käyttötarkoitukset suunnitelmille voidaan jakaa SUKE-mallissa toteutussuunnittelun eri vaiheissa Kruusin ja muiden (2006) mukaan:

1. Suunnitelmapaketin suunnitelma
2. Hankintapaketin tarjouspyyntösuunnitelma
3. Tarjoussuunnitelma
4. Sopimussuunnitelma
5. Toteutussuunnitelma rakentamista varten
6. Loppupiirustus

Kuvassa 9. esitetään suunnitelmien kehittyminen hankintaprosessin eri vaiheissa.



Kuva 10 Suunnitelmien kehittyminen hankintaprosessin eri vaiheissa (Kruus et. al., 2006)

Projektinjohtohankkeissa tilaajan tulee voida tehdä päätöksensä oikea-aikaisesti, jolloin päätösten teko on mahdollista. Tällöin projektinjohtohankkeissa tulee hankkeen vaiheet limittää. Projektinjohtototeutuksen tarkoituksena on suunnitelma-asiakirjojen läpikäynnillä ennakoida ja vähentää ongelmia ennen rakennustöiden aloitusta. Projektinjohtototeuttajat, suunnittelijat ja toimittajat voivat kehittää yhdessä toteutussuunnitelmia. Projektinjohtototeuttajien ja suunnittelijoiden kesken laaditaan tarjouspyyntöaineiston kaupallisen osan vaatimukset suunnitelmien kehittämistä koko hankkeen aikana sekä loppupäätökset laadinnasta. Kaupallisiin asiakirjoihin on saatava maininta toimittajilta vaadittavista tarjous-suunnitelmista, suunnittelijoiden tekemistä lisäsuunnitelmista ennen rakentamisen aloittamista, toimittajien asennussuunnitelmat ennen rakentamisen aloittamista ja tuotantosuunnitelmien dokumentointi sekä toimittajien että suunnittelijoiden osalta. (Kruus et. al., 2006)

Projektinjohtototeuttaja tarkistaa suunnitelmat toimittajaehdokkaan kanssa. Tällöin tarkistetaan toimittajan ratkaisuehdotuksen poikkeavuus tarjouspyyntösuunnitelmista, toimittajan kehitysehdotukset tarjouspyyntösuunnitelmiin, lisäsuunnitelmien tarve, asennussuunnitelmien tarve, toimittajan takuu ja loppupäätökset laadinta.

Projektinjohtototeuttaja ohjeistaa ja valvoo toimittajan sekä rakennuttajan suunnittelijoiden tiedonvaihtoa ja suunnitelmien laadintaa. (Kruus et. al., 2006)

Projektinjohtourakoitsija valvoo, että toimittajat toimittavat suunnittelijoille muutokset suunnitelmiin, toimittajat muuttavat suunnitelmiaan suunnitelmiin tehtyjen muutosten mukaisesti ja, että tehdyt muutokset toimitetaan rakennuttajalle vastaanottotarkoituksen yhteydessä. (Kruus et. al., 2006)

Kruusin ja muiden (2006) mukaan projektinjohtohankkeissa toteutussuunnitteluun jätetään riittävästi aikaa eikä suunnitelmien kaikkia yksityiskohtia tarvitse tehdä tarkasti. Lisäksi on voitu tarkastella eri toimittajien ratkaisujen toimivuutta kokonaisuuteen yhdessä hankkeen eri osapuolien kesken. Projektinjohtorakentamisessa on myös saatu hyödynnettyä jokaiselta hankkeen osapuolelta heidän ammattitaitonsa, kun osapuolet ovat voineet keskittyä omaan osaamiseensa (Kruus et. al., 2006)

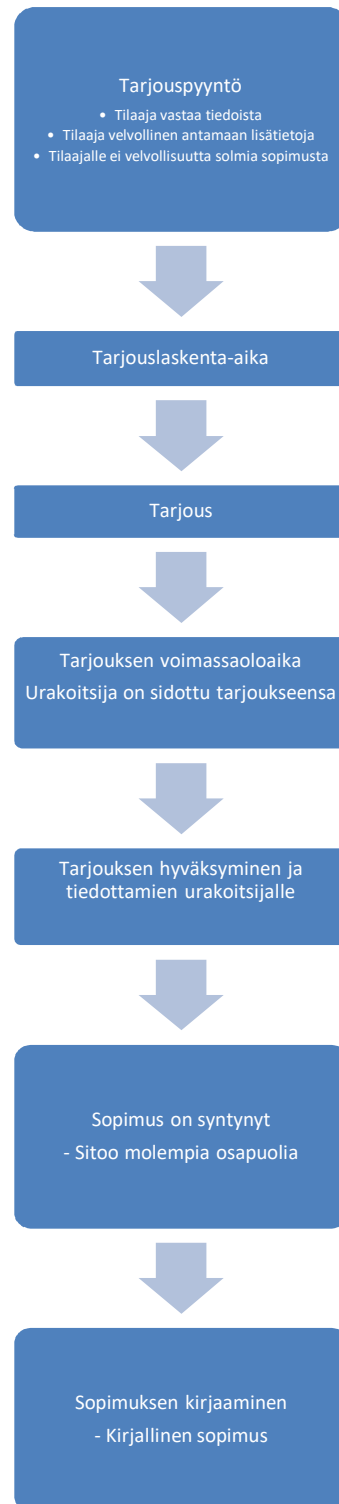
Rakentamisessa toisiinsa limitetyissä malleissa toteutussuunnittelun ja hankintojen kesto on ollut avoin loppupäästä. Yleensä rakennushanke on voitu toteuttaa joko ketjumallilla, rinnakkaisella projektinjohtomallilla tai ketjutetulla projektinjohtomallilla. Usein korjauskohteissa on ajautettu ongelmiin, jos hanke on toteutettu nopeasti limittyvänä projektinjohtomallina. (Kruus et. al., 2006) Projektinjohtorakentamisen suunnittelu-aikataulu tehdään yleensä hankintapaketeittain, mutta ne eivät sovellu kovin hyvin aikataulutukseen ja suunnittelunohjaukseen, koska hankintapaketit muodostavat vääriä ja pieniä irrallisia osia. Suunnitelmapaketteja voidaan hyödyntää suunnitelma- ja hankintajaossa sekä niiden aikataulutuksessa. Suunnitelmapaketit päätetään hankkeen toteutussuunnittelun alkuvaiheessa. Suunnitelmapakettien muodostuksessa periaatteena on muodostaa aikataulullisesti samassa vaiheessa hankittavista ja samassa yhteydessä suunniteltavista osista yksi suunnitelmapaketti. (Kruus et. al., 2006)

3.2.2 Sopimukset

Hemmo ja Hoppu (2006) mukaan perusvaatimuksena urakkakilpailuperiaatteelle on, että urakka-asiakirjat tulee laatia selviksi ja yksiselitteisiksi. Urakoihin ei tule sisällyttää kohtuuttomia ehtoja tai piilossa olevia riskejä ja kaikki urakkaan kuuluvat ehdot on ilmoitettava tarjouspyyntöasiakirjoissa. Tarjouspyynnöt tulee lähettää kaikille urakoitsijoille samaan aikaan samalla sisällöllä ja urakoitsijoiden tulee saada riittävästi laskenta-aikaa tarjousta varten. Kaikista tarjouspyyntöön vaikuttavista muutoksista tulee

ilmoittaa kaikille tarjouspyynnön saaneille urakoitsijoille samansisältöisesti ja samanaikaisesti. (Hemmo & Hoppu, 2006)

Urakkasopimus edellyttää tarjouksen ja hyväksytyn vastauksen tarjoukseen. Urakkasopimuksessa ei saa olla rajoituksia tai ehtoja, joita ei ole määritelty tarjouspyynnössä tai hyväksytty tarjouksessa. Urakoitsijan, joka on valittu suorittamaan urakka, on saatava tieto viipymättä urakkatarjouksen hyväksymisestä. Muille urakkatarjouksen jättäneille on myös ilmoitettava urakoitsijan valintapäätöksestä tilaajatahon luonteen määrittävän hankintamenettelyä säätelevän menettelyn tavalla. Kuvassa 10. on esitetty urakkasopimuksen syntyminen muissa kuin julkisissa hankinnoissa, joissa sopimuksen syntyminen edellyttää sopimuksen allekirjoittamista. (Kankainen & Junnonen, 2010)



Kuva 11 Urakkasopimuksen syntyminen (Kankainen & Junnonen, 2010)

Urakkaneuvotteluja käydään urakoitsijoiden kesken, jotta voidaan varmistaa, että molemmat osapuolet ovat ymmärtäneet sopimusehdot, suunnitelmat ja laatuvaatimukset keskenään samalla tapaa. Selonottoneuvotteluissa käydään läpi urakkasopimuksen teknisiä ratkaisuja ja tulkintaa urakkasopimuksen lauseista. Rakennusalalla ei ole

hyväksytyä neuvotella pelkästään urakkahinnasta urakkakilpailun pelisääntöjen mukaisesti. (Kankainen & Junnonen, 2010)

Rakennusurakkasopimus syntyy, kun tilaaja ilmoittaa hyväksyneensä urakoitsijan tarjouksen. Tarjouspyynnössä oleva maininta kirjallisesta sopimuksesta edellyttää molemmilta puolilta allekirjoitusta urakkasopimukseen. Tarjouksen hyväksymisen jälkeen on kummankin osapuolen täytettävä sopimuksen mukaiset tehtävät. Tilaajalla on oikeus purkaa sopimus, jos urakoitsija ei suostu allekirjoittamaan sopimusta. Tällöin tilaajalla on oikeus antaa työt urakkakilpailussa toiseksi tulleelle urakoitsijalle ja vaatia samalla kieltäytyneen urakoitsijan maksamaan toiseksi tulleen urakoitsijan ja oman urakkahintansa välisen erotuksen. Tilaaja ei saa kuitenkaan purkaa sopimusta ennen kirjallista huomautusta ja ilmoitusta uhasta purkaa urakkasopimus. (Kankainen & Junnonen, 2010)

Rakennusurakkasopimus koostuu allekirjoitetusta sopimuksesta ja sopimuksen liiteasiakirjoista. Urakkasopimuksen asiakirjat voidaan jakaa tarjouspyyntöasiakirjoihin ja sopimusasiakirjoihin. Asiakirjat voidaan jakaa myös kaupallisiin ja teknisiin asiakirjoihin, jotka voidaan edelleen jakaa hanke- ja sopimuskohtaisiin asiakirjoihin. Hyvän sopimuskäytännön mukaisesti asiakirjoissa tulee esittää kukin asia asiaa varten tarkoitettussa asiakirjassa. Jotta vältetään ristiriidoilta, asiat on tehtävä sopimukseen vain yhteen kertaan. Näiden lisäksi hyvän sopimuskäytännön mukaisesti tilaajalla on velvollisuus esittää kaikki urakan suorittamiseen vaikuttavat tiedossa olevat asiat. (Kankainen & Junnonen, 2010)

Sopimusvapausperiaatteen mukaan sopijapuolilla on oikeus määrittää itse sopimuksen sisältö. Rakennusalan käytäntö määrittää sopimukseen kohtuullisena pidettävät ehdot. Urakkasopimus vaikuttaa vain sopimuksen osapuoliin ja pääurakoitsijan sopimusehdot rakennuttajan kanssa koskevat aliurakoitsijaa pelkästään silloin, kun nämä ehdot on kirjattu aliurakkasopimukseen. Sopimusvapauden mukaan rakennushankkeen sopimus on sopijapuolten määritettävissä, jolloin sopimus voi olla kirjallinen tai suullinen. (RIL 226-2014, 2014)

Urakkasopimukset laaditaan yleensä urakkasopimuslomakkeiden ja rakennusalan yleisten sopimusehtojen (YSE 1998) mukaan. Näiden asiakirjojen avulla pyritään ottamaan huomioon tasapuolisesti eri osapuolien edut ja jakamaan riskit kohtuullisesti osapuolien välille. Rakennusurakan yleiset sopimusehdot on tarkoitettu elinkeinonharjoittajien välisiin rakennusurakkasopimukseen. YSE 1998 mukaiset sopimusehdot soveltuvat koko urakkaketjuun ja soveltuvat ilman muutoksia myös sivu-

ja aliurakoihin. Liian yksipuoliset omat sopimusehdot tulkitaan usein sopimuksen laatijan vahingoksi. (Kankainen & Junnonen, 2010)

Urakkasopimukset jaetaan kaupallisiin ja teknisiin asiakirjoihin, joista kaupalliset asiakirjat ovat:

- Urakkasopimus
- Urakkaneuvottelupöytäkirja
- Rakennusurakan yleiset sopimusehdot (YSE 1998)
- Tarjouspyyntö sekä ennen tarjouksen antamista annetut kirjalliset lisäselvitykset
- Urakkaohjelma tai muut sopimuskohtaiset urakkaehdot
- Urakkarajaliite
- Tarjous
- Määrä- ja mittaluettelot
- Muutostöiden yksikköhintaluettelo

Teknisillä asiakirjoilla kuvataan rakennustyön sisältöä, laatua ja suoritusta. Tällöin asiakirjat jaotellaan työkohtaisiin laatuvaatimuksiin ja –selostuksiin, sopimuspiirustuksiin sekä yleisiin laatuvaatimuksiin ja työselostuksiin. Urakka-asiakirjoille on määritettävä keskinäinen pätevyysjärjestys, joka voi olla yleisten sopimusehtojen (YSE 1998) mukainen tai sopimuskohtainen. (RIL 226-2014, 2014)

Rakennusurakkasopimuksien teossa käytetään yleensä alan vakioehtoja ja -käytäntöjä. Tällöin ehdot perustuvat rakennuttaja- ja urakoitsijatahojen välisiin pitkäaikaisiin valmisteluihin. Yleisten sopimusehtojen käytössä voidaan tutkia, onko urakkasopimuksessa joltakin osin syytä poiketa vakiomääräyksistä. (Hemmo & Hoppu, 2006)

Tapauskohtaisesti on mietittävä sivu-urakoiden alistamissopimusten juridinen asema. Yleinen käytäntö on sijoittaa nämä alistamissopimukset pätevyyksien mukaisesti järjestykseen urakkasopimuksen perään. Suositeltavaa on määrittää yleisille laatuvaatimuksille ja työselostuksille pätevyysjärjestys toisistaan poikkeavien vaatimusten takia. (RIL 226-2014, 2014)

3.2.3 Suunnittelun ja sopimusten virtautus

Urakkasopimusten lisäksi aliurakkasopimusten tulee mahdollistaa tahtituotanto. Tällöin aliurakoitsijoiden työnjohtajien ja työntekijöiden nokkamiesten osallistuminen virtautetun tuotannon suunnitteluun on ensiarvoisen tärkeää. Kaikille työntekijöille on selvitettävä virtautetun tuotannon ydinajatus, jotta työmaan itseohjautuvuus lisääntyy. (Saari et. al., 2018)

Saaren ja muiden mukaan (2018) rakennesuunnittelun tehtävänä on tuottaa rakentamista varten suunnitelmat sekä samalla tuottaa ratkaisu rakennuksen käyttäjien tarpeisiin. Rakentamisessa käytettävät suunnitelmat on oltava sellaiset, että rakennettaessa työmaalla on oltava ristiriidattomat ja yksikäsitteiset suunnitelmat. (Saari et. al., 2018)

Projektinjohtomuodoissa suunnitelmien toimittaminen on Saaren ja muiden mukaan (2018) tahdistettava toteutuksen kanssa, sillä suunnittelun ja toteutuksen limittyessä aikataulut ovat häiriöherkkiä. Tällöin suunnitelmien viivästyessä tuotannon viivästyminen riski kasvaa. Suunnitelmien ylläpitäminen ajan tasalla ja niiden toimittaminen oikea-aikaisesti vaatii suunnittelijoilta tarpeeksi osaavia resursseja. Näiden seurauksena suunnittelu on tahdistettava tuotantoa ohjaavien aikataulujen kanssa. Virtauttaminen tulee toteuttaa hallitusti sekä aikataulullisesti että keskeneräisen työn osalta rajoittamalla sitä. (Saari et. al., 2018)

Suunnittelun virtauttamiseen voidaan käyttää apuna SUKE-tutkimuksessa (Kruus et. al., 2006) kehitettyä suunnitelmapakettimenettelyä. Eri suunnittelualojen keskenään kytketyvät suunnitelmapaketit tulee katselmoida ja koordinoita samanaikaisesti. Suunnitelmapakettien muodostumisessa periaatteena on, että aikataulullisesti samaan aikaan toteutettavat rakennusosat muodostavat suunnitelmapaketin. Suunnitelmapaketteihin kuuluu rakennuttajan päätöksiä ja rakennus- sekä talotekniikan eri ratkaisujen yhteensovittamista. (Saari et. al., 2018)

Virtauttamalla suunnittelua voidaan parantaa suunnittelun sisäistä tuottavuutta samalla keskittyen koko hankkeen virtauttamiselle. Rakentamisen integraatiomekanismit (RAIN) -hankkeen (Saari et. al., 2018) loppuraportin mukaan suunnittelun tuottavuutta kehitetään usein suunnittelun suunnittelulla, jonka tarkoituksena on aikatauluttaa suunnittelua ja huomioida eri suunnittelualojen keskinäisiä riippuvuuksia. Koko hankkeen kokonaisoptimoinnin kannalta hankkeen suunnittelun osaoptimointi on usein ristiriidassa. Tällöin suunnittelun virtauttamisesta joustetaan tai jopa luovutaan

kokonaan. Syynä suunnittelun virtauttamisesta luopumiseen tai joustavuuteen on usein suunnittelutyön halpuus työmaan viivästymiseen verrattuna. (Saari et. al., 2018)

Suunnittelun virtauttamisella pyritään Saaren ja muiden (2018) mukaan: ”suunnittelun tehostamiseen hankkeen kokonaisuuden virtaukseen keskittyen.” (Saari et. al., 2018) Suunnitteluprosessin virtauttamisessa tavoitteena on ottaa suunnittelutehtävien sisältö ja aikataulu tarkasti huomioon samalla, kun huomioidaan suunnittelutehtävien edellytykset ja keskinäiset riippuvuudet. Suunnittelun virtauttamisessa yhteistyö urakoitsijan kanssa on tärkeässä osassa, jotta suunnittelijat saavat näkemyksen suunnitelmien toteutettavuudesta ja suunnitelmien oikea-aikaisuudesta. Virtauttamisessa pyritään pilkkomaan suunnitteluprosessit pieniin osiin suunnittelun tarjousvaiheessa suunnittelun tehtäväluetteloita tekemällä. (Saari et. al., 2018)

Suunnittelun tehtäväluetteloiden mukainen suunnittelutyön tekeminen saattaa unohtua, jolloin suunnittelutyö leviää. Suunnittelutyön levitessä sen seuraaminen on vaikeaa ja hankala ohjata. Saaren ja muiden (2018) mukaan suunnitelmat voivat olla valmiusasteeltaan 35%, mutta ei olla varmoja johtuuko valmiusaste siitä, että suunnitelmista on valmiina kolme kymmenestä vai jokaisesta suunnitelmasta kolmasosa. Suunnittelun tahdistamista tärkeämpänä pidetään suunnittelun hallintaa ja suunnittelun laatua. Tahdistamista tärkeämpänä pidetään aikatauluttamista, resursointia sekä päivittäistä johtamista. Suunnittelun ja suunnitelmien tahdittaminen on aiheellista, jos rakennustuotanto on tahdistettu. Jos rakennustuotantoa ei tahdisteta, silloin suunnittelutyön tahdittamisesta ei saada rakennustuotantoon hyötyä, jolloin ei saada hyödynnettyä rakennustuotannon imuohjausta. (Saari et. al., 2018)

3.3 Tilaajan riskit tahtiaikatoteutuksessa

Linnikin ja muiden (2013) mukaan tahtituotannon riskinä on kapasiteettimenetykset sekä useat häiriöt tuotannossa. (Linnik et. al., 2013) Tilaajalle tämä voi konkretisoitua myöhästyneinä tahteina ja osakohteiden luovutusten ja pahimmassa tapauksessa koko työmaan myöhästymisenä. (Dlouhy & Binninger, 2017)

Riskejä tilaajalle voivat aiheuttaa myös liian myöhään aloitettu tahtituotannon suunnittelu hankkeessa. Tilaajan pitää tehdä hankkeen aikaisessa vaiheessa päätös, että käytetään tahtiaikatoteutusta ja mahdollistaa urakoitsijalle sen käyttö. Riskinä on myös tahtituotannon sitominen koko hankkeeseen, ilman, että tunnistetaan työvaiheita, joita ei voida tahdistaa järkevästi. (Dlouhy et. al., 2016)

Tahtituotannolle on tyypillistä tarvita hieman enemmän työntekijöitä kuin normaalisti. Työntekijöiden määrän kasvaessa osa työntekijöistä voi olla kokemattomia ja osaamattomia, jolloin vaaraksi muodostuu tahdin kärsiminen ja tällöin koko aikataulun myöhästyminen. (Saari et. al., 2018) Vaarana on myös, että urakkasopimuksia ja aliurakkasopimuksia ei tehdä virtautusta mahdollistaviksi. (Binninger et. al., 2017)

Suunnitelmilla on merkittävä rooli tahtituotannon onnistumisessa työmaalla. Saaren ja muiden (2018) mukaan suunnittelun ja rakentamisen limittyminen keskenään ovat riskialttiita tahtituotannon näkökulmasta. Suunnitelmien myöhästyessä tahtituotannon häiriöriski kasvaa. (Saari et. al., 2018)

Tilaaajan tilatessa hankkeeseen tahtiaikatoteutuksen riskinä on, että tilaaja ei tunnista tahtiaikatoteutuksen ominaispiirteitä ja ei sitoudu tahtiaikatoteutukseen. Suuri riski on silloin, jos tilaajalla tapahtuu organisaatiomuutoksia hankkeen aikana. Tilaajan pitää ymmärtää myös, mitä tahtituotanto vaatii sopimukseen. Myös tuotannon suunnittelu yhdessä urakoitsijoiden ja aliurakoitsijoiden kanssa luo edellytyksiä tahtitoteutuksen onnistumiselle. Tällöin tilaajan on tärkeää ymmärtää mitä tahtituotanto edellyttää. Tilaajan pitää tunnistaa nämä erityispiirteet yhdessä urakoitsijoiden kanssa, jotta välttyään tuotantoa rajoittavista tekijöistä heti hankkeen alkuvaiheessa.

Projektinjohtorakentamisessa usein käytettävät SUKE-mallin mukaiset suunnitelmapaketit palvelevat usein yhtä tai useampaa hankintapakettia. Tällöin tilaajan pitää pystyä luovuttamaan suunnittelijoille riittävästi lähtötietoja, jotta suunnittelijat pystyvät suunnittelemaan suunnitelmat valmiiksi riittävän ajoissa tahtiaikatoteutukseen nähden. Riskinä on Kullan (2018) mukaan, että suunnittelijat eivät tiedä mitä lähtötietoja he tarvitsevat. (Kulta, 2018)

Tilaaajan tilatessa suunnittelua virtautettuna, on riskinä suunnittelijoiden erilainen osaamistaso, suunnittelun kehitystyön puute sekä hankkeiden koon ja laajuuden vaihtelevuus. (Saari et. al., 2018)

3.4 Tilaajan hyödyt tahtitoteutuksessa

Tahtituotannon hyötynä tilaajalle on rakentamisen keston lyheneminen, kun rakentamisen tuottavuus parantuu (Frandsen et. al. 2013). Aikataulusäästöjen seurauksena tilaajalla on mahdollisuus aikaisemmin alkavaan kassavirtaan verrattuna perinteisellä mallilla toteutettuun hankkeeseen, sillä rakennuksen luovutus aikaistuu. Esimerkiksi hotellihankkeissa tämä näkyy siten, että asiakkaat pääsevät aikaisemmin

valmiiseen hotelliin. Tahtituotannon ansiosta saatava mahdollinen aikataulusäästö näkyy myös mahdollisten rahoituskulujen vähenemisenä.

Tahtituotannossa tuotantoalueet jaetaan tuotantolohkoihin (Frandsen et. al., 2013). Tuotantolohkojen valmistuessa porrastetusti vähennetään tällä hetkellä rakentamisessa tyypillistä kaaosta luovutuksen yhteydessä. Lohkoittain luovutuksilla saadaan lisättyä urakoitsijoiden itselleluovutusvaiheiden laatua. Virheiden ja puutteiden määrän vähentyessä tilaaja saa mahdollisen luovutettavan lohkon aikaisemmin käyttöönsä. Tuotantolohkoittain tehtävä luovutus tilaajalle mahdollistaa myös vuokralaisten muuttamisen lohkoittain kohteeseen. Tämän ansiosta tilaajalla on mahdollisuus saada tuottoa lohkoilta, joiden luovutus on aikaisemmin kuin muu hanke. Tuotantolohkoittain käyttöönotto voi olla haasteellista kohteesta ja viranomaisista riippuen. Pyrittäessä kohteen osaluovutuksiin tulee sopimuksissa huomioida muun muassa sopimuskirjaukset takuuajasta sekä turvallisuusvaikutukset esimerkiksi sprinklauksen ja poistumistöiden osalta. Joka tapauksessa menetelmä edesauttaa ja helpottaa kohteen lopullisen vastaanoton prosessia ja onnistumista.

Tahtituotannolla saavutettavia hyötyjä ovat myös rakentamisen laadun paraneminen. Laadun paraneminen on seurausta optimoidusta rakentamisprosessista sekä rakentamisen läpinäkyvyyden kasvusta. Tahtituotannossa yhden työpaketin tullessa valmiiksi tahtialueella, seuraavan työpaketin tekijän tulee varmistaa, että hän pystyy työskentelemään tahtialueella ja vastaanottamaan tahtialue. Tällöin tahtialueiden työt tulevat valmiiksi ennen kuin se luovutetaan. (Frandsen et. al. 2013)

Tilaaja hyötyy tahtituotannosta, jos hän tekee päätöksen tahtituotannon käyttämisestä aikaisin. Tilaajan tulee tällöin tehdä päätös tahdin käyttämisestä. Tilaajan tulee pystyä tunnistamaan hankkeen ominaispiirteet ja ymmärtää onko tahtituotannon käyttö mahdollista kyseisessä hankkeessa. (Dlouhy et. al., 2016)

Tahtituotannon ominaispiirteenä on, että työntekijöiden määrä kasvaa. Kasvun seurauksena työmaalle voidaan saada kokeneita ja osaavia työntekijöitä, jonka seurauksena tahdissa pysyminen on mahdollista ja aikataulusta myöhästymisiä ei tapahdu (Saari et. al., 2018) Tilaaja hyötyy myös, jos suunnittelu-, urakka- ja aliurakkasopimukset tehdään virtautusta tukeviksi. (Binninger et. al., 2017)

4. SUUNNITTELUNOHJAUKSEN SEKÄ VALMISTELUN INTEGROINTI TAHTITUOTANTOON - HAASTATTELUTUTKIMUS

4.1 Haastattelututkimuksen toteuttaminen

Tässä diplomityössä aineistonkeruumenetelmänä on käytetty puolistrukturoitua teemahaastattelua, jossa haastateltaville esitettiin samoja tai likipitään samoja kysymyksiä samassa järjestyksessä. Puolistrukturoitua teemahaastattelua voidaan käyttää kvalitatiivisessa tutkimuksessa. (Tuomi & Sarajärvi, 2009)

Puolistrukturoitu teemahaastattelu tarkoittaa Koskinen et al. mukaan (2005), että haastattelun apuna käytetään etukäteen valmistettuja kysymyksiä. Teemahaastattelulle on tyypillistä, että aihepiiristä voidaan keskustella hyvin vapaasti haastattelijan ohjaamana ja haastattelutilanteet voivat vaihdella keskenään toisistaan. Teemahaastattelussa on tärkeää käydä läpi haastattelun teemat jokaisen haastateltavan kanssa ilman, että muotoillaan kysymykset sanatarkasti. (Eskola & Suoranta, 2014)

Haastattelu rakennettiin tutkimuskysymyksen pohjalta, miten tilata tahtituotanto mukaan hankkeeseen oikein. Haastattelun tarkoituksena oli selvittää ovatko urakoitsijat käyttäneet tahtituotantoa hankkeissaan vai eivät, minkä tyyppisissä hankkeissa he olivat tahtituotantoa käyttäneet, miten he kokivat onnistuneensa tahdin käytössä ja mitä tilaajan pitäisi tehdä suunnitelmien ja sopimusten eteen, jotta tahtituotanto saataisiin mukaan rakennushankkeisiin. Haastattelukysymykset sekä kysymysrunko käytiin läpi yliopiston sekä A-Insinöörit Rakennuttamisen ohjaajien kanssa ennen kuin haastattelu toteutettiin. Teemahaastattelun kysymysrunko oli jaettu koskemaan rakentamista ja suunnittelua ja lopuksi haastattelu vedettiin yhteen yleisillä kysymyksillä. Teemahaastattelun runko oli seuraava:

Rakentaminen

1. Onko tahtituotantoa käytetty hankkeissanne?
2. Millaisissa hankkeissa tahtituotantoa on käytetty?
3. Mitkä asiat on tahtituotannossa koettu haasteelliseksi?

4. Mitkä ovat olleet tahtituotannon parhaat hyödyt asiakkaalle, yritykselle itselleen, muille hankkeen osapuolille?
 - 4.1. Mitkä asiat/toimenpiteet ovat johtaneet tahdin käytön onnistumiseen?
5. Mitkä ovat olleet tahtituotannon suurimmat haasteet teidän yrityksellenne, asiakkaalle ja muille hankkeen osapuolille?
 - 5.1. Mitkä asiat/toimenpiteet ovat johtaneet tahdin käytön ongelmiin/epäonnistumisiin?
 - 5.2. Miten edellä mainittuja ongelmia/epäonnistumisia voisi torjua??
6. Onko tilaajaorganisaatio ollut valveutunut tahdista ja osannut vaatia sen käyttöä, jos on, miten se on ilmennyt?
7. Jos tilaaja ei ole ollut valveutunut tahdin käyttömahdollisuudesta, millä keinoin tilaaja olisi voinut vaatia/edellyttää tahtituotantoa hankkeessa?
 - 7.1. Miten tilaajan olisi mielestänne pitänyt tilata tahtituotanto mukaan hankkeeseen?
8. Mitä tilaajan tulisi huomioida Urakkaohjelmaan vaatimuksina tahtituotannon huomioimisesta päätoteuttajan tekemiin alihankintasopimuksiin? (vrt. usein Urakkaohjelmissa olevat rajoitukset alihankintaketjun pituudelle, yms.)
9. Toimivasta tahtituotannosta voivat hyötyä niin tilaaja kuin rakennusliike – miten näitä osapuolia voisi kannustaa tahtituotannon onnistumiseen? Miten hyötyä voisi jakaa?

Suunnittelu

1. Olivatko suunnittelijat tietoisia, että hankkeessa käytetään tahtituotantoa?
 - 1.1. Miten tämä ilmeni, oliko kirjattu suunnittelusopimukseen tai suunnitteluohjeisiin?
2. Onko suunnitelmilla ollut mielestänne osuutta, jos tahtituotanto on onnistunut/epäonnistunut, jos on, miten se on ilmennyt?
3. Mitä tilaajan pitäisi suunnittelulta vaatia, että tahtituotanto onnistuisi?

4. Missä osa-alueella koette tärkeäksi kehittää tai lisätä tietoisuutta tahdin käytöstä?
5. Mitä tilaajan pitäisi käyttäjiltä/vuokralaisilta vaatia, että tahtituotanto onnistuisi?
 - 5.1. Miten em. vaatimuksien täyttämisen johtamista voisi käytännössä tehdä?
6. Mitä päätoteuttajan tulisi tehdä suunnitelmien suhteen, jotta tahtituotanto onnistuisi?
7. Mitä alihankkijan tulisi tehdä suunnitelmien suhteen, jotta tahtituotanto onnistuisi?

Yleinen

1. Jos tahtituotantoa ei ole käytetty hankkeissanne, niin olisiko kiinnostusta käyttää ja minkä tyyppisissä hankkeissa haluaisitte sen käyttöä kokeilla?
2. Jos tahtituotantoa ei ole käytetty, mutta kiinnostusta sen käyttöön olisi, niin minkä koette haasteelliseksi, kun tahtia ei ole käytetty?
3. Koetteko, että tahdistä on tietoa riittävästi? Jos ette koe, että tahdin käytöstä on riittävästi tietoa, minkä tahon toimesta haluaisitte koulutusta aiheesta?

Haastattelun rakentamiseen liittyvillä kysymyksillä oli tarkoituksena saada haastateltavat avautumaan ja täten helpottamaan haastattelun toteuttamista. Lopussa haastattelukysymyksillä pyrittiin vetämään haastattelu yhteen ja mahdollistamaan haastateltavien keksimään jatkotutkimusaiheita. Haastattelussa ei käytetty tahtituotannosta koostettua esitystä, koska haastatteluun oli valittu henkilöitä, jotka olivat toteuttaneet tahtituotannolla hankkeita ja täten tahtituotanto oli heille tuttua. Haastattelut kestivät keskimäärin noin yhdestä tunnista kahteen tuntiin, jonka aikana käytiin läpi kaikki haastattelukysymykset ja tämän lisäksi jäi hieman aikaa vapaammalle keskustelulle tahtituotannosta yleisesti.

Alasuutarin mukaan (2007) laadulliselle tutkimukselle on ominaista, että tutkimuskohteita on määrällistä tutkimusta vähemmän (Alasuutari, 2007). Luotettavasti suoritettu laadullinen tutkimus ei vaadi suurta otantajoukkoa, kun haastateltavat valitaan huolellisesti. (Shuttleworth, 2008). Tutkimuksessa haastateltiin viittä henkilöä, jotka olivat työ-, tuotanto- tai kehityspäälliköitä. Tutkimuksen tarkoituksena on ollut löytää haastateltavilta yhteisiä näkemyksiä ja kokemuksia, jonka mukaan pyritään löytämään ja kehittämään uusia toimintamalleja ja -tapoja, joilla tahtituotanto saadaan hyödynnettyä

urakkasopimuksissa ja urakkaohjelmissa. Pienen otannan vuoksi haastateltavat on valittu huolella henkilöistä, jotka ovat aiemmin toteuttaneet tahtituotannolla rakennettuja hankkeita ja täten omaavat näkemyksen tahtituotannon vaatimuksista. Tutkimukseen osallistuneille henkilöille soitettiin etukäteen ja täten varmistettiin heidän suostumuksensa haastattelulle. Tämän jälkeen haastateltaville lähetettiin haastattelukysymykset ennen haastattelua, jotta he pystyivät valmistautumaan haastattelutilanteeseen mahdollisimman hyvin. Haastattelut nauhoitettiin. Haastattelujen jälkeen vastaukset kysymyksiin kirjoitettiin auki haastattelukysymysten alle ja lähetettiin haastatelluille henkilöille hyväksyttäväksi. Tutkimusaineiston esittämisessä pidetään henkilöiden anonymiteettiä, joka soveltuu hyvin laadulliseen tutkimukseen haastateltavan henkilömäärän ollessa pieni. (Eskola & Suoranta, 2014) Taulukkoon 1 on esitetty haastatellut henkilöt.

Taulukko 1. Haastatellut henkilöt

Haastateltava 1	Työpäällikkö
Haastateltava 2	Johtaja
Haastateltava 3	Työpäällikkö
Haastateltava 4	Työpäällikkö
Haastateltava 5	Projektipäällikkö

4.2 Aineiston tulkinta

Haastateltavien henkilöiden vastaukset kerättiin yhteen tiedostoon. Vastaukset jaoteltiin kysymysten alle siten, että jokaisen haastateltavan vastauksia pystyttiin vertailemaan helposti keskenään. Vastauksien ollessa allekkain oli nähtävissä eri henkilöiden vastaukset, vastausten samankaltaisuudet ja eroavaisuudet. Haastateltujen henkilöiden vastauksissa tuli myös paljon tietoa tahtituotannosta, jotka sivusivat tutkimusta, mutta eivät olleet tutkimuksen kannalta oleellisia asioita.

Haastateltavien henkilöiden yhteen kokoamisen jälkeen vastauksia tutkittiin tarkemmin, jonka tarkoituksena oli löytää asioita, jotka johtuivat samoista asioista suunnittelun tai tilaajan toimesta. Tutkimuksessa voitiin muun muassa havaita, että usealla osalla

haastateltuja tuli vastuksissaan esiin tuotannon suunnittelun tärkeys, hankkeen eri osapuolien sitoutumisen tärkeys sekä aliurakoitsijoiden ymmärryksen lisääminen tahtituotannosta. Lähes kaikilla haastateltavilla vastauksissa nousi esiin myös tahtituotannolla saavutetut aikataulusäästöt verrattuna perinteiseen tapaan toteutettuun rakennushankkeeseen. Vastauksissa esiin nousi myös hankkeen kokonaistilannekuvan paraneminen sekä tahtituotantoa tukevien sopimusten tekemisen tärkeys.

4.3 Tutkimuksen arviointi ja kritiikki

Haastattelututkimuksen teko aina kahden kesken kasvotusten mahdollisti keskustelun aiheesta ja kysymyksistä. Tällöin jo esitettyihin kysymyksiin oli tarvittaessa helppo palata ja pienillä lisäkysymyksillä sai haastateltavat vastaamaan tuleviin kysymyksiin ilman, että kysymyksiä tarvitsi käydä uudestaan läpi.

Kysymysten asettelu onnistui hyvin, sillä kysymysten avulla saatiin haastateltavilta vastaukset tutkimuksen kannalta olennaisiin kysymyksiin. Kysymysten avulla saatiin kattavat vastaukset tahtituotannosta ja sen potentiaalista, jos tilaaja vain saadaan ymmärtämään tahtituotannon edut ja käytettävyys rakennushankkeissa. Kysymyksiin vastatessa haastateltavat myös kertoivat paljon asioita, jotka eivät olleet tämän tutkimuksen kannalta oleellisia asioita, mutta olivat hyviä syventämään työn tekijän omaa osaamista ja ammattitaitoa.

Tutkimuksen kannalta oli hyvä, että monet vastaajat toivat samoja asioita ja kokemuksia esille. Tällöin oli helppo poimia oleelliset ja tärkeät ominaispiirteet, jotka esiintyivät usealla vastaajalla ja täten voidaan olettaa niiden olevan keskeisiä haasteita.

Teemahaastattelun heikkoutena on, että haastatteluista saadut vastaukset kirjoitettiin tekstitiedostoiksi, joiden keskinäinen vertailu ja erilaisten johtopäätösten tekeminen on haastavaa. Haastattelujen tulokset on esitetty luvussa 5 Haastattelujen tulokset.

5. HAASTATTELUJEN TULOKSET

5.1 Tahtituotannon haasteet rakentamisessa

Tahtituotannossa on koettu urakoitsijan puolelta haasteita. Tahtituotannolle haasteita on haastateltavien henkilöiden mukaan aiheutunut hankkeiden koon vuoksi, sillä mitä suurempi kokonaisuus, sitä enemmän on itse tahteja tullut hankkeeseen, jonka takia kokonaisuuden hallinta on hankalampaa ja tahtituotanto on alttiimpi häiriöille.

Tuotannon suunnitteluvaiheessa yksi merkittävä ongelma on urakoitsijoille ollut, että tahtiaikataulun tekeminen vaatii suuret valmistelut, resursseja ja aikaa. Lisäksi tahtituotannolla tehdessä on koettu, että tahtituotannon puskuriajat ovat usein lyhyet verrattuna perinteisellä aikataululla toteutettuun rakennushankkeeseen, jolloin rakentamisessa esiin nousseet ongelmat nousevat nopeasti selvästi esiin ja näihin ongelmiin pitää olla nopeasti ratkaisut valmiina. Tahtituotannon tahtien määrällä on myös haastateltavien mukaan merkitystä aikataulun häiriöherkkyyteen.

”Tahtituotannossa ongelmia syntyy, kun pyritään merkittävästi lyhentämään aikatauluja aikaisempaan verrattuna.”

Useamman haastateltavan mukaan ongelmana on myös ollut, että aliurakoitsijat ovat tottuneet niin sanottuun perinteiseen urakointitapaan, jolloin tahtituotannon ajatuksen ymmärtäminen on ollut haastavaa aliurakoitsijoiden suunnalta. Haastateltavista henkilöistä suurin osa oli sitä mieltä, että aliurakoitsijoiden ajatusmaailman muuttaminen on haastavaa.

”Tahtituotannolla tehtäessä on aliurakoitsijat saatava ymmärtämään tahtituotannon ajatus.”

”Haasteet aliurakoitsijoilla liittyvät yleiseen kulttuuriin ja pinttyyneisiin toimintatapoihin eli tehdään niin kuin aina ennenkin.”

Haastateltujen henkilöiden vastauksissa tuli ilmi myös, että aliurakoitsijat näkivät usein tahtituotannosta peikkoja ja ongelmia, joita ei ole edes olemassa. Haastattelussa esiin nousi myös sama ongelma kuin perinteisessä rakentamisessa, jossa urakoita edeltävät työt eivät ole valmiita, materiaalit puuttuvat tai vaihtoehtoisesti rakentamisen olosuhteet ovat puutteelliset.

Rakentamisessa työmaalla kommunikointi on tärkeää, mutta kommunikaatiokatkoksia esiintyy aina. Tahtituotannolla tehtäessä kommunikaatiokatkokset ovat todella ongelmallisia, jos kommunikaatiokatkoksista seuraa asioiden väärässä järjestyksessä tekeminen.

Tahtituotannon haasteita työmaalla on aiheuttanut työntekijöiden sitoutumisen tasosta hankkeeseen. Huonosti sitoutuneet urakoitsijat, aliurakoitsijat tai yksittäiset työntekijät aiheuttavat haastateltavien henkilöiden mukaan ongelmia. Lisäksi pääurakoitsijan tahtituotannon käytön tahtotilan jalkauttaminen on ollut haastavaa. Sitoutumisongelmat voivat esiintyä tahtialueiden luovutuksien myöhästymisenä seuraavalle urakoitsijalle, jonka jälkeen tahdin käyttö helposti leviää käsiin.

”Jalkauttaminen on ollut haasteellista, jos jokaisen aliurakoitsijan kohdalla pitää käydä sama keskustelu miksi, miten, milloin ja mitä varten näin tehdään.”

5.2 Tahtituotannon vaatimusten haasteet sopimusvaiheessa

Yksikään haastateltava ei ollut yhteydessä tilaajaan, joka olisi vaatinut tahtituotannon käyttämistä rakennushankkeessa. Ongelmaksi nähtiin, että nykyisellään tilaajien tarjouspyynnöissä tarjouksen laskenta-aika on usein liian lyhyt alustavan tahtiaikataulun tekemiseen, sillä tahtiaikataulun teko vie yrityksistä resursseja, jolloin tahdin huomioiminen jo tarjousvaiheessa on haastavaa.

Haastateltavien henkilöiden vastauksissa nousi useasti esiin tahtiaikataulun tekemisen vaativan suurien valmistelujen. Aikataulun tekoa hankaloittaa hankintojen ja aliurakoitsijoiden sitouttaminen aikatauluun. Aliurakoitsijoiden resurssi-ongelmat ja luotettavuusongelmat muodostavat myös uhan tahtituotannon onnistumiselle.

Yksi haastateltava nosti esiin tahtituotannon ansaintamallin ongelmaksi nykyisellään, sillä ansaintamalleja ei ole synkronoitu pääurakoitsijan, aliurakoitsijan ja yksittäisen asentajan välillä.

”Esimerkiksi väliseinäurakoitsija saa korvauksen valmiiden neliöiden mukaisesti, jolloin hän haluaa tehdä hankkeita isojen neliöiden mukaan ja jättää pieniä häntiä välistä ja tehdä hännät yhdellä kertaa valmiiksi, joka aiheuttaa ongelmia tahtituotannolle.”

Tahtituotannon ongelmat voivat olla lähtöisin myös pääurakoitsijasta, sillä aina pääurakoitsija ei pysty luovuttamaan mestaa aliurakoitsijoille silloin, kun pitäisi. Tahtituotannon asioiden kirjaamatta jättäminen sopimuksista aiheuttaa ongelmia ja lisäksi rakennusalan yleisiä käytäntöjä on vaikea muuttaa, jos asioita ei ole kirjattu

sopimuksiin. Tämä voi näkyä työmaalla aliurakoitsijoiden ja pääurakoitsijoiden välisenä epäluottamuksena.

Yksi haastateltava henkilö toi esille, että hankintasopimukset voivat muodostaa ongelman tahtituotannolle. Työmaalla on ollut tahtotila viedä hanke tahtituotannolla läpi, mutta hankintasopimukset on tehty jo ennen tätä tahtotilan muodostumista, jolloin hankintasopimuksiin ei ole pystytty enää vaikuttamaan. Ongelmaksi on myös havaittu, että työsuunnitelmien läpikäynti aliurakoitsijan puolelta on voinut olla ongelmallista.

Haasteena sopimusvaiheessa on haastateltavien mukaan se, että tahtituotannolla tekeminen ei välttämättä ole houkuttelevaa nykyisillä sopimuksilla. Tahtituotanto sitoo toteuttajaorganisaatiolta enemmän resursseja kuin perinteinen tuotantotapa, ja siitä saatava korvaus ei ole sen suurempi kuin perinteisellä mallilla toteutettu. Tällöin urakoitsijat kokivat hyötyvänsä pelkästään siitä, että he saivat rakennushankkeen mahdollisesti nopeammin valmiiksi kuin perinteisellä tuotantotavalla toteutetun hankkeen.

”Pitäisi löytää uusi jakomalli siten, että kaikilla hankkeen osapuolilla olisi motiivi tahtituotantoon.”

Haastatellut henkilöt toivat esille myös ongelman, että tilaaja ostaa usein urakkasuoritteiden halvalla hinnalla ja tiukalla aikataululla, jolloin lopputulos ei ole luotettava. Riskinä on, että tilaajan tilatessa hanke tehtäväksi tahtituotannolla, lopputulos on laadullisesti huonompi ja kalliimpi kuin perinteisesti tekemällä.

Haastateltavien henkilöiden mukaan tilaajan ongelmana on, että tilaajalla on tällä hetkellä usein mittarina hankkeissa vain eurot. Ongelma on myös, että rakennuksen takuuajalle ei ole mittareita, joiden perusteella voitaisiin mitata rakennetun kohteen laadukkuutta.

5.3 Tahtituotannon vaatimusten haasteet suunnittelussa

Haastattelututkimuksessa tuli esille, että varsinkaan asuntorakentamisen puolella suunnittelijat eivät olleet tietoisia, että hanke toteutetaan tahtituotannolla. Asuntorakentamisen puolella suunnitelmat ovat pääsääntöisesti olleet valmiita ennen hankkeen alkua. Asuntotuotanto onkin rakentamisessa lähimpänä teollista tuotantoa. Toimitilapuolella suunnittelijat olivat olleet tietoisia tahdin käyttämisestä tuotantovaiheessa. Toimitilahankkeet usein ovatkin ainutlaatuisia muuntuvia pilottihankkeita.

Haastateltavien henkilöiden mukaan suunnittelusopimuksiin tai -ohjeisiin ei ollut kirjattu mitään tahdin käytöstä tuotantovaiheessa. Suunnittelu-aikataulut oli kirjattu sopimuksiin, joiden aikataulun mukaan suunnittelijat suunnittelivat hankkeita.

Yhdeksi tahtituotantoa hankaloittavaksi asiaksi haastateltavat nostivat suunnittelu-aikataulun, joka ei tue tahtituotantoa. Tilaaja ei välttämättä ymmärrä tahtituotannon vaatimuksia suunnittelu-aikataulujen laatimisessa.

”Suunnittelu-aikataulu tulee olla sellainen, että tahtituotanto on mahdollista.”

Osa haastateltavista näki, että itse suunnitelmilla ei ole ollut osuutta tahtituotannon onnistumiseen tai epäonnistumiseen. Osa haastatelluista näki, että tahtituotannolle ongelmia aiheuttavat suunnitteluratkaisut, jotka ovat vaikeasti toteutettavissa. Tämän lisäksi detaljit saattavat olla vääränlaisia, joiden oikeuden selvittämien hankaloittaa tahtituotantoa.

Tahtituotannolle haasteita aiheutuu myös suunnitelmien väärästä toimitusjärjestyksestä. Suunnitelmien toimitusjärjestys ei välttämättä ole tahtialueiden mukaista. Lisäksi, jos suunnitelmia joudutaan ratkomaan työmaalla, hidastaa tämä tahtituotantoa. Suunnitelmien keskeneräisyys hankaloittaa tahtituotantoa.

”Nykyprosessi tukee sitä, että suunnitelmat tehdään tiettyyn vaiheeseen valmiiksi, jonka jälkeen asiat jäävät työmaalle ratkottaviksi.”

Haastateltavat henkilöt kokivat, että tilaajat eivät osaa haastaa suunnittelijoita tarpeeksi mahdollisista vakioituista suunnitteluratkaisuista tai esivalmisteiden käytöstä. Tilaajat eivät välttämättä osaa tunnistaa esimerkiksi aikataulullisesti ja kosteusteknisesti kriittisiä kohtia suunnitelmissa. Lisäksi tilaaja ei välttämättä osaa antaa riittävästi lähtötietoja suunnittelua varten.

Yksi haastateltava henkilö toi esille, että pääsuunnittelijat eivät välttämättä tunnista tahtituotannolle tärkeitä asioita. Kaikkien suunnitteluratkaisujen ei tarvitse olla täysin yksilöllisiä, mutta geneerisyys suunnitelmissa edesauttaa tahtituotannon onnistumista.

Haastattelututkimuksen mukaan mahdolliset asukas- ja vuokralaismuutokset aiheuttavat tahtituotannolle ongelmia. Nykyisellä mallilla niiden syntyminen tipoitain aiheuttaa haastateltavien mukaan ongelmia, jos hanketta viedään eteenpäin tahdilla.

”Asukasmuutosten hallinta on todella tärkeässä roolissa ja niiden tulee syntyä aikataulussa.”

Suunnitelmien puutteellisuuden ja virheiden muodostamia ongelmia tahtituotannolle pitäisi pystyä eliminoimaan suunnitelmakatselmuksissa suunnitelmien läpikäynnillä ja tarkistamisella. Aina tämä ei kuitenkaan ole mahdollista, varsinkaan jos suunnitelmat eivät ole täysin valmiita, kun tahtituotantoa aloitetaan.

Haasteita aiheuttaa myös suunnittelun osalta rakentamisessa käytettävät eri toleranssit. Toleranssien erojen takia suunnittelijat voivat joutua käymään työmaalla useasti ja tekemään mittauksia ja muutoksia suunnitelmiin. Tämä hidastaa tahtituotantoa.

5.4 Tulosten yleistettävyys

Haastattelututkimuksen tuloksia voidaan yleistää koskemaan koko Suomea tahtituotannon käytöstä, vaikka haastateltavat henkilöt sijoittuvat organisaatioissaan pääkaupunkiseudulle ja Tampereen talousalueelle. Haastateltavana olleet henkilöt olivat toimineet pääsääntöisesti asuntorakentamisen parissa, jossa pääurakoitsijat ovat pilotoineet tahtituotantohankkeitaan. Tällöin voidaan yleistää vastaukset koskemaan asuntorakentamista sekä asuntokohteiden korjausrakentamista. Haastattelussa mukana olleista myös yhdellä oli kokemusta toimitila- ja teollisuushankkeissa, joissa oli ollut samoja ongelmia tahtituotannon asioiden kanssa kuin asuntorakentamisen parissa työskennelleillä. Tällöin voidaan myös päätellä, että tahtituotannon haasteet koskevat myös toimitila- ja teollisuusrakentamista.

Haastattelun tuloksissa nousi esiin jokaisella vastaajalla, että aliurakoitsijoiden osaamistaso tahtituotannosta on puutteellista. Tämä aiheuttaa riskin tahtituotannolle ja edellyttää sekä projektinjohdolta että urakoitsijalta toimintamallin ja resursoinnin huomioimisen tahtituotannolle ja -valmennukselle. Haastattelun tuloksia voidaan yleistää koskemaan kaikkia urakoitsijoita, riippumatta siitä ovatko he toteuttaneet hankkeita tahtituotannolla vai eivät. Urakoitsijoiden liikevaihtoluokalla ei myöskään ole merkitystä haastattelujen perusteella.

Tilaajan puutteet tahtituotannon tilaamisesta voidaan yleistää koskemaan myös koko rakennusalaan Suomessa, sillä tilaajien tahtituotannon hyödyntämiskokemukset ovat Suomessa vähäiset. Tämä on myös havaittavissa suunnittelutoimialan osalta.

Haastattelututkimuksen perusteella toimitilahankkeissa tahtituotannon huomioiminen jo suunnitteluvaiheessa on asuntorakentamista paremmalla tolalla ja toimitilahankkeissa suunnitteluratkaisuja tehdään osittain tahtituotannon ehdoilla. Tämä tuntuu luonnolliselta, sillä vaikka molempien rakennustyyppien toteuttaminen perustuu kerroksittaiseen geneerisyyteen, toimitilojen omistajille taloudellisten

kannattavuustavoitteiden saavuttaminen on haasteellisempaa kuin perustajaurakoitsijavetoisessa asuntotuotannossa.

Tutkimuksen vastauksen perusteella voidaan yleistää myös suunnittelun ongelmien koskevan tilaajaa. Tilaajalla ei ole ymmärrystä suunnitelmien vaikutukselle tahtituotantoon.

6. LOPPUPOHDINTA

6.1 Tahtituotannon huomioiminen sopimuksissa

Haastattelujen perusteella tilaaja ei ole osannut tilata tahtituotantoa rakennushankkeisiin, vaan tahdin käyttö on ollut urakoitsijalähtöistä. Tilaajalla ei ole välttämättä ollut osaamista eikä tarpeeksi tietoa, mitä tahtituotanto heiltä edellyttää. Tilaajalla on kuitenkin monia keinoja, joilla hän voi edesauttaa tahdin käyttämistä rakennushankkeessaan ja täten mahdollistaa hankkeen valmistuminen perinteiseen rakentamiseen nähden nopeammin ja laadukkaammin.

Tilaajan tulee tehdä aikaisin päätös, että hän toteuttaa rakennushankkeensa tahtituotannolla. Tilaajan tulee ymmärtää, mitä hän voi tahtituotannon avulla saavuttaa hankkeessa ja mitkä ovat hänen riskinsä. Tätä varten hänen tulee tunnistaa tahtituotannon ominaispiirteitä, joiden tunnistamiseen rakennuttajakonsulttien osaamista voi hyödyntää.

Tilaajan lähettäessä tarjouspyyntöjä, tulee niihin olla kirjattuna, että hankkeessa on käytettävä tahtituotantoa. Tilaaja voi ohjata tahdin käyttöön myös tarjouspyynnöissä esitetyllä aikataulun tiukkuudella, mutta suositeltavampaa on viitata tahdin hyödyntämiseen tuotannossa sekä mahdollisesti suunnittelussa. Lisäksi tilaaja voi ohjata käyttämään tahtituotantoa myös vaatimuksilla vaihteellisista luovutuksista. Tilaaja voi myös kirjata tarjouspyyntöihin, että vaatii urakoitsijalta alustavan tahtiaikataulun hankkeesta tarjouksen liitteeksi. Tällöin on huomioitava myös tarpeeksi laskenta-aikaa tarjosten jättämiseen, jotta urakoitsijoilla on mahdollista tehdä hankkeen alustava tahtiaikataulu.

Vaihtoehtoisesti tilaajalla on mahdollista antaa lisäpisteitä tarjouskilpailussa tarjouksen liitteenä olevalla hankkeen alustavalla tahtiaikataululla. Lisäpisteitä voidaan antaa myös laatuvaatimuksista, joiden avulla urakoitsija ja tilaaja pystyvät seuraamaan kohdetta ja sen etenemistä. Tämä lisää hankkeen läpinäkyvyyttä ja tilaaja pystyy seuraamaan rakennushankkeen etenemistä paremmin kuin nykyisin.

Koska tilaajan yleisenä tavoitteena on varmistaa hankkeelle paras mahdollinen tahtituotannon suunnittelu- ja urakoitsijaosaaminen, tulee tilaajalla olla toimiva menettely tämän toteamiseksi. Tilaaja voi tarjouskilpailuvaiheessa osana laadullista arviointia järjestää esimerkiksi tiimirekrytointitehtävän, jossa pyydetään urakoitsijaa laatimaan

tarjottavan hankkeen tahtialuesuunnitelma. Samalla tilaajalla on mahdollisuus havaita mahdollisesti uusia esiin nousevia vaatimuksia tahtituotannon onnistumiselle.

Tilaajan ja pääurakoitsijan sopimukseen tulee kirjata tahdin käytön vaatimukset myös koskemaan aliurakoitsijoita. Tällöin sitoutetaan myös aliurakoitsijat etenemään tahdin mukaisesti. Tilaajalla on myös mahdollisuus edellyttää aliurakoitsijoilta kokemusta tahtituotannosta. Tällöin tulee kuitenkin huomioida, että tällä hetkellä Suomessa tahtituotannolla toteutettuja hankkeita ei ole paljoa ja kokemusta sen käytöstä ei juurikaan ole aliurakoitsijoilla. Tärkeää on kirjata, miten työt sidotaan etenemään tahtialueittain.

Tilaajan ja pääurakoitsijan välisiin urakkasopimukseen tulee kirjata vaatimus pääurakoitsijan järjestämistä päivittäisistä lyhyistä aamupalavereista, jotka sitovat myös aliurakoitsijoiden työnjohtoa tai nokkamiehiä osallistumaan aamupalavereihin. Aamupalavereiden tarkoituksena on valvoa työmaan etenemistä. Tämän avulla myös sitoutetaan urakoitsijan työnjohtoa ja aliurakoitsijoita työskentelemään työmaalla tahtituotannon edellyttämällä tavalla. Lisäksi tulee velvoittaa pääurakoitsija järjestämään urakoitsijapalavereita viikoittain.

Pääurakoitsijan ja tilaajan välisiin sopimukseen tulee kirjata myös pääurakoitsijan velvollisuudesta hallita työmaata ja tahtituotannon edistymistä visuaalisin keinoin. Visuaalisia keinoja voi olla esimerkiksi tahtialueiden infotaulut, jotka voivat olla esimerkiksi paperisia tai sähköisiä. Keinoina voi olla myös näytöt tahtialueilla, joista urakoitsijat pystyvät kuittaamaan työnsä tahtialueilla tehdyksi.

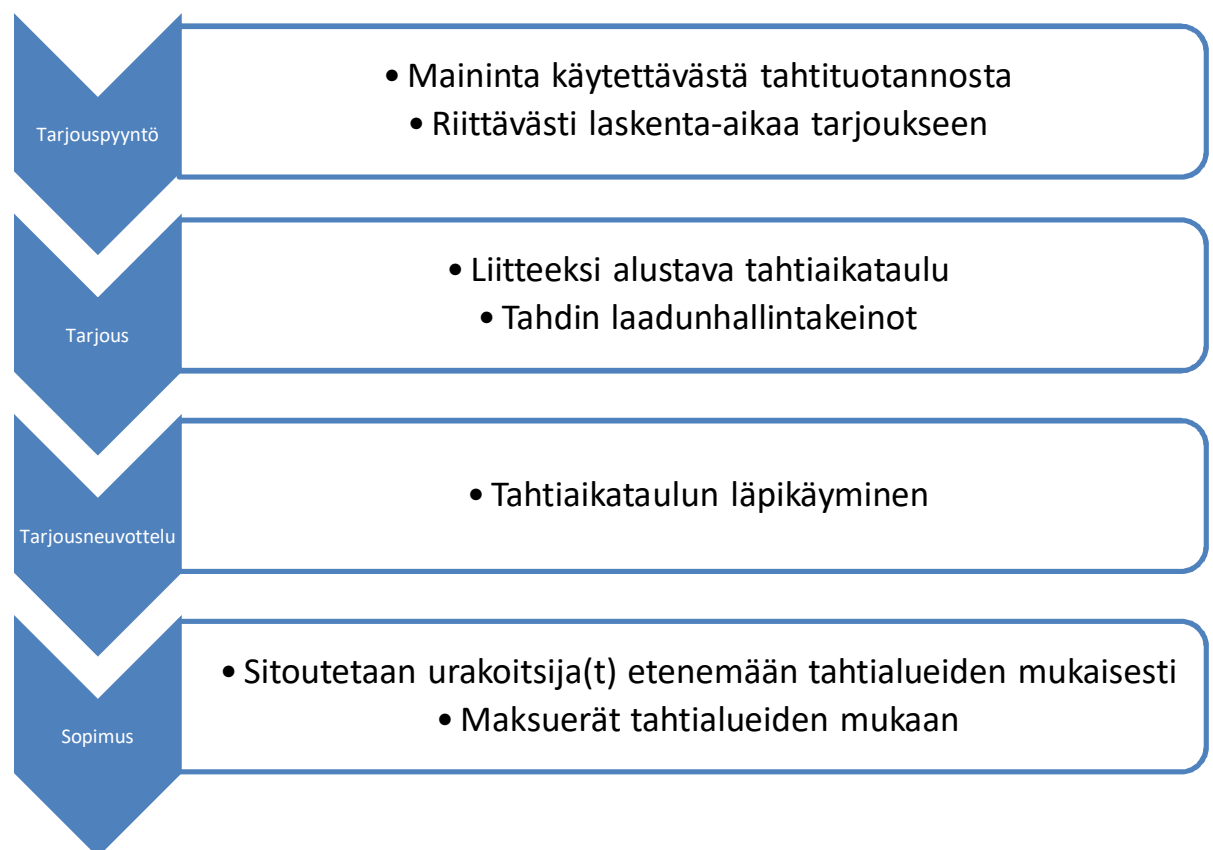
Aliurakoitsijat tulee saada ymmärtämään tahtituotannon perusajatus. Tilaajan on mahdollista vaatia pääurakoitsijan käyttämien aliurakoitsijoiden osallistumista koulutukseen, jossa käsitellään tahtituotannon edellytykset. Tälle ei ole tarvetta, jos aliurakoitsijat ovat työskennelleet työmaalla, jossa on käytetty tahtia. Tahtituotannon koulutuksia on hyvä järjestää aliurakoitsijoille, jotta he ymmärtävät, että tahtituotannon tarkoituksena ei ole hankaloittaa aliurakoitsijoiden toimintaa rakennushankkeessa, vaan edes auttaa heidän suoriutumistaan urakoista. Tilaajan tulee määrittää ja kirjata sopimukseen kenen puolesta tahtituotantokoulutus urakoitsijoille ja aliurakoitsijoille järjestetään.

Tilaajan tulee ymmärtää, mitä hän on tilaamassa. Tilaajan tilatessa tahtia, hän tilaa tasaista työsuoritetta rakentamisen keston ajan. Tilaajan tulee huomioida, että hän voi tilata myös tahtiin sidotun urakan, eikä pelkästään aloituspäivänmääriin sidottua urakkaa. Tällöin on tärkeää, että työsuoritteet on sidottu tahtialueisiin, ei pelkästään

menekkeihin ja yksikköihin. Tahtituotanto mahdollistaa kaupallisten mallien kehittämisen tarjoajia houkuttelevammiksi esimerkiksi hyödyntämällä erilaisia kannustinjärjestelmiä, jotka voidaan sitoa tahtialueiden maksueriin ja saavutettavien tavoitteiden mukaan maksettaviin kannustinpalkkioihin. Tällöin urakoitsijalla on mahdollisuus laskuttaa tehdyistä töistä, kun tahtialueen työt on tehty ja hyväksytty. Tällöin myös urakoitsija saa jatkuvan tulovirran, jos tahti on esimerkiksi viikon mittainen, joka kannustaa urakoitsijoita tekemään tahtialueiden työt kerralla valmiiksi. Tilaajan ja pääurakoitsijan tulee kirjata tämäkin sopimukseen ja maksuerät tulee tehdä tahtialueiden mukaisesti. Tilaaja voi myös vaatia tämän koskemaan aliorakoitsijoita, jolloin aliorakoitsijat saadaan sitoutumaan tekemään työt tahdin mukaisesti. Tahtialueisiin sidotut maksuerät mahdollistavat tahtialueiden ja lohkojen valmistumisen tilaajan edellyttämällä tavalla.

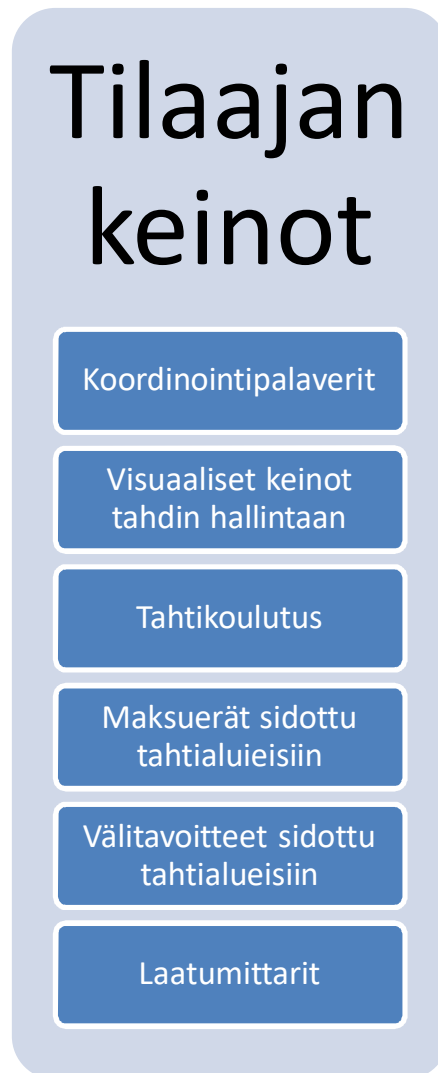
Tilaaja voi myös asettaa välitavoitteita, jotka ovat sidottuina tahtialueisiin. Tämä kannustaa urakoitsijoita toteuttamaan rakennushankkeen tahdin mukaisesti, jotta välitavoitteet saavutetaan.

Tilaajan ja urakoitsijan välisiin sopimukseen voidaan tehdä kirjaus tahtialueisiin sidottujen maksuerien lisäksi niin sanotusta tahtierästä. Tällöin urakoitsijalla on oikeus laskuttaa tahtierää, jos sopimuksenmukaiset tahtikriteerit täyttyvät.



Kuva 12 Tahdin tilaaminen rakennushankkeeseen

Tahtituotannolla rakennettaessa pyritään laadukkaaseen lopputulokseen ja nopeuttamaan läpivirtausaikaa. Tilaajan ja pääurakoitsijan välisiin sopimuksiin voidaan kirjoittaa myös erilaisia laatumittareita takuuajalle, joiden täytyttyä urakoitsija saa laatuksittareihin sidotun palkkion sopimuksiin kirjatun kannustinmenettelyn mukaisesti. Tällä voidaan pienentää riskiä, että rakennetaan nopeammin kohde valmiiksi, mutta lopputulos ei ole laadukas. Tämä voidaan estää rakentamisen aikana tahtialueiden laatuvaatimuksiin sidotulla kannustinjärjestelmillä.



Kuva 13 Tilaajan keinot kirjata tahtituotanto urakkasopimukseen

Tilaajalla on mahdollisuus vaikuttaa tahtituotannon onnistumiseen rakennushankkeessaan. Tämä vaatii kuitenkin aktiivisen tilaajan ja ymmärryksen tahtituotannosta, jotta hän hyötyy tahtituotannolla tehtävästä hankkeesta mahdollisimman paljon.

6.2 Tahtituotannon huomioiminen suunnittelussa

Haastattelututkimuksen perusteella suunnittelijat eivät olleet tietoisia, että hanke tuotetaan tahtituotannolla. Tämä ei ole ongelma, jos suunnitelmat ovat täysin valmiita rakentamisen ja hankintojen alkaessa. Kuitenkin haastattelujen perusteella suunnitelmien keskeneräisyys on ollut usein syynä ongelmiin, jos työmaalla on käytetty tahtia.

Suunnittelusopimukseen tai -ohjeisiin ei ollut kirjattu tahtituotannolla toteutettavasta hankkeista mitään. Jotta suunnittelusopimukseen ja -ohjeisiin voidaan kirjata tahtituotannolla toteuttamisesta, tulee tilaajan olla aikaisessa vaiheessa päättänyt, että hanke toteutetaan tahdilla. Suunnittelu-aikataulut tulee olla myös tehty siten, että ne mahdollistavat tahdin käytön työmaalla. Tällöin suunnittelu-aikatauluissa tulee huomioida yhteistoiminta urakoitsijoiden kanssa toteutuskelpoisuuden varmistamiseksi. Lisäksi pitää huomioida suunnitelmapakettien soveltuvuus tahtialueisiin. Tilaajan tulee pystyä huomioimaan tämä kaikki suunnittelu-aikataulujen teossa. Tilaajalta vaaditaan täten hyvää päätöksentekokykyä ja omien hankkeelle asetettujen tavoitteiden valmiutta. Suunnittelijoiden on myös pystyttävä noudattamaan suunnittelu-aikatauluja, jotta tahtituotannolla on edellytykset toimia.

Tilaajaorganisaation tulee keskittyä suunnitelmien oikeellisuuteen ja oikea-aikaisuuteen ja niistä tulee järjestää suunnitelmakatselmuksia, jotta voidaan välttää keskeneräisten suunnitelmien toimittaminen työmaalle. Suunnitelmakatselmuksissa tulee käydä läpi myös vakioituja suunnitteluratkaisuja ja niiden hyödyntämismahdollisuuksia. Tärkeää on tahtituotannon osalta myös selvittää, pystytäänkö hyödyntämään esivalmisteita ja missä määrin.

Suunnitelmilla on työmaan tahdin onnistumiseen iso merkitys. Tällöin vaikeasti toteutettavat ratkaisut hankaloittavat työmaalla tahtia, jos suunnitelmaratkaisuja joudutaan työmaalla ratkomaan kauan. Lisäksi detaljien ristiriitaisuus aiheuttaa tahtituotannolle ongelmia. Tällöin tilaajan tulee osata tilata vakioituja suunnitteluratkaisuja, joiden tekeminen työmaolosuhteissa on mahdollista.

Jotta tahti onnistuisi työmaalla, tulee tilaajan osata vaatia tahtialueiden mukaista suunnitelmien toimitusjärjestystä. Tämä on ensiarvoisen tärkeää niissä tapauksissa, joissa suunnitelmat eivät ole täysin valmiita rakentamisen alkaessa. Tilaajan kannalta tahtituotannolle antaa edellytykset SUKE-mallin mukaiset toteutussuunnitelmapaketit, jossa suunnitteluaineistoissa ei saa olla merkittäviä tai oleellisia puutteita tarjouspyyntövaiheessa.

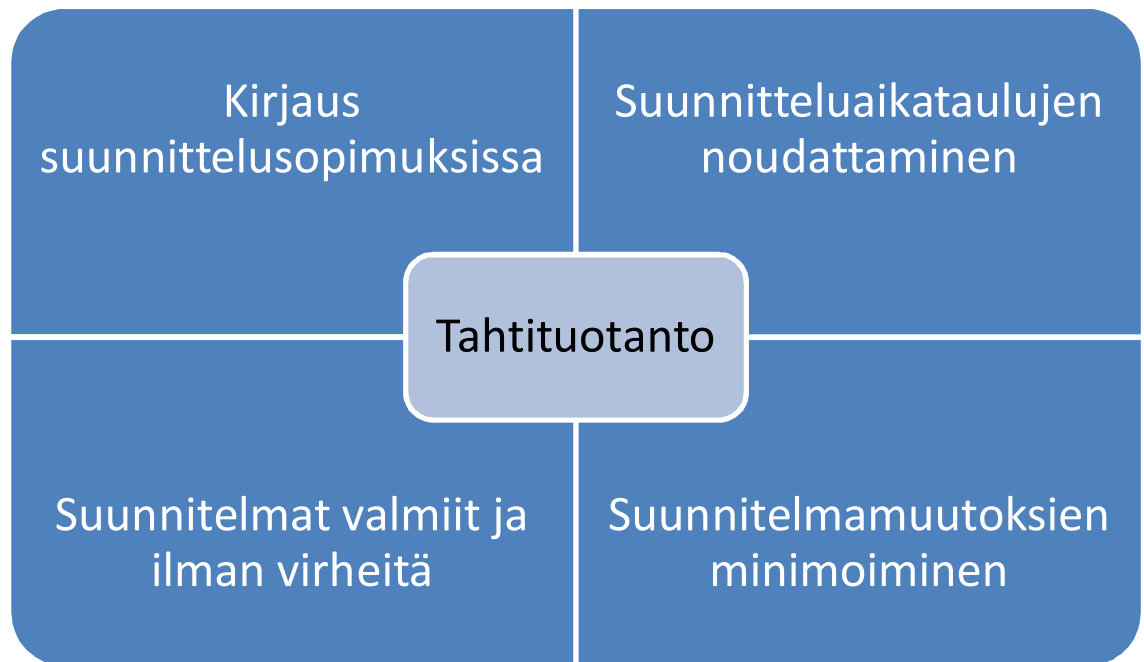
Lähtötieto-, suunnittelu- ja hankinta-aikataulun avulla tilaaja pystyy ohjaamaan suunnittelua etenemään hankintakokonaisuuksittain kohti valmiita suunnitelmia. LSH-aikataulun avulla tilaajalla on mahdollista saada laadukkaita suunnitelmia oikeaan aikaan, joka mahdollistaa tahtiaikatoteutuksen. LSH-aikataulua käytettäessä tulee huomioida suunnitelmapakettien keskinäinen riippuvuus.

Tilaajaorganisaation halutessa toteuttaa hanke tahtituotannolla, tulee heidän myös pystyä tunnistamaan aikataulullisesti ja muun muassa kosteusteknisesti kriittiset kohdat suunnitelmissa. Tilaajan tulee pystyä antamaan suunnittelijoille riittävästi lähtötietoja suunnittelua varten, jotta tahtituotanto onnistuu.

Tilaajan tulee osata vaatia myös pääsuunnittelijalta ja arkkitehdeilta tahtituotantoa mahdollistavia ratkaisuja. Tällöin on tärkeää, että kaikki suunnitelmaratkaisut eivät ole yksilöllisiä. Tämä vaatii pääsuunnittelijoilta ja arkkitehdeilta tasapainoilua tahtituotannon mahdollistavien ja arkkitehtuuristen ratkaisujen välillä.

Asukas- ja vuokralaismuutosten toteuttaminen tuottaa nykyisellään tahtituotannolle ongelmia, mikäli sisältömuutoksia tulee suunnitelmiin myöhään tai tahtialueen ollessa tuotannossa. Tilaajan tulee pystyä tekemään selkeä aikataulu asukas- ja vuokralaismuutoksille. Tilaajan tulee määrittää perustaso, johon muutosten tekeminen on helposti toteutettavissa, jotta on mahdollista myös toteuttaa muutoksia hallitusti asukas- ja vuokralaismuutosajan umpeuduttua.

Tutkimuksen perusteella tärkeintä tahtituotannolle on, että suunnitelmat olisivat valmiita, kun rakentaminen alkaa ja ne olisivat ilman virheitä. Tämä vaatii tilaajalta niiden tarkkaa läpikäyntiä ja kommunikointia suunnittelijoiden kanssa. Virheiden läpikäyntiin ja törmäystarkastelun tekemiseen auttaa tietomallit. Lisävarmuutta tahtituotannon onnistumiselle saadaan yhteistoiminnalla urakoitsijan kanssa toteutettavuuden ja työmenetelmien varmistamiseksi. Tälle on varattava riittävästi aikaa. Kuvassa 13. on kuvattu tilaajan vaatimukset suunnittelulle, jotta tahtituotanto onnistuisi mahdollisimman hyvin suunnittelun puolesta. Suunnittelussa tulee huomioida suunnitelmapakettien ja hankintatoimen linkittyminen tahtialueittain.



Kuva 14 Tilaajan edellytykset suunnittelulle tahtituotannon onnistumiseksi

Tilaajalla on paljon mahdollisuuksia vaikuttaa siihen, että hänen rakennushankkeessaan tahtituotanto onnistuu. Tilaajan tulee kuitenkin pystyä vaatimaan suunnittelulta suunnittelu-aikataulujen pitoa ja pystyä pitämään tarpeeksi suunnitelmakatselmuksia, joissa varmistetaan suunnitelmien oikeellisuus ja toimivuus tahtituotanto huomioiden.

7. TUTKIMUKSEN TARKASTELU

7.1 Johtopäätökset

Tämän diplomityön tarkoituksena oli selvittää, miten tahtituotannolla toteutettavan rakennushankkeen prosessia voidaan tukea ja suunnitteluvaiheessa ja eri osapuolten sopimusten valmistelussa. Tavoitteena oli myös selvittää mitkä ovat kaupallisten ja teknisten asiakirjojen sisällölliset vaatimukset, jotta voidaan varmistaa tahtimenetelmällä tavoiteltavien hyötyjen saavuttaminen. Tavoitteeseen pyrittiin pääsemään kirjallisuustutkimuksen avulla sekä haastattelututkimuksen vastauksia analysoimalla. Lisäksi pyrittiin löytämään ratkaisuja haastattelututkimuksessa esiin nousseisiin ongelmiin, jotka liittyvät aukottomasti tämän tavoitteen sisältöön.

Rakennusosalalle tarvitaan asennemuutos kohti yhteistä tekemistä, ei pelkästään urakoitsijoiden tai aliorakoitsijoiden edun maksimoimiseen tai osaoptimointiin. Tahtituotannon ymmärryksen lisääminen rakennusosalalla on tärkeää tämän yhteisen tekemisen mahdollistamiseksi.

Haastattelututkimuksessa esiin nousi useita tilaajia koskevia ongelmia ja haasteita, joita tilaajan tulee pystyä huomioimaan rakennushankkeessa, jos hän haluaa käytettävän tahtituotantoa. Tällä hetkellä tilaajaorganisaatiot eivät ole valveutuneita tahtituotannon käyttömahdollisuuksista. Tahtituotanto on tällä hetkellä enemmänkin urakoitsijoiden oma keino saada urakkansa nopeasti ja kokonaistaloudellisesti edullisemmin valmiiksi kuin perinteisellä tuotantotavalla toteutettu rakennushanke.

Tilaajan pitäisi jo varsin aikaisessa vaiheessa pystyä päättämään, että hankkeessa käytetään tahtituotantoa. Tämän päätöksen tekeminen ilman tahtiosaamista on kuitenkin kyseenalaista, sillä tilaajan tulee tunnistaa tahdin soveltuvuus hankkeeseen. Tällä hetkellä Suomessa ei ole riittävää osaamista hyödyntää tahtituotantoa kaikissa hankkeissa. Lisäksi tulee huomioida, että tahtituotannollakin tehtävissä rakennushankkeissa on työvaiheita, joita ei ole järkevä tahdistaa. Tahtituotannon tilaamiseen tilaajan kannattaa hyödyntää rakennuttajakonsultteja, joilla on tahtiosaamista.

Tutkimuksen perusteella tahtituotantoa ei osata tilata. Tahtituotannon tilaaminen lyhyillä tarjousten jättöajoilla on ongelmallista, jos urakoitsijan pitää tehdä tahtiaikataulu hankkeelle. Tilaajan tuleekin antaa riittävästi jättöaikaa tarjouksille, jotta urakoitsijat

pystyvät tekemään luotettavia alustavia tahtiaikatauluja. Tilaajalla on mahdollisuus kehittää omia laatuksiteerejä, joiden perusteella voidaan pisteyttää urakoitsijoita. Laatuksiteereillä pystytään ohjaamaan laadukkaaseen lopputuotteeseen.

Tilaajan pitää myös ymmärtää suunnitteluratkaisujen merkitys tahtituotannolle. Tällä hetkellä tilaajien osaamistaso ei välttämättä riitä tarkastelemaan suunnitelmia tahtituotannon näkökulmasta katsottuna. Tutkimuksessa tuli työmaan näkökulmasta esiin myös se, että suunnitteluprosessin tahdistamiselle ei ole tarvetta. Työmaan näkökulmasta riittävää on, että suunnitelmat ovat valmiina tahtialueittain hankinnan ja tuotannon aloittamisen tahdistamisen mukaan.

Tilaajan tehdessä suunnitteluaiakatauluja tulee niiden olla realistisia, mutta myös tarpeeksi tiukkoja, jotta suunnitelmat ovat valmiina ennen tahtituotannon aloittamista. Myös suunnittelijoiden tulee pystyä noudattamaan annettuja suunnitteluaiakatauluja eikä niistä tule lipsua, jotta tahtituotanto on mahdollista. Tällöin tulee tilaajalla olla valmius päätöksiin sekä valmiit tavoitteet, jotta suunnittelulle on riittävät lähtötiedot.

Suunnittelijan tulee pyrkiä mahdollisimman virheettömään lopputulokseen, jos tavoitellaan tahtituotannon onnistumista. Mitä enemmän virheitä suunnitelmissa on, sitä enemmän tahtituotanto kärsii työmaalla. Tilaajan pitää pystyä järjestämään suunnitelmakatselmuksia tarpeeksi, jotta suunnitelmien oikeellisuudesta voidaan varmistua.

Tilaajaorganisaation koulutuksilla voitaisiin lisätä heidän tahtiosaamistaan ja edesauttaa heidän ymmärrystensä tahtituotannosta ja sen vaatimuksista. Tilaajien ymmärryksellä on suuri merkitys, sille yleistyykö tahdin käyttö vai ei. Tilaajien niin vaatiessa urakoitsijoiden ja aliurakoitsijoiden on pakko alkaa muuttamaan toimintatapojaan kohti tahtituotantoa.

Tahtituotannon onnistumisen ja sillä tavoiteltavien kokonaishyötyjen saavuttamisen merkittävimpiä edellytyksiä ovat varhainen päätös tahtituotannon käytöstä sekä mahdollisimman varhainen hankkeen eri osapuolten tiivis yhteistoiminta mahdollisimman laadukkaasti lopputuotteen saavuttamiseksi. Tämä havainto puoltaa yhteistoiminnallisten toteutusmuotojen hyödyntämistä ja edelleen kehittämistä.

7.2 Jatkotutkimusehdotukset

Jatkotutkimuskohteena ehdotetaan tutkimusta tahtituotannon tilaamisesta käytännössä. Tutkimuksessa selvitettäisiin, onko tilaajan toimilla ollut merkitystä siihen, miten

tahtituotanto on onnistunut käytännössä. Tämän jatkotutkimuksen avulla saataisiin myös selvyyttä siihen, miten tämän tutkimuksen ratkaisukeinot toimivat käytännössä. Jatkotutkimuksessa selvitetäisiin myös, onko tilaajalla lisäkeinoja tahtituotannon tilaamiseen.

Jatkotutkimuskohde, jossa selvitetään tahtituotannon tilaamista käytännössä, olisi mielenkiintoinen, sillä sen avulla saataisiin selvyyttä siihen, miten tilaaja pystyy omalla toiminnallaan mahdollistamaan hankkeenonnistumisen. Lisäksi olisi mielenkiintoista nähdä miten kaikki työmaan urakoitsijat ja aliurakoitsijat saadaan sitoutumaan hankkeeseen tilaajan sopimusten perusteella ja millaisen kaikki osapuolet huomioivan koulutuspaketin tämä edellyttäisi. Tutkimuksen kannalta olisi mielenkiintoista, jos tilaajalla olisi melkein toisiaan vastaavat rakennuskohteet, joista toiseen tilaaja tilaisi tahtituotannon ja toinen tehtäisiin perinteisesti ilman että sopimuksissa tai suunnittelussa otettaisiin tahtituotantoa huomioon. Kuitenkin tärkeintä jatkotutkimuksissa olisi, että nähtäisiin, miten tilaaja pystyy vaikuttamaan tahtituotannon onnistumiseen käytännössä.

Lisäksi olisi mielenkiintoista nähdä mitkä olisivat tilaajan lisäkeinot siihen, että tahtituotanto onnistuu työmaalla. Jatkotutkimuksia voisi tehdä diplomitöiden muodossa kuin myös muiden tutkimusten kautta.

8. LÄHDELUETTELO

Aalto-yliopisto (2017) Suomen rakennusalalle Visio 2030. Saatavissa:
<https://www.aalto.fi/fi/uutiset/suomen-rakennusalalle-visio-2030>

Alasuutari, P. (2007). Laadullinen tutkimus. 6. painos. Kustannusosakeyhtiö Vastapaino.

Akinci, B., Fischer, M. ja Kunz, J. (2002) "Automated generation of workspaces required by construction activities." ASCE J. of Constr. Engrg. and Mgmt., 128 (4)

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

Binninger, M., Dlouhy, J., Oprach, S., Hagsheno, S. (2017) Technical Takt Planning and Takt Control in Construction, 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2017, Herklion

Dlouhy, J., Binninger, M., Oprach, S. & Hagsheno, S., (2016) Three-Level Method of System in Construction in 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Boston, USA, 20-22 Jul 2016

Eskola, J. & Suoranta, J. (2014). Johdatus laadulliseen tutkimukseen. Tampere, Vastapaino

Frandsen, A., Berghede, K. & Tommelein, I. (2013) "Takt Time Planning for Construction of Exterior Cladding". Proceedings of the 20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, San Diego, CA.

Frandsen A ja Tommelein I (2014) Automatic Generation of A Daily Space Schedule

Rakennuslehti. (2017) Rakennusalalla työn tuottavuus ei ole juuri kasvanut 40 vuodessa -ongelmana on ollut vuoropuhelun puute. 4.9.2017. Saatavissa:
<https://www.rakennuslehti.fi/2017/09/rakennusalalla-tyon-tuottavuus-ei-ole-kasvanut-40-vuodessa-onko-allianssista-tai-leanista-apua/>

Hao, Q., Shen, W., Neelamkavil J., Thomas, R. (2008) Change Management in Construction Projects. Proceedings of the CIB W78 25th International Conference on Information Technology. Improving the Management of Construction Projects Through IT Adoption, Santiago, Chile

Hagsheno, S., Binninger, M., Dlouhy, J., & Sterlike, S. (2016) History and Theoretical Foundations of Takt Planning and Takt Control. Proceedings of the 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Boston, MA, USA

Hemmo, M., Hoppu, K. (2006) Sopimusoikeus. Talentum Media. ISBN 978-952-14-2369-7.

Howell, G., Laufer, A. ja Ballard, G. (1993). "Interaction between Subcycle: One Key to Improved Methods." ASCE J. Constr. Engrg. Mgmt, 119 (4), 714-728

Kankainen, J., Junnonen, J.M., (2010) Rakennuttaminen. Helsinki, Rakennustieto Oy

Koskenvesa, A., Sahlstedt, S. (2017) Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu. Helsinki, Rakennustieto Oy. ISBN 978-952-267-227-8

Koskenvesa, A. (2011a) Rakennustyön tuottavuus 1975-2010. Rakentajain kalenteri 2011. Rakennustietosäätiö RTS, Rakennustieto Oy ja Rakennusmestarit ja insinöörit AMK RKL ry
<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK110503.pdf>

Koskinen, I., Alasuutari, P. & Peltonen, T. 2005. Laadulliset menetelmät kauppatieteissä. Tampere, Vastapaino

Kulta, I. (2018) Implementing Takt Planning In Structural Design, Master's Thesis, Tampere

Kruus, M., Kiiras, J. Raveala, J., Saari, A. & Salmikivi, T. 2006. Suke. Malli suunnittelun ohjaukseen projektinjohtohankkeissa. Helsinki, Rakennustieto Oy

Lean Enterprise Institute (LEI) (2003). Lean lexicon: a graphical glossary for Lean Thinkers. Lean Enterprise Institute Inc., Massachusetts, USA

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. ja Ballard G (2013) An Experiment in Takt Time Planning and Control. Phd Diss., University of California, Berkely, CA

Park, M., Pena-Mora, F. (2003) Dynamic Change Management for Construction: introduction the Change Cycle into Model-based Project Management. Online: Wiley InterScience

Ohno, T. (1998) Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production, Productivity Press, Portland, OR

Raunama, T. (2015) Talonrakennushankkeen suunnittelun ohjaus tämän päivän pelikentässä, Rakennuttajakoulutus R37 Aalto-yliopisto, Helsinki. Saatavissa: https://www.aaltopro.fi/media/aalto-publications/raps/raps37_projektityo_raunama.pdf

Rakennusinsinöörien liitto ry. RIL. (2019) Rakennetun omaisuuden tila ROTI 2019-loppuraportti. Saatavissa: https://www.ril.fi/media/2019/roti/roti_2019_raportti.pdf

RIL 226-2014 (2014) Urakkaohjelman asema ja laadinta. Tammerprint Oy, ISBN 978-951-758-592-7

Rother, M. & Shook, J., (1998) Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA. Lean Enterprise Institute. Cambridge, MA.

Russel M.M., Howell, G., Hsiang, S.M ja Liu, M. (2013) "Application of time buffers to construction project task durations." ASCEJ. of Constr. Engrg.and Mgmt., 139 (10), published online, October

RT 10-11128 (2013) Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo RAK12. Rakennustieto Oy. Saatavissa: https://www.rakli.fi/media/rakennuttaminen/rak_case-p-e4iv-e4koti.pdf

RT 13-11120. (2013) Suunnittelun johtaminen korjaushankkeessa. Rakennustieto Oy

RT 16-10660 Rakennusurakan yleiset sopimusehdot YSE1998 (1998). Rakennustieto Oy.

Saari, A., Keskiniva, K. ja Junnonen, J-M., (2018) Virtauttaminen rakennushankkeissa, Teoksessa: Harri Haapasalo, Kirsi Aaltonen, Kalle Kähkönen & Arto Saari: Rakentamisen Integraatiomekanismit. Oulun yliopiston tuotantotalouden tutkimusraportteja 1/2018. RAIN-hankeen loppuraportti, s. 32-45. Saatavissa: <http://ici.fi/wp-content/uploads/2018/12/RAIN-hankeen-loppuraportti.pdf>

Seppänen, O., (2012) A Production Control Game for Teaching of Location-Based Management System's Controlling Methods' in Tommelein, I.D. & Pasquire, C.L., 20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. San Diego, USA

Shuttleworth, M. (2008) Qualitative reseearch design. Experiment Resources.

Syben, G., (2014) Bauleitung im Wandel – Arbeit als Bewältigung von Kontingenz. (Changes in Construction Site Management – Work for handling contingency). Edition Sigma.

Tommelein, I.D (2017) Collaborative Takt Time Planning of Non-Repetitive Work, In: LC3 2017 Volume II – Proceedings of the 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Heraklion, Greece

Tommelein, I.D., and Zouein, P.P. (1993) "interactive dynamic layout planning." ASCE J. of Constr. Engrg. and Mgmt., 119 (2), 266-287

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. (2009). Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. 5., uud. laitos. Helsinki. Tammi

Womack, J.O. ja Jone, D.T. (1996) Lean Thinking: banish waste and create wealth in your corporation, Simon&Shuster

Zimmermann, G., Skambraks, J. (2012) Sofortwissen kompakt KVP (knowledge instantly: CIP) Heragon Verlag

Yrityksen sisäiset lähteet:

A-Insinöörit Oy (2007) LSH-Aikataulupohja

9. LIITTEET

Liite A - Haastattelukysymykset

2.10.2019

Rakentaminen

1. Onko tahtituotantoa käytetty hankkeissanne?
2. Millaisissa hankkeissa tahtituotantoa on käytetty?
3. Mitkä asiat on tahtituotannossa koettu haasteelliseksi?
4. Mitkä ovat olleet tahtituotannon parhaat hyödyt asiakkaalle, yritykselle itselleen, muille hankkeen osapuolille?
 - 4.1. Mitkä asiat/toimenpiteet ovat johtaneet tahdin käytön onnistumiseen?
5. Mitkä ovat olleet tahtituotannon suurimmat haasteet teidän yrityksellenne, asiakkaalle ja muille hankkeen osapuolille?
 - 5.1. Mitkä asiat/toimenpiteet ovat johtaneet tahdin käytön ongelmiin/epäonnistumisiin?
 - 5.2. Miten edellä mainittuja ongelmia/epäonnistumisia voisi torjua??
6. Onko tilaajaorganisaatio ollut valveutunut tahdistä ja osannut vaatia sen käyttöä, jos on, miten se on ilmennyt?
7. Jos tilaaja ei ole ollut valveutunut tahdin käyttömahdollisuudesta, millä keinoin tilaaja olisi voinut vaatia/edellyttää tahtituotantoa hankkeessa?
 - 7.1. Miten tilaajan olisi mielestänne pitänyt tilata tahtituotanto mukaan hankkeeseen?
8. Mitä tilaajan tulisi huomioida Urakkaohjelmaan vaatimuksina tahtituotannon huomioimisesta päätoteuttajan tekemiin alihankintasopimuksiin? (vrt. usein Urakkaohjelmissa olevat rajoitukset alihankintaketjun pituudelle, yms.)
9. Toimivasta tahtituotannosta voivat hyötyä niin tilaaja kuin rakennusliike – miten näitä osapuolia voisi kannustaa tahtituotannon onnistumiseen? Miten hyötyä voisi jakaa?

2.10.2019

Suunnittelu

1. Olivatko suunnittelijat tietoisia, että hankkeessa käytetään tahtituotantoa?
 - 1.1 Miten tämä ilmeni, oliko kirjattu suunnittelusopimukseen tai suunnitteluohjeisiin?
2. Onko suunnitelmilla ollut mielestänne osuutta, jos tahtituotanto on onnistunut/epäonnistunut, jos on, miten se on ilmennyt?
3. Mitä tilaajan pitäisi suunnittelulta vaatia, että tahtituotanto onnistuisi?
4. Missä osa-alueella koette tärkeäksi kehittää tai lisätä tietoisuutta tahdin käytöstä?
5. Mitä tilaajan pitäisi käyttäjiltä/vuokralaisilta vaatia, että tahtituotanto onnistuisi?
 - 5.1. Miten em. vaatimuksien täyttämisen johtamista voisi käytännössä tehdä?
6. Mitä päätoteuttajan tulisi tehdä suunnitelmien suhteen, jotta tahtituotanto onnistuisi?
7. Mitä alihankkijan tulisi tehdä suunnitelmien suhteen, jotta tahtituotanto onnistuisi?

Yleinen

1. Jos tahtituotantoa ei ole käytetty hankkeissanne, niin olisiko kiinnostusta käyttää ja minkä tyyppisissä hankkeissa haluaisitte sen käyttöä kokeilla?
2. Jos tahtituotantoa ei ole käytetty, mutta kiinnostusta sen käyttöön olisi, niin minkä koette haasteelliseksi, kun tahtia ei ole käytetty?
3. Koetteko, että tahdistä on tietoa riittävästi? Jos ette koe, että tahdin käytöstä on riittävästi tietoa, minkä tahon toimesta haluaisitte koulutusta aiheesta?