

Riina Mäkelä

## **Tahtituotantosunnittelu suuressa sairaalahankkeessa**

Opinnäytetyö

Kevät 2020

SeAMK Tekniikka

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Riina Mäkelä

Työn nimi: Tahtituotantosunnittelu suuressa sairaalahankkeessa

Ohjaaja: Ilkka Loukola

Vuosi: 2020

Sivumäärä: 37

Liitteiden lukumäärä: -

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää tahtituotantosunnittelun ongelmakohtia ja löytää niihin mahdollisia ratkaisuja. Tutkimuksen tuloksia oli tarkoitus hyödyntää suuren sairaalahankkeen tahtituotantosunnittelussa.

Opinnäytetyössä tutkittiin tahtituotantoa niin logistiikkasuunnittelun kuin aliurakoitsijayhteistyön näkökulmasta. Opinnäytetyössä on käsitelty myös allianssimallia rakentamisessa.

Työn aineisto on koottu pääosin verkkojulkaisuista ja henkilökohtaisista tiedonannoista.

Avainsanat: lean, tahtituotanto, allianssimalli, logistiikkasuunnittelu, aliurakoitsijayhteistyö

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: Building Construction

Author: Riina Mäkelä

Title of thesis: Takt production planning in a large hospital project

Supervisor: Ilkka Loukola

Year: 2020                      Number of pages: 37      Number of appendices: -

---

The purpose of the thesis was to do research on the problems of takt production planning and to find solutions for them. Takt production is a new procedure in construction business. The results of the research would be utilized in takt production planning in a large hospital project.

The thesis focused on logistics planning and cooperation with subcontractors. The thesis also included alliance contracting in the construction industry.

The sources for the thesis were mainly web publications and personal communications.

Keywords: takt production, logistics, subcontractor, alliance contracting, construction

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract.....	2
SISÄLTÖ.....	3
Käytetyt termit ja lyhenteet .....	5
1 JOHDANTO .....	6
1.1 Tausta ja tutkimuksen tavoitteet.....	6
2 URAKKAMUOTONA ALLIANSSI .....	8
2.1 Allianssimalli.....	8
2.2 Allianssin vaiheet .....	9
2.2.1 Kehitysvaihe.....	9
2.2.2 Toteutusvaihe .....	10
2.3 Allianssin johtaminen .....	11
2.3.1 Allianssin johtoryhmä (AJR) .....	11
2.3.2 Allianssin projektiryhmä (APR).....	11
2.4 Kaupallinen malli .....	11
3 LEAN JA TAHTITUOTANTO.....	13
3.1 Lean-filosofia.....	13
3.2 Tahtituotanto .....	13
3.3 Last Planner .....	15
3.4 Päivittäisjohtaminen .....	16
3.5 Tahtituotannon hyödyt.....	17
3.6 Tahtituotannon onnistumisen edellytykset .....	17
3.7 Tahtituotannon haasteet .....	18
4 HAVAINTOJA TAHTITUOTANTOTYÖMAILTA.....	21
4.1 Aliurakoitsijat.....	21
4.2 Logistiikka ja sen aiheuttamat haasteet tahtituotantotyömaalle .....	22
4.3 Näkökulmia tahtituotannosta.....	23
4.3.1 Ajatus tahtituotannon taustalla .....	24
4.3.2 Havaintoja.....	24
5 BOTHNIA HIGH 5 .....	25

5.1 Tahtituotantosuunnittelu .....	25
5.2 Haasteita .....	26
5.3 Aliurakoitsijayhteistyö .....	27
5.3.1 Varamestat .....	28
5.4 Logistiikkasuunnittelu .....	29
6 KEHITYSKULMAT .....	31
6.1 Toimiva logistiikka suurella työmaalla .....	31
6.2 Toimiva aliurakoitsijayhteistyö .....	32
7 YHTEENVETO .....	34
LÄHTEET .....	35

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>Allianssi</b>	Yhteistyöryhmä, jonka muodostavat tilaaja ja yksi tai useampi yritys.
<b>Just In Time</b>	Periaate, jolla materiaalit ja resurssit ovat saatavilla juuri oikeaan aikaan.
<b>Last Planner</b>	Menetelmä, jonka perusajatuksena on työn kulun ennustettavuuden ja tuotannon ohjauksen parantaminen oppimisen kautta.
<b>Lean</b>	Johtamisfilosofia.
<b>Mesta</b>	Työalue.
<b>Päivittäisjohtaminen</b>	Johtamiskeino, jonka avulla saadaan hankkeesta senhetkinen tilannekuva päivittäin.
<b>Tahtituotanto</b>	Lean-filosofiaan perustuva tuotantojärjestelmä.
<b>Virtaustehokkuus</b>	Kaikkiin työvaiheisiin käytetty aika.

# 1 JOHDANTO

Rakennusala on murrosvaiheessa ja uusia toimintamalleja on viime vuosina tullut vanhojen kankeiden toimintamallien tilalle. Uutta toimintatapaa edustaa Lean-filosofiaan perustuva ajattelutapa, jota myös tahtituotanto edustaa. Tahtituotanto ei ole pelkkää aikataulutusta, vaan uusi tapa hallita tuotantoa paremmin. Uudet toimintamallit aiheuttavat haasteita ja ennakkoluuloja, mutta hyvät kokemukset sysäävät kehitystä eteenpäin ja kokemusten kautta opitaan uutta.

Seppäsen ja Lehtovaaran (2019) mukaan tyypillisesti rakennusprojekteissa mitattu hukka on jopa 70 % eli tehokasta työtä on vain 30 % ajasta. Nämä luvut kertovat vielä kohtalaisen hyvistä projekteista. Suurimmassa osassa rakennusprojekteja hukkaa on vieläkin enemmän. Siksi rakennusalalla on kiinnostuttu tahtituotannon tuomista mahdollisuuksista. Tahtituotannon avulla hankkeen läpimenoaikaa voidaan lyhentää, hankkeessa voidaan saada aikaan merkittäviä taloudellisia säästöjä ja hankkeen tuotannon ohjaus on järkevämpää ja paremmin hallittavissa. Tahtituotanto myös tasaa urakoitsijoiden resursseja.

Opinnäytetyössä käsitellään tahtituotantosuunnittelua suuren sairaalahankkeen näkökulmasta. Tahtituotantosuunnittelun lisäksi käsitellään tahtituotantotyömaan logistiikkaa sekä aliurakoitsijayhteistyötä.

## 1.1 Tausta ja tutkimuksen tavoitteet

Opinnäytetyön esimerkkikohteena on Bothnia High 5 -projektialianssi, joka toteuttaa Vaasan keskussairaalalle uuden H-rakennuksen. Opinnäytetyö muodostuu kirjallisuustutkimusosiosta, jossa käsitellään allianssimallia, tahtituotantoa sekä tahtituotannosta tehtyjä opinnäyte- ja diplomitöitä. Tutkimusosiossa on case -esimerkinä Bothnia High 5 -allianssin tahtituotantosuunnittelu.

Opinnäytetyön tavoitteena on tahtituotantosuunnittelun ongelmakohtien löytäminen ja niiden mahdollinen ratkaiseminen. Opinnäytetyön pääpainoina ovat aliurakoitsijayhteistyön sekä logistiikan tuomat haasteet. Tutkimuksessa käsitellään sopivia ali-

urakoitsijoiden sitouttamiskeinoja tahtituotantoon sekä käsitellään tahtituotannon logistiikan suunnitteluun liittyviä näkökulmia. Näihin ongelmiin etsitään vastauksia lähdekirjallisuudesta, tutkimusaineistoista ja haastattelujen avulla. Tavoitteena on tunnistaa case-hankkeessa tahtituotannon onnistumisen riskejä ja pyrkiä hallitsemaan niitä tässä opinnäytetyössä tunnistettujen ehdotusten avulla.



## 2 URAKKAMUOTONA ALLIANSSI

### 2.1 Allianssimalli

Investointihankkeiden perinteisissä toteutusmuodoissa johtuvien ongelmien vuoksi on jouduttu etsimään uusia toiminta- ja urakkamalleja. Suomessa on totuttu perinteiseen urakointimenetelmään, millä tarkoitetaan sitä, että teetetään suunnitteluratkaisut erikseen ja suunnitteluratkaisujen perusteella kilpailutetaan urakoita. Tällainen käytäntö hyödyntää huonosti hankkeen osapuolten tietotaitoa. Näin ollen ollaan tilanteessa, jossa ratkaisut joudutaan lyömään lukkoon hankkeen aikaisessa vaiheessa eikä ole mahdollisuutta hankkeen jatkuvaan kehittämiseen kaikkien osapuolten parhaaksi. (Yli-Villamo & Petäjaniemi 2013, 57)

Rakennusallalla tuottavuuden kasvu on vaatimatonta ja syitä sille ovat muun muassa hukan määrä tuotannossa sekä se, että toimitusketju toimii huonosti ja sitä on hankala hallita. Perinteisellä tavalla urakointi johtaa alalla toimivia oman suorituksensa maksimoimiseen, minkä vuoksi kokonaisuus kärsii. (Yli-Villamo & Petäjaniemi 2013, 57)

Edellä mainittu ongelma on kansainvälisesti niin yleinen, että sen ratkaisemiseksi on etsitty keinoja aktiivisesti. Allianssiurakka on eritoten Australiassa laajalti käytössä. Siitä saadut kokemukset ovat lähes kokonaan positiivisia. Allianssiurakalla on säästetty projektin kustannuksia, nopeutettu hankkeen läpimenoaikaa sekä parannettu hankkeen laadullisten tavoitteiden toteutumista. (Yli-Villamo & Petäjaniemi 2013, 57)

Allianssimalli on urakkamuoto, missä projektin osapuolet tekevät yhteisen sopimuksen muodostaen allianssin. Eri osapuoliin voi kuulua esimerkiksi tilaaja, suunnittelijat ja yksi tai useampi urakoitsija. Osapuolena voi olla myös materiaalitoimittaja. Allianssimalli pohjautuu siihen, että projektin hyödyt ja mahdolliset riskit jaetaan osapuolten kesken ennalta sovitulla tavalla. Peruseriaatteina ovat hankkeen läpinäkyvyys, osapuolten keskinäinen luottamus, yhdessä sovittujen riskien jakaminen sekä yhteinen vastuu ja päätöksenteko. Allianssimallin tavoitteina on rakentamisen tuottavuuden parantaminen, rakentamisen toimintatavan muuttaminen avoimempaan ja

enemmän luottamukseen perustuvaan suuntaan, innovatiivisuuden ja osaamisen kehittäminen sekä kohteen valmistaminen laadukkaasti, nopeasti ja edullisesti. (Yli-Villamo & Petäjäniemi 2013, 57)

Allianssimallin edut korostuvat suurissa ja monimutkaisissa hankkeissa. Tällaisissa hankkeissa allianssi toimii joustavammin ja tehokkaammin verrattuna perinteiseen urakointimalliin. (Talotekniikka-Julkaisut Oy 2015)

## **2.2 Allianssin vaiheet**

Allianssimallissa on kaksi päävaihetta, jotka ovat kehitys- ja toteutusvaihe. Kehitys- ja toteutusvaiheista laaditaan erilliset allianssisopimukset ja allianssi vastaa vaiheiden suorittamisesta. Kehitysvaiheessa osapuolet sopivat, että mikä on hankkeen tavoitekustannus ja mitkä ovat avaintulosalueiden suorituskykymittarit sekä käytettävien muutosmekanismien lopulliset yksityiskohdat. Allianssi vastaa hankkeen toteutuksesta ja kohteen valmistumisen jälkeen allianssi luovuttaa sen tilaajalle. Osapuolet ovat yhteisvastuussa kohteessa ilmenneistä virheistä jälkivastuuajan loppuun asti. (Yli-Villamo & Petäjäniemi 2013, 59)

### **2.2.1 Kehitysvaihe**

Kehitysvaihe alkaa siitä, kun kehitysvaiheen allianssisopimus on allekirjoitettu ja allianssin toiminta alkaa. Kehitysvaiheen tavoitteet:

1. Hankkeelle sekä allianssille asetetaan selkeät tavoitteet.
2. Laaditaan kehitysvaiheaikainen projektisuunnitelma.
3. Muodostetaan lopullinen allianssiorganisaatio.
4. Hankkeen tarkan teknisen laajuuden määrittäminen.
5. Teknisten ratkaisujen ja toteutustapojen innovointi ja kehittäminen.
6. Määritetään hankkeelle tavoitekustannus.
7. Lopullisten suoritustavoitteiden ja -mittareiden määrittäminen avaintulosalueille.
8. Luodaan hankkeelle toteutusaikataulu.

9. Luodaan allianssille johtamisjärjestelmä.
10. Kartoitetaan riskit ja riskienhallintatoimenpiteet. (Yli-Villamo & Petäjäniemi 2013, 64)

Kehitysvaiheen tulos on toteutusvaiheen hankesuunnitelma. Hankesuunnitelmasta ilmenee toteutusvaiheen taloudelliset ja tekniset tavoitteet sekä hankkeen toteutussuunnitelma. Tilaajan hyväksytyä toteutusvaiheen hankesuunnitelman, kehitysvaihe päättyy. (Yli-Villamo & Petäjäniemi 2013, 64)

Jotta hankkeen kehitysvaihe onnistuisi, on osapuolten välillä oltava luottamusta ja avointa kommunikaatiota. Myös sitoutuminen ja halu toimia hankkeen parhaaksi ovat avaintekijöitä onnistumiseen. (Yli-Villamo & Petäjäniemi 2013, 64)

### **2.2.2 Toteutusvaihe**

Hankkeen kehitysvaiheen tulokset vaikuttavat siihen, onko toteutusvaihe mahdollista aloittaa. Tilaaja päättää toteutusvaiheen aloittamisesta. Jos tilaaja toteaa hankkeen toteutusvaiheen voivan alkaa, osapuolet solmivat toteutusvaiheen allianssisopimuksen. (Yli-Villamo & Petäjäniemi 2013, 64)

Rakennusvaihe ja takuu aika muodostavat hankkeen toteutusvaiheen. Kun toteutusvaiheen allianssisopimus on allekirjoitettu, alkaa rakennusvaihe, joka päättyy siihen, kun työt ovat valmiit ja kohde on vastaanotettu hyväksytysti. Tämän jälkeen alkaa kohteen takuu aika (allianssissa käytetään yleensä termiä jälkivastuu aika). Yleinen jälkivastuu aika on viisi vuotta. Jälkivastuu aikana allianssi vastaa toteutuksensa sopimuksen mukaisuudesta. Tähän lukeutuvat myös rakennustyöt ja suunnittelutyöt. Jälkivastuuajan päätyttyä hankkeen toteutusvaihekin päättyy. (Yli-Villamo & Petäjäniemi 2013, 65)

Allianssin tavoitteena on saavuttaa tai jopa ylittää kaikki asetetut tavoitteet. Tavoitteiden saavuttamiseksi tarvitaan muun muassa jatkuvaa parantamista, hyvää johtajuutta, innovointia tuotannon ohjauksessa ja rakennussuunnittelussa, korkeaa laatua ja ongelmanratkaisukykyä. (Yli-Villamo & Petäjäniemi 2013, 65)

## **2.3 Allianssin johtaminen**

### **2.3.1 Allianssin johtoryhmä (AJR)**

Allianssin johtoryhmään kuuluu yksi tai useampi edustaja jokaisesta palveluntuottajasta. Johtoryhmä vastaa allianssihankeeseen johtamisesta sekä yleisestä hallinnosta. Johtoryhmä on myös vastuussa siitä, että allianssin tavoitteet täyttyvät ja eri osapuolet suorittavat velvollisuutensa. Jokaisella johtoryhmään kuuluvalla on yhtä suuri sananvalta ja kaikkien päätösten on oltava yksimielisiä. (Yli-Villamo & Petäjäniemi 2013, 62)

### **2.3.2 Allianssin projektiryhmä (APR)**

Hankkeen päivittäisestä johtamisesta ja hallinnosta vastaa allianssin projektiryhmä, jonka johtajana toimii allianssin projektipäällikkö. Projektipäällikön vastuulla on raportointi johtoryhmälle. Projektipäällikkö tekee myös ehdotuksen projektiryhmän jäsenistä ja allianssin johtoryhmä tekee päätöksen. Suositus on, että kaikilta osapuolilta olisi joku allianssin projektiryhmässä. Suositus ei ole ehdoton, sillä projektiryhmän jäsenet valitaan sen perusteella, mikä on hankkeen parhaaksi. (Yli-Villamo & Petäjäniemi 2013, 63)

## **2.4 Kaupallinen malli**

Kaupallinen malli on dokumentti, jossa on kerrottu allianssin kaupalliset perusteet eli palkkiot, sanktiot, korvattavat kustannukset sekä kannustinmallit. Kaupallista mallia käytetään apuna ohjaamaan osapuolet tekemään töitä tavoitteiden saavuttamiseksi. (Bothnia High 5, [viitattu 20.3.2020])

Nämä kuuluvat kaupallisen mallin yleisiin periaatteisiin:

- Joko voitetaan tai hävitään, mutta se tehdään yhdessä.
- Projektin täydellinen läpinäkyvyys.

- Voitot ja tappiot jaetaan tasapuolisesti, mikä ei välttämättä tarkoita, että ne olisivat samankokoisia kaikille.
- Osapuolten riskikokonaisuus on yhtä suuri kuin kyseessä olevan osapuolen palkkio.
- Tilaajalle arvoa tuovien avaintulosalueiden suorittaminen erinomaisesti tuo allianssille bonuksia.
- Jos hankkeessa epäonnistutaan, saavuttaa jokainen palveluntuottaja sanktio-osansa samanaikaisesti. (Yli-Villamo & Petäjaniemi 2013, 59–60)

### 3 LEAN JA TAHTITUOTANTO

Syy, miksi rakennusalan suurimmat tekijät ovat alkaneet kiinnostumaan tahtituotannosta ja Leanistä on se, että sen periaatteita soveltamalla voi saada aikaan merkittäviä säästöjä. Voidaan puhua jopa 15-30 prosentin säästöistä hankkeen markkinahinnasta. Suurimmat säästöt saadaan aikaan suurissa ja monimutkaisissa projekteissa, joissa Lean-filosofiaa käytetään heti alusta lähtien, mukaan lukien suunnittelussa. Tällaisesta esimerkkejä ovat sairaalahankkeet Kaliforniassa, sillä siellä on maanjäristysriskin vuoksi kiristyneiden uusien rakennusmääräysten takia jouduttu rakentamaan runsaasti uusia sairaaloita. (Hammarsten 2015)

#### 3.1 Lean-filosofia

Lean johtamisfilosofian perusperiaatteet pohjautuvat jatkuvaan parantamiseen ja ihmisten kunnioittamiseen. Lean-filosofiassa projektin kaikki osapuolet otetaan mukaan jatkuvaan parantamiseen. Se pohjautuu hukan ja tuotannon virheiden vähentämiseen sekä arvon tuottamiseen asiakkaalle. (Mittaviiva Oy, [Viitattu 7.3.2020])

Lean Construction on Lean-pohjainen ajatus projektituotannosta, joka tavoittelee työnkulun ennustettavuutta eli pyritään eliminoimaan tilanteita, joissa työt odottaisivat työntekijöitä tai työntekijät odottaisivat töitä. Tuottavuuden edistämisen ensimmäinen vaihe on samaan tahtiin toimiminen. Sen jälkeen voidaan aloittaa järjestelmällinen edistäminen ja jatkaa parantamista kohti rakennusprosessin teollistumista. Päätekijät järjestelmälliseen parantamiseen löytyvät kumppanuussuhteista, teollisesta logistiikasta, hukan vähentämisestä sekä dataan perustuvasta mittaamisesta ja päätöksenteosta. (Mölsä 2019)

#### 3.2 Tahtituotanto

Yksi Lean-filosofian peruskäsitteistä on tahtiaika. Tahtiajalla tarkoitetaan yksittäisten työvaiheiden pituutta tuotannossa, joka toimii virtausperiaatteella. Virtaus luodaan siten, että mitoitetaan jokainen työvaihe saman pituiseksi ja työvaiheet suunnitellaan seuraamaan toisiaan välittömästi. Tahtiaikataulu on hyväenteinen työkalu

rakennusalalle, sillä sen avulla voi uudistaa nykyisiä tuotannonohjauksen periaatteita. (LCI Finland 2015)

Tahtituotanto on tuotantojärjestelmä, joka perustuu Lean-ajatteluun. Tahtisuunnittelulla pyritään lyhentämään rakennusprojektin läpimenoaikaa. Tarkoituksena ei kuitenkaan ole nopeuttaa töitä, vaan satsata yksityiskohtaisempaan suunnitteluun ja projektinhallintaan. Tavoitteena on liukuhihnamainen tuotanto, joka etenee johdonmukaisesti ottaen huomioon aikataulun, laadun ja turvallisuuden. (YIT Suomi Oy 2019)

Tahtituotannossa hukkaa vähennetään, toimintaa kehitetään jatkuvasti ja tuotantoprosessista tehdään mahdollisimman läpinäkyvä. Myös virtaustehokkuus (kaikkiin työvaiheisiin käytetty aika) on resurssitehokkuutta (työntekijän käyttämä aika työhön) ensisijaisempaa. Sellaisen työn tekeminen, joka ei ole arvoa tuottavaa, on tarkoitus vähentää ja ongelmia tuottavat asiat pyritään ratkaisemaan heti. Työt etenevät Just In Time -periaatteella eli materiaalit ja resurssit pitäisi olla saatavilla juuri oikeaan aikaan, ei etukäteen eikä jälkeenkä. (YIT Suomi Oy 2019)

Tahtisuunnittelu toteutetaan niin, että rakennus jaetaan samoja työvaiheita toistaviin tahtialueisiin. Tahtialueilla toistuvien töiden sisältö laaditaan niin, että jokaisen työvaiheen kesto on likimain sama. Tuotantonopeus on yhtä kuin tahti ja pisin työvaihe määrää tahdin. (YIT Suomi Oy 2019)

Tahtituotantosunnittelun periaatteet:

1. Hanke ja työvaiheet jaetaan useaksi pieneksi kokonaisuudeksi.
2. Työtehtävät tahdistetaan samankokoisiksi ja laaditaan aikataulu, jotta niitä noudatettaisiin.
3. Erittäin tiivis yhteistyö yhteistyökumppaneiden kanssa.
4. Logistiikkasuunnittelu ja materiaalihankinnat suunniteltava ja hallinnoida entistä huolellisemmin.
5. Tiedottamisen visuaalisuus ja selkeys.
6. Päivittäisjohtaminen
7. Töiden aloittamisen edellytykset täytyy selvittää. (YIT Suomi Oy 2019)

### 3.3 Last Planner

Rakentamisen tuotannon ohjaukseen kehitettiin Yhdysvalloissa 1990-luvulla Last Planner -menetelmä, jonka perustana oli huomio siitä, että viikkosuunnitelmaan kirjatuista työtehtävistä vain noin puolet saadaan suoritettua kyseessä olevan viikon aikana. Menetelmän perusajatuksena on työn kulun ennustettavuuden parantaminen ja tuotannon ohjauksen parantaminen oppimisen kautta. Last Planner -menetelmä sopii suunnittelutyön, rakentamisen sekä ylläpitotöiden tuotannon ohjaukseen. (Merikallio 2015)

Moni nykyään käytössä oleva aikataulutekniikka sisältää samankaltaisia osatekijöitä, kuten paikka-aika-kaavio ja kriittisen polun menetelmä. Tuotannon ohjauksen järjestelmällisyydessä on kuitenkin puutteita, joita ovat tilannekohtainen ja epäjärjestelmällinen tuotannon ohjaus tai sitten se, että työryhmät päättävät ohjauksesta itse. Last Planneria hyödyntämällä voidaan keskittyä häiriöttömään tuotannon edellytysten luomiseen seuraavin keinoin: projektin keskeiset henkilöt osallistetaan aikataulusuunnitteluun, keskitytään esteiden poistamiseen ja noudatetaan viikkosuunnitelmaan asetettuja tehtäviä. Myös viikkosuunnitelmien luotettavuus on tärkeää mitata ja poikkeamat kannattaa analysoida. Näin ollen tuotannon ohjausta saadaan parannettua ja kehitettyä. (Merikallio 2015)

Menetelmän kuvailu:

- Riittävän tiukka yleisaikataulu, jossa on selkeästi huomioitu tuotantoa tahdistavat välitavoitteet.
- Vaihesuunnittelu, joka tehdään yhdessä hankkeen osapuolten kanssa. Se sisältää nettoaikaperusteisen aikataulun, jonka avulla yleisaikatauluun asetetut välitavoitteet ovat saavutettavissa.
- Imuohjaus eli tietyllä aikajänteellä pyritään tunnistamaan ja poistamaan esteitä, jotka ovat aikataulutehtävien käynnistämisen esteenä.
- Vain tehtäville, joiden aloittamisen edellytyksistä on varmuus, tehdään viikkosuunnittelu.
- Viikkosuunnitelmat käydään läpi jokaisen suunnitelmaan tekemiseen osallistuneen henkilön kanssa.
- Tehtävien toteutumisosuutta käytetään apuna viikkosuunnitelmaan kuuluvien tehtävien tarkistamiseen ja mittaamiseen.



- Syyt, joiden vuoksi tehtävät ovat jääneet toteuttamatta, selvitetään.
- Järjestelmää parannetaan jatkuvasti. Sen tulokset näkyvät parantuvana tehtävien toteutumisprosenttina (TTP %). (Merikallio 2015)

Tulosten seurantaan käytetään apuna toteutumisprosenttia, joka muodostuu viikkosuunnitelmiin määrättyjen tehtävien toteutumisena. Tehtävien toteutumisprosenttia seurataan sekä koko projektin osalta että pienempiin kokonaisuuksiin ositeltuna. Tehtävien toteutumisprosenttien muodostavien käyrien avulla nähdään, miten tuotannon ohjaus on kehittynyt. Nouseva käyrä on merkki siitä, että aikataulun luotettavuus ja ennustettavuus on paranemassa. Jos käyrä tekee ”siksakkia”, on järjestelmä vielä herkkä häiriöille eli hankkeessa on tehtävä parempaa panostusta esteiden tunnistamisessa ja poistamisessa. Tähän lukeutuu myös sitoutuminen siihen, että viikkosuunnitelmia toteutetaan. (Merikallio 2015)

Jotta Last Planner -menetelmä saadaan vakiinnutettua käytäntöön, on käytettävä hallittua toimintaa. Vaihe aikataulujen laadinta yhteisesti esimerkiksi post it -lappujen avulla tekee siitä visuaalisen ja se tuottaa paljon informaatiota. Yhteisissä tehokkaissa palaverissa voidaan tuoda esille kaikki esteet ja miettiä keinoja niiden poistamiseen. Viikkosuunnitelmat kannattaa vaatia ja niiden on oltava laadukkaita eli ne olisivat oikeasti todellisia suunnitelmia kyseisen viikon tehtävien suorittamisesta. Suurin ongelma on yleensä palautteen antaminen. Last Planner -menetelmässä se tarkoittaa sitä, että viikkosuunnitelmien toteutumisprosentti lasketaan ja tuloksia käsitellään avoimesti. Kun hankkeessa päästään sen kynnyksen yli, alkavat tuloksetkin paranemaan. (Merikallio 2015)

### 3.4 Päivittäisjohtaminen

Päivittäisjohtamisen palaverissa käydään läpi aikataulua joka aamu esimerkiksi 10-15 minuuttia. Palaverissa jaetaan sen hetkinen tilannekuva, jonka avulla jokainen palaveriin osallistuva on tietoinen siitä, miten työt etenevät. Palaverissa ovat mukana vastaavan työnjohtajan lisäksi pääurakoitsijan muita työnjohtajia, valvojia sekä aliurakoitsijoiden nokkamiehiä ja heidän työnjohtajiaan. Tahtiaikatauluun merkitään aloitetut ja valmistuneet tahtialueet sekä samalla keskustellaan poikkeamista, jos

niitä on. Tärkeää on työnjohtajien ja valvojen jalkautuminen työmaalle, jotta he voisivat auttaa ratkaisemaan ongelmia. (LCI Finland 2019)

### **3.5 Tahtituotannon hyödyt**

Hankkeen läpimenoajan lyheneminen ei ole ainoa tahtituotannosta johtuva potentiaalinen hyöty. Muita hyötyjä ovat:

1. Päivittäisjohtamisen ansiosta hankkeen tilannekuva paranee huomattavasti.
2. Ongelmiin ja esteisiin pystytään reagoimaan nopeasti, koska päivittäisjohtamisen ansiosta esteet huomataan aikaisessa vaiheessa.
3. Toiminta yhdessä muiden osapuolten kanssa, mikä antaa mahdollisuuden jatkuvaan parantamiseen.
4. Tuotanto pysyy paremmin tasapainossa, koska se on paremmin hallinnassa.
5. Laatu paranee, kun työt suunnitellaan huolellisesti.
6. Virtaustehokkuus eli kaikkiin työvaiheisiin käytetty aika paranee.
7. Tuotannon läpinäkyvyys paranee yhdessä tekemisen ja avoimuuden kautta.
8. Hukkaa, keskeneräistä työtä tai odottamista on huomattavasti vähemmän.
9. Varastot työmaalla sekä materiaali- ja työvoimakustannukset ovat pienemmät. (Seppänen & Lehtovaara 2019)

### **3.6 Tahtituotannon onnistumisen edellytykset**

Tahtituotannossa on tärkeää suunnittelun ja tuotannon aikataulujen yhteensovitus eli suunnitellaan tarpeeseen, jotta työt pysyisivät käynnissä työmaalla ilman turhia taukoja. Päivittäisjohtamisen avulla saadaan resurssit suunnattua oikeisiin paikkoihin oikeaan aikaan ja kaikki tietävät, missä kukin työvaihe on menossa. Juurisyitä tunnistetaan ja pyritään jatkuvaan parantamiseen. Tiivis yhteistyö aliurakoitsijoiden kanssa eli aliurakoitsijoiden työnjohtajia ja nokkamiehiä otetaan mukaan päivittäisjohtamisen palaveriin. (Ronkainen 2020)

Hankkeelle täytyy olla tarpeeksi paljon aikaa valmistelemiseen ja suunnitelmien on oltava tehtynä ajoissa. Asuntotuotannossa asukasvalintojen aikatauluttaminen ja huoneistojen materiaalivalinnat kannattaa miettiä ajoissa, ettei aikatauluun tulisi lykääntymisiä. Tahtiaikataulu kannattaa esitellä aliurakoitsijoille jo tarjousvaiheessa, ja aliurakoitsijoiden valinnat ovat erityisen tärkeässä asemassa. Myös aliurakoitsijoiden sitouttaminen tahtiaikatauluun on varmistettava erilaisin sitouttamiskeinoin. (YIT Suomi Oy 2019)

Päivittäinen johtaminen ja viestintä on oltava aktiivista ja reaaliaikaista hankkeen alusta loppuun. Aliurakoitsijoiden kanssa on pidettävä aloituspalaverit tarpeeksi ajoissa. Poikkeamat ja viivästyksset on havaittava ja ratkaistava nopeasti. Aliurakoitsijoiden kanssa voi käyttää esimerkiksi sakollisia välitavoitteita, jotta aikataulussa pysyttäisiin. (YIT Suomi Oy 2019)

Aikataulussa on otettava huomioon jokainen työvaihe ja tunnistettava kriittiset työvaiheet aikataulussa pysymisen näkökulmasta. Sairauspoissaolot ja lomat on huomioitava etukäteen aliurakoitsijoiden kanssa, ettei niistä aiheutuisi ylimääräisiä viiveitä. Aliurakoitsijat saattavat olla liian optimistisia omista työsaavutuksistaan ja se luo omat haasteensa tahtiaikataulusuunnitteluun. (YIT Suomi Oy 2019)

Ratkaisevassa asemassa on myös hankkeen osapuolten välinen luottamus. On tutkittu, että luottamus muodostaa suotuisan yhteyden joustavampaan hankkeen toteuttamiseen ja näin ollen vähentää myös hukkaa. Avoin tiedonvälitys ja tieto siitä, että projektia tehdään yhdessä, aikaansaa luottamusta. Luottamuksen puute aiheuttaa tilanteen, jossa optimaalisin käytettävissä oleva osaaminen jää käyttämättä hyväksi ja voimavarat haaskataan toisten aikaansaamien vahinkojen minimointiin. (YIT Suomi Oy 2019)

### **3.7 Tahtituotannon haasteet**

Haasteita tahtituotannolle luo suunnitelmien valmistuminen. Nykyään monessa rakennushankkeessa kohteen suunnittelu etenee rakentamisen kanssa rinnakkain. Suunnittelussa täytyisi pyrkiä siihen, että suunnitellaan tarpeeseen eli mitä suunni-

telmia työmaalla tullaan seuraavaksi tarvitsemaan. Suunnittelussa olisi hyvä huomioida myös se, milloin suunnitelmien olisi kaikkien kannalta järkevintä olla valmiina. Esimerkiksi hankinta ja työsuunnittelu tarvitsevat oman aikansa suunnitelmien valmistumisen jälkeen. Monilla suurilla hankinnoilla on pitkät toimitusajat ja se olisi hyvä huomioida. Tahtituotanto edellyttää suunnitelmien valmiutta, sillä aikataulussa ei ole varaa suunnitella niin sanottuja puskureita kaikkien työvaiheiden väliin. (Ronkainen 2020)

Suuri haaste on myös aliurakoitsijoiden siirtyminen muille työmaille kesken urakan. Tahtituotantotyömaalla ideaalilanteessa työryhmät siirtyvät tehokkaasti mestasta toiseen ilman odottelua, sillä odottelu on hukattua aikaa. Töiden keskeydyttyä on riskinä se, että aliurakoitsijat siirtyvät toiselle työmaalle, jossa tiedetään töitä olevan. Tämä aiheuttaa sen, että kun tahtituotantotyömaalla olisi taas vapaata mestaa aliurakoitsijalle, hän on kiinni toisen työmaan tehtävässä ja taas syntyy tahtituotantotyömaalle odottelua. Kuitenkin tahtituotantotyömaalla on paremmin ennustettavissa se, koska mestaa on taas vapaana, jos verrataan esimerkiksi perinteiseen urakointiin. Tällöin tahtituotantokohteessa osataan varautua resursseihin silloin, kun niitä taas tarvitaan. Varamestojen järjestäminen on hyvä keino varautua tällaisiin haasteisiin ja hallita sitä, että aliurakoitsijoille riittää työtä. (Ronkainen 2020)

Hankkeiden suuren koon ja sitä kautta tahtialueiden suuren määrän on havaittu vaikuttavan siihen, että hankkeen hallinta kokonaisuudessaan kärsii ja aikataulusta tulee herkempi häiriöille. Tämän lisäksi on havaittu, että tahtiaikataulun suunnittelu vie paljon aikaa ja se on työlästä. Näiden ongelmien lisäksi on tehty huomioita puskuriaikojen pituuteen. Puskuriajat ovat tavallista lyhyempiä, joten ongelmat täytyy ratkaista miltei saman tien kuin ne ilmaantuvatkin. (Aarnio 2019, 41)

Aliurakoitsijoiden sitouttamisessa tahtituotantoon on nähty haasteita. Jos työntekijä on huonosti sitoutunut tahtiaikatauluun, aiheuttaa se väistämättä ongelmia aikataulussa pysymiseen ja mestan luovuttaminen ajallaan seuraavalle työntekijälle viivästyy. Aliurakoitsijat myös työskentelisivät mieluummin perinteisellä urakointitavalla, joten tahtituotanto on vielä ajatuksena vieras. Ajattelutavan muutos ottaa aikansa. Tahtituotannosta on aliurakoitsijoilla myös hyviä kokemuksia ja osa aliurakoitsijoista näkee tahtituotantotyömaat mieluisimpina vaihtoehtoina kuin perinteiset projektit. (Aarnio 2019, 41–42)

Rakennusalalla on vaikuttanut pitkään yleiset käytännöt, joita on vaikea muuttaa, ellei asioista ole erikseen sovittu ja sovittu asia on kirjattu sopimukseen. Näin ollen tahtituotantoon viittaavien asioiden jättäminen sopimuksista aiheuttaa ongelmia pääurakoitsijan ja aliorakoitsijan välille. Ongelmat ilmenevät muun muassa epäluottamuksena. (Aarnio 2019 42–43)

## 4 HAVAINTOJA TAHTITUOTANTOTYÖMAILTA

Työn tarkoituksena oli selvittää, mitä kaikkea tahtituotannosta on jo tutkittu Suomessa ja miten tutkimustuloksia voidaan hyödyntää tulevissa hankkeissa. Tähän opinnäytetyöhön on kerätty havaintoja muista tahtituotantoa käsittelevistä opinnäytetöistä, diplomitöistä ja haastatteluista. Tuloksia hyödynnetään Bothnia High 5 -projektiallianssin tahtituotantosuunnittelussa.

### 4.1 Aliurakoitsijat

Aliurakoitsijoiden kanssa on järjestetty Kick off -tilaisuuksia, joissa on esitelty tahtituotantoa ja käyty läpi aikataulua. Tilaisuuksissa on esitelty myös projektin osapuolet toisilleen. Samassa tilaisuudessa aliurakoitsijat ovat saaneet kertoa omia mielipiteitään töiden etenemistä edistävästä seikoista. On huomattu, että tahtituotantoa kannattaa läpikäydä aliurakoitsijoiden kanssa useampaan otteeseen kuin vain kerran. Näin aliurakoitsijoille saadaan parempi käsitys asiasta, sillä uutta asiaa on erittäin vaikeaa yhdellä kerralla sisäistää. Tahtiaikataulua ja tahtisuunnittelua on tuotu ensimmäistä kertaa esille sekä tarjouspyyntövaiheessa että urakkasopimusneuvotteluissa. (Helle 2019, 19–21)

Aliurakoitsijat saattavat asennoitua tahtituotantoon varauksella, mutta työmaan edessä myönteiset kokemukset lisääntyvät ja aliurakoitsijat osoittavat mielenkiintoa osallistua tahtituotantoprojekteihin vastaisuudessakin. On myös huomattu, että aliurakoitsijat asettavat tahtituotantotyömaita etusijalle, koska tiedetään, että viivästykset luovat ongelmia toisille työmaalla urakoiville. Näin ollen vaikuttaa siltä, että aliurakoitsijat arvostavat tahtituotantotyömaiden toimintaa enemmän kuin muiden. Tahtituotannon ei ole huomattu suoranaisesti vaikuttavan urakkatarjousten hintoihin. (Helle 2019, 22)

Sopimusasiakirjoissa on viitattu tahtituotantoon erilaisin tavoin. On yksinkertaisia kirjauksia, että hanke toteutetaan lean -periaatteella tai viitataan tahtiaikataulun mukaisiin sakollisiin välitavoitteisiin. Toisaalta on kirjauksia, joissa on hyvin tarkentavia mainintoja siitä, mitä aliurakoitsijan velvollisuuksiin kuuluu. Näitä velvollisuuksia

ovat muun muassa päivittäisjohtamiseen osallistuminen, paikka-aikataulun noudattaminen sekä materiaalien logistiikan suunnittelu ja toteutus. (Helle 2019, 22–24)

Kokemusten perusteella aliurakoitsijoiden sitouttamiseen tarvitaan vielä yksityiskohtaisempia kirjauksia urakkasopimukseen, jolloin sitouttaminen onnistuisi paremmin. Sitouttaminen täytyisi olla vieläkin enemmän pääurakoitsijälähtöistä. Aliurakoitsijat pitäisi saada ymmärtämään, että tahtituotanto on heille kannattavaa jo senkin vuoksi, että he voisivat saada resurssinsa joutuisammin käyttöön toisille työmaille. (Pokela 2019, 65)

## 4.2 Logistiikka ja sen aiheuttamat haasteet tahtituotantotyömaalle

Tahtituotantohankkeissa logistiikan merkitys korostuu, sillä työmaalle saapuva materiaali tulee virtauttaa eli säännöstellä samaan suhteeseen töiden kanssa. Tyhjää tilaa on tahtituotantotyömaalla normaalia vähemmän, sillä monella tahtialueella työskennellään eri vaiheissa samaan aikaan.

Logistiikkasuunnitelman hyödyllisenä osana on ollut aluesuunnitelma, jonka avulla saadaan kokonaiskuva työmaa-alueesta. Siitä näkee, missä on esimerkiksi sosiaalitilat, nosturin paikka, jättepisteet, kulkureitit, varastointialue ja missä materiaalityömituksia otetaan vastaan. Aluesuunnitelmaa olisi hyvä päivittää sitä mukaa, kun muutoksia työmaa-alueelle tulee. (Alajoutsijärvi 2019, 53–54)

Aliurakoitsijat ovat saaneet tilata tarvitsemansa materiaalit itse, jolloin luonnollisesti niiden hinta on sisältynyt sopimukseen ja kaikki materiaaleihin liittyvä vastuu on jäänyt heille. Tällainen menettely vähentää pääurakoitsijan työmäärää, mutta samalla se voi luoda ongelmia materiaalien hallittavuuteen ja läpinäkyvyyteen. Näillä ongelmilla on taas huomattava vaikutus logistiikkaan. Jos aliurakoitsijoille jätetään materiaalityömitukset, on tehtävä tilauksille oma aikataulu, etteivät ne kaikki saapuisi työmaalle yhtä aikaa. Työnjohtajat ovat kokoustaneet aliurakoitsijoiden kanssa viikoittain ja kokouksissa on sovittu materiaalityömitusten aikatauluista. (Alajoutsijärvi 2019, 53–56)

Materiaalien vastaanotossa on ollut käytäntönä se, että materiaalia kuljettava kuski soittaa ja ilmoittaa tarkan saapumisajan, jolloin on osattu valmistautua materiaalien

vastaanottamiseen. Kun toimitus saapui työmaalle, sille osoitettiin purku- tai vastaanottoaika. Paikka materiaalin purkamiseen on valittu tarkoin, ettei se häiritsisi muuta liikennettä työmaan ympäristössä. (Alajoutsijärvi 2019, 56)

Materiaalien siirtoihin on käytetty paljon tuntityömiehiä, jotta asennustyötä tekevien työmiesten työaika ei tuhlautuisi materiaalien siirtämiseen. Siirtoja on ollut paljon, sillä varastointitilaa on ollut vähän ja työ on edennyt normaalia nopeammin tahtiaikataulun vuoksi. Huoneistossa käytettävät materiaalit on varastoitu suoraan sinne eli paikkaan, missä sitä tarvittiin. Suuret toimituserät ovat aiheuttaneet sen, että huoneistot ja muut tyhjät tilat toimivat välivarastoina. (Alajoutsijärvi 2019, 58)

Hyvällä logistiikan suunnittelulla on suuri rooli tahtituotantotyömaalla ja sillä voi välttää monia ongelmakohtia. Kun logistiikkasuunnittelussa on puutteita, ongelmatilanteisiin ei osata varautua ja niihin on keksittävä väliaikaisia ratkaisuja, jotka eivät yleensä ole parhaimpia mahdollisia. Logistiikan suunnitteluun kannattaa siis miettiä etukäteen vakioituja toimintatapoja. Näin ollen logistiikan hallinta on helpompaa. (Alajoutsijärvi 2019, 59–60)

Materiaalitoimitusten ohjaukseen tarvitaan yhtenäinen toimintatapa, jolloin vältetään tilanteita, joissa joudutaan varastoimaan suuria määriä materiaaleja liian pitkiksi ajoiksi. Jos varastointipaikkana on esimerkiksi huoneisto, saattaa sinne tuodut materiaalit haitata jonkin toisen työvaiheen tekemistä ja koko tahtiaikataulua. (Alajoutsijärvi 2019, 60–61)

Suuret toimituserät aiheuttavat sen, että jollain loholla materiaalit saapuvat juuri silloin, kun niitä tarvitaan, mutta toisella loholla materiaalit haittaavat vielä edellistä työvaihetta ja materiaaleja joutuu siirtelemään pois tieltä. Materiaalien siirtely vie taas oman aikansa kireästä tahtiaikataulusta, jolloin se kannattaa teettää tuntimiehillä eikä työvaihetta suorittamaan tulleilla työmiehillä. Muuten työt hidastuvat ja syntyy lisätöitä. (Alajoutsijärvi 2019, 61)

### **4.3 Näkökulmia tahtituotannosta**

Tähän osioon on saatu tietoa YIT Suomi Oy toimitilapuolen kehityspäälliköltä.



### 4.3.1 Ajatus tahtituotannon taustalla

Lean-rakentamisen edistämässä tahtituotanto on yksi lähestymistapa tai työkalu. Tahtituotannon taustalla on ajatus keskittyä arvon tuottamiseen asiakkaalle. Rakentamisessa suuri osa työstä on hukkaa tai tukitoimintoja ja vain osa työstä suoranaisesti lisää asiakkaan saamaa arvoa. Järkevintä on pyrkiä siihen, että mahdollisimman suuri osa työstä olisi arvoa kasvattavaa työtä. Tahtituotanto edellyttää tarkempaa työsuunnittelua kuin perinteinen rakennustapa, joten se mahdollistaa arvoa tuottavan osuuden ja hukan esille nostamisen. Nämä puolestaan mahdollistavat paremmin haasteiden syiden löytymistä ja niiden ratkaisemista. (Willberg 2020)

Näkyvin tavoite on rakentamisen läpimenoajan lyhentäminen, jonka ytimessä on hallittu tuotanto. Kun tuotannon ketjua hallitaan paremmin, sillä on vaikutuksia muun muassa hankkeen laatuun, tuottoon ja mahdollisuuteen tehdä järjestelmällistä jatkuvaa parantamista. (Willberg 2020)

### 4.3.2 Havaintoja

Toimitilahankkeita on tehty vähemmän tahtituotannolla verrattuna asuntopuolen kohteisiin. Toimitilahankkeissa suurimmat haasteet ovat liittyneet kohteisiin, joissa ei ole selkeää tilojen toistuvuutta sekä kohteisiin, joissa ei ole mahdollisuutta kovin tarkkaan suunnitelmavalmiuteen hankkeen aikaisessa vaiheessa. Tällaisten kohteiden suhteen ei ole vielä paljoa kokemusta tai teoreettista tutkimusta, joten niissä ollaan edelläkävijöitä. Tutkimusta ja kokemusta kertyy tällaisista kohteista koko ajan ja niistä saatuja oppeja tullaan hyödyntämään. Tahtituotannon suurimmat hyödyt saadaan, kun kaikki osapuolet toimivat yhteen, jolloin työmaalla on parhaat edellytykset tahtiaikataulun toteuttamiselle. (Willberg 2020)

## 5 BOTHNIA HIGH 5

### 5.1 Tahtituotantosunnittelu

Bothnia High 5 on suuri sairaalahanke, jonka urakkamuotona on allianssimalli ja kohteen sisävalmistusvaiheet toteutetaan tahtituotantoa hyödyntämällä. Kohteen runkotöitä ei ole tahtiaikataulutettu. Runko nousee lohkoissa A, B, C ja D ja sisävalmistusvaiheet on jaettu alueisiin A, C ja D. Sisävalmistusvaihe 1 on alueella A, sisävalmistusvaihe 2 on alueella C ja sisävalmistusvaihe 3 on alueella D. Opinnäytetyön kirjoittamisen aikaan tahtiaikataulusuunnittelu on vasta hiljattain alkanut.

Sisävalmistusvaiheet on jaettu tahtituotantoperiaatteen mukaisesti tahtialueisiin, joita on yhteensä 151. Tahtialueiden sisällä on märkätiloja, joissa kiertää oma tahtijuna. Tahtialueiden lähtökohtina ovat olleet talotekniikan runkolinjat, IV-palvelualueet, P1 -osastointi ja sairaalan toiminnallisuus. Näiden rajaavien tekijöiden vuoksi tahtialueita on jouduttu miettimään tarkoin ja tahtialueet on suunniteltu niin, että ne palvelisivat mahdollisimman hyvin tahtituotantoa. Näin ollen tahtialueet ovat eri kokoisia. Ideaalitulanteessa kaikki tahtialueet olisivat samankokoisia ja samat työvaiheet menisivät yhtä nopeasti tahtialueiden läpi. Esimerkiksi kerrostalohankkeissa voidaan näin menetellä, koska samankaltaiset huoneistot toistuvat kerroksittain. Lisäksi ideaalitulanteessa tahtialue olisi mahdollisimman pieni, jolloin aikataulutaminen ja hallinta olisi helppoa. Sairaalahankkeessa muun muassa talotekniikan suuri määrä ja P1-alueet ohjaavat suunnittelemaan suurempia alueita, joten 151 tahtialuetta voidaan pitää kokonaisuuden hallinnan näkökulmasta varsin riittävänä määränä. Suuren sairaalan tiloja ei voida samalla tavalla toistaa, kuten kerrostaloja, sillä sairaalassa on monia eri toimintoja, kuten pitkiä käytäviä, vastaanottotiloja, henkilökunnan tiloja ja teknisiä tiloja. Tämän hankkeen tahtituotantosunnittelussa on keskitytty kerrokseen 1-8, koska ne ovat selkeästi toistuvia kerroksia. Kerroksia 00 ja 0 on tahtiaikataulutettu hieman väljemmin, sillä ne poikkeavat suuresti muista kerroksista.

Tahtiaikataulua tehdään ja ylläpidetään Excel-tiedostossa. Excel on sinällään raskas ohjelma aikataulun tekemiseen, mutta tällä hetkellä paras vaihtoehto tehdä tahtiaikataulua. Allianssissa harkittiin myös Firan Sitedrive -ohjelmaa, mutta todettiin,

ettei sitä ole suunniteltu palvelemaan suurta sairaalahanketta. Suuressa hankkeessa on suuret tahtialueet, minkä vuoksi yhdellä tahtialueella on useampi työvaihe käynnissä. Näin ollen myös tahtiaikatauluun on yhdelle tahtialueelle tehty Excel-tiedostoon kolme riviä, jotta samaan aikaan käynnissä olevat työvaiheet on helppo huomata aikataulusta.

Ensimmäisestä kerroksesta saatujen oppien perusteella olisi hyvä, että ensimmäisten kerrosten tahtiaikatauluissa olisi enemmän puskuria eli ylimääräistä aikaa. Tämä siksi, että ensimmäisessä kerroksessa kaikki työt lähtevät ensimmäistä kertaa liikkeelle eli toiminta ei ole vielä vakioitunutta. Seuraavissa kerroksissa työ etenee järkevämmin. Eli kannattaa suunnitella mieluummin enemmän puskuria ja sen jälkeen, kun työhön saadaan varmuutta, puskureita aletaan poistamaan. Tässä hankkeessa ei ole ollut varaa laittaa puskureita ensimmäisen kerroksen tahtiaikatauluun, koska ensimmäistä kerrosta on päästy tekemään myöhässä. Tällä hetkellä puskureina toimivat reikien teko ja paikkaukset, sillä ne työt voivat edetä muuraustöiden kanssa rinnakkain.

Tahtiaikataulun rinnalle tehdään päivitetty vinoviiva-aikataulu muun muassa hankintaa ja suunnittelijoita varten, koska sitä on helpompi seurata. Tahtiaikataulu on käytössä ainoastaan työmaalla. Tahtiaikataulusta siirretään lähtötiedot vinoviiva-aikatauluun, josta saadaan taas tietoa suunnittelu-aikatauluun. Tahtiaikataulu ei tässä hankkeessa palvele hankintaa yhtä hyvin kuin esimerkiksi asuntotuotannossa. Asuntotuotannossa tahtiaikataulu palvelee hankintaa paremmin, koska siellä tahtiaikataulun esitystapa on paljon yksinkertaisempi. Tämä hanke on niin paljon isompi kuin kerrostalo, joten vinoviiva-aikataulu on tehokkaampi esitystapa. Tahtiaikataulu toki palvelee tässä hankkeessa hankintaa siltä osin, että tahtiaikataulusta näkee paremmin työmaan päivittäiset tarpeet ja eri työvaiheiden tarpeet.

## **5.2 Haasteita**

Yksi suurimmista haasteista tässä hankkeessa tahtiaikataulun suhteen on se, että tahtiajatteluun on siirrytty liian myöhään. Suunnittelijoilla on hankkeen alussa ollut vielä melko hatara käsitys siitä, mitä tahtiaikataulu tarkoittaa ja mihin sillä pyritään.

Hankkeen alussa ei ole suunniteltu edellytyksiä tahtituotantonäkökulmasta. Esimerkiksi talotekniikka olisi jaoteltu niin, että talotekniikan reitit olisivat selkeämpiä. Myös huoneiden ja alueiden muodot olisi pitänyt suunnitella palvelemaan enemmän tahtituotantoa. Todennäköisesti ideaalilanteeseen pääseminen olisi varmasti ollut haastavaa, vaikka tahtituotanto olisi huomioitu suunnittelussa, koska sairaalassa tekniikkaa on paljon ja tilaa on rajallisesti. Tiettyjen putkien pitää kaataa pitkillä matkoilla, mikä taas vaikuttaa siihen, että välttämättä joka kerroksessa putket, kanavat ja kaapelihyllyt eivät mene samoissa paikoissa.

Talotekniikkasuunnittelu tulee myöhässä suhteessa tahtiaikatauluun. Talotekniikka menee huoneiden läpi ja jossain tapauksessa myös tahtialueiden läpi ja se tuo haasteita tahtituotannolle. Talotekniikan olisi pitänyt mennä enemmän käytävillä ja olisi ollut tarpeellista saada tarkempia suunnitelmia aiemmin. Myös tahtialueen sisällä talotekniikan asennusjärjestys pitäisi olla yhtenäinen, mitä se ei tällä hetkellä ole. Eli tietyn talotekniikan korkomaailma ei ole sama, vaan putket risteävät joissain kohdissa pahoin. Osaongelmana edelliseen saattaa olla se, että talotekniikkasuunnittelijan käyttämä suunnitteluohjelma ei toimi aivan niin kuin pitäisi. Vaikka suunnittelijalla on joku näkemys siitä, miten joku putkitus menee, saattaa ohjelma piirtää sen sijasta putkelle kummallisen reitin. Kuitenkin suurempi haaste on suuren tekniikkamäärän sovittaminen pieneen tilaan. Nämä ongelmat on huomattu tahtisuunnittelun alkuvaiheessa ja samat ongelmat pyritään huomioimaan seuraavien kerrosten suunnittelussa.

### **5.3 Aliurakoitsijayhteistyö**

Tässä hankkeessa aliurakoitsijoita on osallistettu tahtiaikataulusuunnitteluun, koska halutaan, että aliurakoitsijat määrittävät sen, kuinka paljon he tarvitsevat aikaa tietyn työvaiheen tekemiseen tietyillä resursseilla. Rakennushankkeissa on totuttu siihen toimintatapaan, että pääurakoitsija laatii aikataulun, jota aliurakoitsijat noudattavat. Aliurakoitsijoiden ei siis ole aiemmin tarvinnut suunnitella aikatauluja, joten heillä voi olla vaikeaa suunnitella aikataulua ja arvioida sitä, kuinka kauan heillä jossain työvaiheessa menee. Tämä aiheuttaa tahtiaikataulusuunnitteluun ison haasteen. Töiden etenemistä ja todellista työsaavutusta seurataan. Esimerkiksi tämän hankkeen

ensimmäisen kerroksen muuraustöissä on huomattu se, että työt etenevät nopeammin kuin on suunniteltu. Tästä on opittu ja suunniteltu tahtiaikataulua muurauksen osalta seuraaviin kerroksiin todellisten työsaavutusten avulla.

Kun aliurakoitsijat otetaan mukaan tahtiaikataulusuunnitteluun, saadaan heidät paremmin myös sitoutettua tahtiaikatauluun. Yhdessä tekeminen on parempi vaihtoehto kuin esimerkiksi kirjallisuustutkimusosiossa käsitellyn työmaan menetelmä, jossa aliurakoitsijoille vain kerrotaan, mitä tahtiaikataulu on ja he eivät itse siihen voi vaikuttaa.

Hankkeessa otetaan myös päivittäisjohtaminen käytäntöön. Joka aamu työmaatoimistoon kokoontuu palaveriin vastaavan mestarin lisäksi, työnjohtajia, aliurakoitsijoiden työnjohtajia sekä heidän nokkamiehiään. Palaveri kestää noin 10-15 minuuttia ja sinä aikana käydään läpi työmaan tilanne. Mitkä työvaiheet on tehty, mitkä työvaiheet ovat kesken ja onko työmaalla jossain jokin ongelma? Ongelmat pyritään ratkaisemaan yhdessä mahdollisimman nopeasti. Tärkeää on tunnistaa ongelmien juurisyyt ja kehittää toimintaa jatkuvasti parantaen joko aikataulua päivittämällä tai poistamalla esteitä tehokkaammin. On hyvä, jos ongelma ratkeaa päivittäisjohtamisen palaverissa, mutta on vielä tärkeämpää oppia siitä ja kehittää omaa toimintaa siten, ettei vastaavia ongelmia tulisi vastaan enää jatkossa.

### **5.3.1 Varamestat**

Koska pääurakoitsija vaatii aliurakoitsijalta sitä, että heillä on sidottuna tietty resurssi tahtituotantotyömaalle, on pääurakoitsijan vastavuoroisesti hyvä varautua varamestojen järjestämiseen siltä varalta, että työt seisahtuisivat ja syntyisi odottelua. Odottelu taas aiheuttaa sen, että työryhmä saattaa siirtyä toiselle työmaalle.

Tämän hankkeen työmaalla on ainakin yksi varamesta, joka on siitä haastava varamesta, että se on ensiksi muurareiden käytössä. Muurareiden jälkeen se on tasoite- ja maalaustöiden varamesta. Haasteen luo se, jos muurarit eivät ikinä ehdikään varamestalle, se ei voi toimia myöskään muiden aliurakoitsijoiden varamestana. Sen vuoksi myös varamestaa täytyy edistää, että se toimii. Varamestojä kannattaa olla useampi ja miettiä kaikki aliurakoitsijat läpi, että minkälaisia varamestojä tarvitaan.

Aina varamestoja ei ole mahdollista järjestää ainakaan kaikille työvaiheille, mutta niiden järjestämiseen on parempi varautua.

#### **5.4 Logistiikkasuunnittelu**

Jotta tahtituotannosta saadaan kaikki hyöty irti, myös työmaan logistiikka on suunniteltava etukäteen huolellisesti ja paljon tarkemmin kuin perinteisessä urakoinnissa. Tahtiaikataulu palvelee myös logistiikka-aikataulua, jota täytyy tässä hankkeessa lähteä miettimään tahtiaikataulun pohjalta.

Hankkeessa logistiikka-aikataulu on ajateltu tehtävän erilliseksi aikatauluksi, jossa on viikkoaikataulu ja siihen kellotettuna ajankohdat, mitä nostetaan ja millä kalustolla nostetaan. Opinnäytetyötä kirjoittaessa haasteena oli se, että ei ole resursseja eikä yksittäistä tekijää, joka alkaisi logistiikkaa suunnittelemaan. Eli haalauksia ynnä muita logistiikkaan liittyviä asioita miettii jokainen työnjohtaja erikseen ennen kuin työmaa saa lisää resursseja.

Se, että runkotyöt eivät ole mukana tahtiaikataulussa, aiheuttaa myös logistiikan suunnitteluun haasteita. Logistiikka-aikataulusta pitäisi tulla yhtenäinen sisävalmistusvaiheen ja runkotöiden osalta. Nostureiden käyttö tulee olla kellotettua, jotta logistiikka toimii kitkattomasti. Jo runkotöiden ja sisävalmistustöiden logistiikan yhteensovittamiseksi, pitäisi logistiikkaa suunnitella ja ohjata yksi henkilö.

Aluesuunnitelmaan olisi hyvä nimetä tarkemmin nostopaikat. Samalla pitäisi miettiä nostokaluston tarve ja kellottaa nostot. Siitä näkisi, että miltä nostopaikalta, millä kalustolla ja mihin aikaan voidaan nostaa materiaalia.

Logistiikkaa suunnitellessa täytyy ottaa huomioon myös varastointialueet ja välivarastot. Tämän hankkeen sisävalmistusvaihe 1:ssä välivarastoiksi on ajateltu tahtialueita C1.5 ja D1.4, joiden seiniä ei vielä muurata. Nämä alueet eivät kuitenkaan riitä välivarastoiksi. Talotekniikkaurakoitsijan kanssa on myös suunniteltu, että he vuokraavat työmaan pihalle neljä kappaletta telttoja, joita he käyttävät välivarastona.

Hankkeen henkilölogistiikkaan on suunniteltu omia ratkaisuja. Kahvitaukutiloja on suunniteltu tehtäväksi väestönsuojiiin. Työmaalle asennetaan kaksi työmaa-aikaista

hissiä, jotka palvelevat henkilölogistiikkaa. Lopulliset hissit otetaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa käyttöön. Yksi rakennuksen lopullisista hisseistä otetaan vain tavaralogistiikkakäyttöön, ei henkilökäyttöön.

Tavaralogistiikkaa on suunniteltu niin, että C- ja D- lohkojen päädyissä on haalausaukot, mistä saadaan esimerkiksi kurottajalla materiaalia rakennuksen sisään. Jäteteille olisi omat alueet kerroksissa ja ulkona. Aluesuunnitelmasta näkee jätelavojen sijainnit.

Yhtenä mahdollisuutena tämän hankkeen logistiikkasuunnittelussa on ulkopuolisen logistiikkakeskuksen hankkiminen. Materiaalit toimitettaisiin ulkopuoliseen logistiikkakeskukseen, josta ne toimitettaisiin työmaalle erikseen sovittuna ajankohtana, Just In Time -periaatteella. Näin ollen logistiikka voisi pysyä paremmin hallinnassa.

## 6 KEHITYSKULMAT

Tässä luvussa pohditaan, mitkä olisivat parhaimpia ratkaisuja Bothnia High 5 -hankkeen logistiikkaan sekä aliurakoitsijayhteistyöhön.

### 6.1 Toimiva logistiikka suurella työmaalla

Resurssipulaan täytyy ehdottomasti vastata. Tällä hetkellä resurssit ovat pienet verrattuna siihen, mitä ne voisivat olla. Tahtituotannon suunnittelijoiden lisäksi tarvitaan logistiikan suunnitteluun vähintään yksi henkilö, joka vastaa logistisista ratkaisuista. Näin ollen tahtituotannon suunnittelijat voisivat keskittyä kunnolla tahtiaikataulun suunnitteluun. Tai vaihtoehtoisesti nykyisten resurssien osalta voisi päivittää tehtävänkuvia siten, että jollakin henkilöllä on enemmän aikaa logistiikkasuunnitteluun. Toki logistiikka tulee suunnitella siten, että kaikki työmaalla toimivat osallistuvat aikataulun päivittämiseen, sillä toimiakseen kunnolla logistiikan on oltava yhteispeliä. Yhden henkilön tulee kuitenkin varmistaa, että muutokset päivitetään aikatauluun ja logistiikan tilannekuva pysyy ajan tasalla.

Logistiikkasuunnitelman on oltava erityisen tarkka, jotta se palvelisi työmaata mahdollisimman hyvin. Logistiikkasuunnitelmassa on huomioitava jokainen aliurakoitsija ja aliurakoitsijan tarvitsemat materiaalit: milloin materiaalit toimitetaan työmaalle, missä ne mahdollisesti välivarastoidaan ja missä vaiheessa materiaalit haalataan kerroksiin? Tähän tarvitaan myös aliurakoitsijoiden omia näkökulmia aiheesta. Logistiikkasuunnitelman tekemiseen tarvitaan yhteistyötä työnjohdon, aliurakoitsijoiden ja hankinnan kesken.

Suuren sairaalahankkeen työmaa hyötyisi ulkopuolisesta logistiikkakeskuksesta. Materiaalitoimittajat toimittaisivat tuotteensa työmaan sijasta suoraan logistiikkakeskukseen, josta tuotteet toimitettaisiin työmaalle täsmätoimituksina tahtiaikataulua hyödyntäen. Logistiikkakeskuksen avulla vältetään turhaa varastointia työmaa-alueella sekä materiaalien jatkuvaa siirtelyä. Kehittyessään logistiikkakeskus voisi myös tulevaisuudessa laajentua palvelemaan useampaa työmaata kerralla. Logistiikkakeskuksessa on hyvänä ominaisuutena myös se, että logistiikkakeskukseen on mahdollista tehdä massatilauksia, jolloin kustannuksia saadaan pienemmäksi.



Työmaalle ei samanlaisia suuria toimituseriä pysty toimittamaan varastotilan puutteen vuoksi. Toki ulkopuolinen logistiikkakeskus tarkoittaa aina rahallista lisäinvestointia. Päätöstä tehtäessä tulee arvioida, maksaako lisäinvestointi itsensä takaisin alentuneina työmaakustannuksina.

Täsmätoimitukset toteutettaisiin Just In Time -periaatteella, jolloin materiaalitoimitukset työmaalle täytyisi suunnitella huolellisesti. Työmaalla täsmätoimituksia tukisivat tarkasti määritellyt nosturin nostoajat sekä nostopaikat. Materiaalitoimituksille olisi hyvä tehdä oma toimitussuunnitelma. Myös haalaus ja muun nostokaluston käyttö sekä haalausreitit tarvitsevat huolellisen suunnittelun. Hankkeessa on näitä asioita jo hyvin mietitty.

Mikäli työmaalla on varastointialue, jonne materiaaleja toimitetaan, on sitäkin hyvä kontrolloida. Esimerkiksi YIT:n Triplan työmaalla on varastointialueella käytetty äärimmäisen tiukkaa kontrollia. Kun materiaali on saapunut varastointialueelle, logistiikasta vastaava työnjohtaja on merkinnyt materiaaliin päivämäärän, jolloin se on saapunut. Mikäli materiaali on varastointialueella vielä kahden viikon päästä, on se ollut siellä liian pitkään. Periaatteessa viikon varastointiaika tahtityömaalla voisi olla maksimi, jos tällainen käytäntö otetaan käyttöön.

## **6.2 Toimiva aliurakoitsijayhteistyö**

Tahtituotantoajatuksen esille tuominen mahdollisimman aikaisessa vaiheessa parantaa aliurakoitsijoiden ymmärrystä tahtituotannosta ja sen mahdollisuuksista. Jo tarjouspyyntövaiheessa kannattaa mainita, että työmaalla käytetään tahtituotantoa. Neuvotteluvaiheeseen tahtituotanto kannattaa ottaa laajemmin käsittelyyn, jotta aliurakoitsijoille saadaan paras mahdollinen ymmärrys ajatuksesta.

Aliurakkasopimukseen panostaminen on järkevä teko. Tahtituotanto on uusi käytäntö rakennusosalalla ja aliurakoitsijat ovat hyvin tottuneita vanhoihin yleisiin rakennusalan käytäntöihin. Ristiriitatilanteilta ja asioiden väärintulkitsemiselta vältytään selkeillä sopimuskirjauksilla.

Hyvänä menetelmänä voidaan pitää hankkeessa jo toteutettua ajatusta aliurakoitsijoiden osallistamisesta tahtiaikataulusuunnitteluun. Aliurakoitsijoiden itse määrittäessä sen, miten kauan tietyillä resursseilla heillä menee aikaa työvaiheen tekemiseen, auttaa tahtiaikataulun kehittämistä oikeaan suuntaan. Aliurakoitsijoita osallistamalla tahtiaikataulusuunnitteluun, saadaan aliurakoitsijat paremmin myös sitoutumaan siihen. Hyvä esimerkki on myös talotekniikkaurakoitsijan sopimusmalli. Sopimusmallissa hyödynnettiin allianssityyppistä kannustinmallia ja asetettiin urakoitsijalle oma bonuspooli, minkä kautta he voivat saada lisäkatetta esimerkiksi tahtituo-  
tantoon sitoutumalla.

Päivittäisjohtamisen käytäntö lisää hankkeen läpinäkyvyyttä ja urakoitsijoiden keskinäistä luottamusta. Päivittäisjohtamisen ansiosta ongelmakohtiin päästään reagoimaan nopeasti ja jatkuvan parantamisen periaatteella hanketta viedään kohti parhaita mahdollista lopputulosta. Tätä käytäntöä noudattamalla pyritään välttämään myös informaatiokatkoksia.

## 7 YHTEENVETO

Opinnäytetyö tehtiin Bothnia High 5 -projektiallianssille. Työn tavoitteena oli tahtituotantosunnittelun ongelmakohtien löytäminen ja niiden mahdollinen ratkaiseminen. Pääpainoina olivat aliurakoitsijayhteistyön ja logistiikan tuomat haasteet. Tavoitteena oli myös tunnistaa Bothnia High 5 hankkeen tahtituotannon onnistumisen riskejä ja pyrkiä hallitsemaan niitä opinnäytetyössä tunnistettujen ehdotusten avulla.

Tahtituotanto on uusi erinomainen toimintamalli rakentamiseen, jossa on hyvinkin perinteikkäitä toimintamalleja ollut jo pitkään olemassa. Tahtituotanto tuo ominaisuuksillaan laadukkaita muutoksia ja hallittua projektinhallintaa. Rakennushankkeen jokainen vaihe on mahdollista suunnitella ja toteuttaa järkevästi, kun yksityiskohtiin sekä isoon kokonaiskuvaan osataan kiinnittää huomiota oikealla tavalla. Jatkuvan parantamisen ansiosta hanketta saadaan vietyä vaihe vaiheelta eteenpäin kohti parempaa lopputuotetta ja saadaan aikaan enemmän arvoa tuottavaa työtä hukun ja odottelun sijaan.

Tahtituotantotyömaan logistiikka ja aliurakoitsijoiden integroiminen tahtiaikatauluun ovat merkittäviä asioita tahtituotannon onnistumiselle. Logistiset ratkaisut täytyy miettiä tarkoin, jotta työmaan arki on sujuvaa. Aliurakoitsijoiden kanssa yhteistyössä tahtiaikataulua suunnitteleamalla saadaan ehdottomasti parhaimmat lopputulokset aikaan.

Bothnia High 5 on suuri tahtituotannon pilottikohde. Vaikka haastepaikkoja on, soveltuu kohde silti tahtituotantotyömaaksi. Suuresta sairaalahankkeesta saatuja oppeja tullaan varmasti hyödyntämään seuraavissa vastaavissa tahtituotantokohteissa. Tämän opinnäytetyön tuloksena syntyi kehitysehdotuksia, joita tulee huomioida tulevien hankkeiden tahtituotannon suunnittelussa – erityisesti logistiikan hallinnan ja aliurakoitsijoiden sitouttamisen näkökulmasta.

Sain yritykseltä mielenkiintoisen aiheen tutkittavaksi ja oman tietämykseni ja tiedon saatavuuden puitteissa sain mielestäni hyvän pintaraapaisun aiheeseen. Tutkimusta tehdessäni opin todella paljon aiheesta. Tämä oli kaiken kaikkiaan mielenkiintoinen ja silmiä avaava kirjoittamisprosessi.

## LÄHTEET

- Aarnio, S. 2019. Tahtituotantoa edeltävän projektinohjausprosessin edellytykset. [Verkkojulkaisu]. Tampere: Tampereen yliopisto, rakennustekniikan diplomi-insinöörin koulutusohjelma. Diplomityö. [Viitattu 21.3.2020]. Saatavana: <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/118157/AarnioSakari.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Alajoutsijärvi, S. 2019. Rakentamisen tahtituotantoon soveltuvan logistisen prosessin kehittäminen. [Verkkojulkaisu]. Lappeenranta: Lappeenrannan teknillinen yliopisto, tuotantotalouden tiedekunta. Diplomityö. [Viitattu 9.2.2020]. Saatavana: [https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/159439/Diplomityo\\_Alajoutsijarvi\\_Sakari.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/159439/Diplomityo_Alajoutsijarvi_Sakari.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Bothnia High 5. Ei päiväystä. Sanasto ja allianssin keskeiset elementit. [Verkkosivu]. [Viitattu 20.3.2020]. Saatavana: <https://www.vaasankeskussairaala.fi/bothniahigh5/allianssi/sanasto/>
- Hammarsten, H. 2015. Lean leviää myös rakennusalalle. [Verkkoartikkeli]. Aalto Leaders' Insight. [Viitattu 7.3.2020]. Saatavana: <https://www.aalto.fi/aalto-leaders-insight/2015/lean-leviaa-myos-rakennusalalle>
- Helle, J. 2019. Tahtisuunnittelu hankinnan näkökulmasta. Lappeenranta: Saimaan ammattikorkeakoulu. Tekniikan koulutusala, rakennusalan työnjohdon koulutus. Opinnäytetyö. [Viitattu 7.2.2020]. Julkaisematon.
- LCI Finland. 2019. Päivittäisjohtaminen, logistiikka ja muutosjohtaminen PowerPoint-esitys. [Ppt-tiedosto]. [Viitattu 16.3.2020]. Saatavana: [http://lci.fi/wp-content/uploads/2019/10/P%C3%A4ivitt%C3%A4isjohtaminen\\_Heinonen\\_Viison\\_2.10.2019.pdf](http://lci.fi/wp-content/uploads/2019/10/P%C3%A4ivitt%C3%A4isjohtaminen_Heinonen_Viison_2.10.2019.pdf)
- LCI Finland. 2015. Tahtituotanto uudistaa tuotannonohjauksen. [Verkkosivu]. [Viitattu 8.3.2020]. Saatavana: <http://lci.fi/blog/menetelmakortti/tahtiaikatuoanto/>
- Merikallio, L. 2015. Last Planner -menetelmä tuotannonohjaukseen. [Verkkosivu]. [Viitattu 12.3.2020]. Saatavana: <http://lci.fi/blog/menetelmakortti/last-planner-systeemi/>
- Mittaviiva Oy. Ei päiväystä. Lean rakentamisessa. [Verkkosivu]. [Viitattu 7.3.2020]. Saatavana: <https://www.mittaviiva.fi/koulutukset/lean/>
- Mölsä, S. 2019. Mistä puhumme, kun puhumme tahtituotannosta? [Verkkoartikkeli]. Rakennuslehti. [Viitattu 8.3.2020]. Saatavana: <https://www.rakennuslehti.fi/2019/12/mista-puhumme-kun-puhumme-tahtituotannosta/>

- Pokela, L. 2019. Tahtituotantoon sopivat alihankintasopimukset ja alihankintojen päivittäisohjaus. [Verkkajulkaisu]. Tampere: Tampereen yliopisto. Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma. Diplomityö. [Viitattu 9.2.2020]. Saatavana: <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/118650/Pokela-Leena.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Ronkainen, M. 10.3.2020. Tahtituotanto. Vison Oy. Tahtituotantokoulutus. Luento.
- Seppänen, O. & Lehtovaara, J. 2.10.2019. Tahtituotanto rakentamisessa Power-Point-esitys. [Ppt-tiedosto]. Helsinki: Aalto Yliopisto. RAIN2 työpaja. [Viitattu 16.3.2020]. Saatavana: [http://lci.fi/wp-content/uploads/2019/10/RAIN2\\_Sepp%C3%A4nen\\_Lehtovaara\\_tahtituotanto\\_rakentamisessa\\_2.10.2019.pdf](http://lci.fi/wp-content/uploads/2019/10/RAIN2_Sepp%C3%A4nen_Lehtovaara_tahtituotanto_rakentamisessa_2.10.2019.pdf)
- Talotekniikka-Julkaisut Oy. 3.3.2015. Allianssimalli sopii suuriin rakennushankkeisiin. [Verkkosivu]. [Viitattu 25.3.2020]. Saatavana: <https://talotekniikka-lehti.fi/allianssimalli-sopii-suuriin-rakennushankkeisiin/>
- Willberg, S. 23.3.2020. Kehityspäällikkö. YIT Suomi Oy. Kysymyksiä tahtituotannon opinnäytetyötä varten. [Henkilökohtainen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Riina Mäkelä. [Viitattu 24.3.2020].
- YIT Suomi Oy. 2019. Tahtituotannon perusteet -verkkokoulutus. Vain yrityksen sisäiseen käyttöön.
- Yli-Villamo, H. & Petäjaniemi, P. 2013. Allianssimalli. [Verkkajulkaisu]. Rakennustieto. [Viitattu 19.3.2020]. Saatavana: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK130202.pdf>