

# **Tahtituotannon soveltaminen rakennuksen sisätyövaiheissa**

Saara Isoniemi

Opinnäytetyö

Maaliskuu 2020

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Isoniemi Saara	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä maaliskuu 2020
	Sivumäärä 40	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: Kyllä
Työn nimi <b>Tahtituotannon soveltaminen rakentamisen sisätyövaiheissa</b>		
Tutkinto-ohjelma Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka		
Työn ohjaaja(t) Putkonen Panu, Pitkänen Seppo		
Toimeksiantaja(t) Pohjola Rakennus Oy Suomi		
Tiivistelmä <p>Pohjola Rakennus Oy Suomi antoi toimeksiannon lähteä tutkimaan tahtituotannon mahdollisuuksia rakennuksen sisätyövaiheissa. Tahtituotanto tulee Lean-menetelmästä, joka on kehitetty alkujaan autotehtaan liukuhihnatuotannolle Toyota Production System -johtamisfilosofian pohjalta. Tietoa saatiin käytännön kokemuksista rakennustyömailla, ammattilaisten näkökulmasta, sekä tahtituotantoa konkreettisesti rakennustyömailla soveltaneilta. Tavoitteena oli poimia tärkeimmät vaiheet Lean-menetelmästä, Last Plannerista, sekä sen muista osista tahtituotannossa sekä ongelmakohdat, jotka voivat estää tahtituotantoa toteutumasta.</p> <p>Tutkimuksessa on käytetty paljon kirjallista materiaalia mm. Lean-menetelmään liittyvää kirjallisuutta, rakennusalan tuotannonsuunnittelun yleistiedostoa, työmaamestareiden sekä tahtituotantokonsulttien kertomuksia työmaavaiheistuksista Rakennuslehdissä sekä Pohjolan oman henkilöstön haastatteluja.</p> <p>Vastaukset tahtituotannon käyttöönottoon ovat moninaiset ja plussia sekä miinusia löytyy. Kuitenkin sen käyttöönotto on mahdollista Pohjola Rakennuksella. Se vaatii nykyiseen rakennusprosessiin verrattuna enemmän työmaan hankintavaiheessa suunnittelua, nopeaa reagointikykyä ja sen lisäksi erilaisia neuvotteluja urakoitsijoiden kanssa sekä toimivaa yhteistyökykyä.</p> <p>Haastattelun yhteenvedon ja Lean-menetelmän yhteisillä tuloksilla voidaan parantaa työmenetelmiä huomattavasti. Nämä toimisivat suurina apuvälineinä turhien hukkien ja ongelmien poistoon, mitä rakennustyömaalla nykyisin kohdataan.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Lean-menetelmä, Last Planner, Sisätyövaiheet, Tahtituotanto, Tahti		
Muut tiedot (Salassa pidettävät liitteet)		

Author(s) Isoniemi, Saara	Type of publication Bachelor's thesis	Date March 2020 Language of publication: Finnish
	Number of pages 40	Permission for web publication: Yes
Title of publication <b>Takt time production in the interior construction phases</b>		
Degree programme Construcion and Civil Engineering		
Supervisor(s) Putkonen, Panu and Pitkänen, Seppo		
Assigned by Pohjola Rakennus Oy Suomi		
Abstract  <p>Pohjola Rakennus Oy Suomi gave the assignment to examine the possibilities of takt time planning in the indoor manufacturing of a building. Takt time originates from the Lean method, which was originally developed for the production line of a car factory based on the Toyota Production System management philosophy. Information was collected from practical experience construction sites, from the perspective of professionals, and persons who have specifically applied takt time on construction sites. The objective was to extract the most important steps from the Lean method, the Last Planner, and other parts of it in takt time production, as well as the problem areas that may prevent takt time production from being implemented.</p> <p>A lot of written material has been used in the research for example Lean literature, a general file on construction production planning, reports construction site changes from construction site supervisors and takt time production consultants in the Building Magazine, and interviews with Pohjola staff.</p> <p>Answers to the implementation of takt time production are diverse and there are advantages and disadvantages. However, the implementation of takt time is possible at Pohjola Rakennus. Compared to the current construction process, it requires more planning at the site procurement stage, responsiveness and, in addition, various negotiations with contractors and a working collaborative.</p> <p>The combined results of the interview summary and the Lean method can greatly improve working methods. These would serve as great tools for eliminating unnecessary wastage and problems which are currently encountered on a construction site.</p>		
Keywords/tags (subjects) Lean-method, Last Planner, in-house phases, Takt time planning		
Miscellaneous (Confidential information)		

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Lähtökohdat opinnäytetyölle .....</b>	<b>4</b>
1.1	Johdanto .....	4
1.2	Taustat, tavoitteet ja aiheen rajaus .....	4
1.3	Pohjola Rakennus Oy Suomi.....	5
<b>2</b>	<b>Yleistä Tahtituotannosta.....</b>	<b>6</b>
2.1	Tahtituotanto .....	6
2.2	Tahtisuunnittelu .....	9
2.3	Lean-menetelmä .....	10
2.3.1	Yleistä.....	10
2.3.2	Hukka ja peruseriaatteet .....	12
2.4	Last Planner ja perinteisen aikataulun laadinta .....	16
2.5	Leanin hyödyt rakentamisen aikataulusprosessissa .....	17
<b>3</b>	<b>Sovellettava kohde .....</b>	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>Tahtituotannon vaikutukset sisätyövaiheissa .....</b>	<b>19</b>
4.1	Aikatauluun .....	19
4.2	Toteutukseen.....	21
4.3	Kustannuksiin .....	21
4.4	Laatuun.....	22
4.5	Haasteet .....	23
4.5.1	Lean-menetelmässä.....	23
4.5.2	Rakennustyömaalla .....	24
<b>5</b>	<b>Haastattelututkimus .....</b>	<b>26</b>
5.1	Haastattelun analysointi.....	27
5.2	Haastattelun yhteenvedo.....	27

	2
<b>6 Johtopäätökset.....</b>	<b>31</b>
<b>7 Pohdinta.....</b>	<b>32</b>
<b>Lähteet .....</b>	<b>34</b>
<b>Liitteet .....</b>	<b>38</b>
Liite 1. Haastattelu kysymykset .....	38
Liite 2. Kannustavat aliurakkasopimukset .....	40

## **Kuviot**

Kuvio 1 Tahtituotannon aikataulussa aliurakoitsijoiden työt kulkevat jatkuvasti ja peräkkäin katkeamatta .....	8
Kuvio 2 Kingmanin kaava .....	10
Kuvio 3 Kahdeksan hukkaa .....	13

## KÄSITTEET:

**Lean:** ”Lean on joukko käsitteitä, periaatteita ja työkaluja, joiden avulla asiakkaalle tuotetaan suurin mahdollinen lisäarvo vähimmillä resursseilla hyödyntäen täysin työntekijöiden osaaminen sekä taidot.” (The Lean Enterprise Institute N.d.)

**Tahdistus:** Tahdistus on resurssien, lähinnä työryhmän ja tehtävän sisällön määrittelyä, sovittamista ja mitoittamista siten, että tehtävät etenevät kutakuinkin salamalla vauhdilla – samalla tuotantonopeudella. (Ratu S-1216 Rakentamisen ajallinen suunnittelu.)

**Tahtiaika:** Tahtiaika on Lean-tuotannon peruskäsite, joka kuvaa yksittäisten työvaiheiden kestoa virtausperiaatteella toimivassa tuotannossa. Virtaus saadaan aikaan mitoittamalla kaikki työvaiheet saman pituisiksi ja suunnittelemalla ne välittömästi toisiaan seuraaviksi. (Lean construction Institute 2015.)

**Tahtituotanto:** Tuotanto muodostuu kolmesta osasta; tahtisuunnittelusta, tahtiohjauksesta sekä järjestelmällisyydestä, jatkuvasta parantamisesta. (Mölsä 2019.)

**Virtauttaminen:** Virtauttamisella tarkoitetaan rakentamisterminä, rakentamisen eri vaiheiden toteuttamista peräkkäin siten, että toiminta etenee hallitusti, kuormitus resursseissa on tasaista sekä keskeneräistä toimintaa olisi mahdollisimman vähän. (Mölsä 2018.)

**Last Planner Systems (LPS):** Yhteistyöhön perustuva suunnitteluprosessi, jonka yhteydessä rakennusprojektin esimiehet tai suunnitteluryhmien johtajat suunnittelevat yhä yksityiskohtaisemmin resurssit ja työn tekemiseen kuluvan ajan. (Toimivatyömaa N.d.)

**Puskuri:** Aikataulun suunnittelun alkuvaiheessa ei suunnitella pelivaroja, eli tehtävien kestot ovat ns. tiukkoja. Kun aikataulu on valmis, lisätään siihen pelivarat eli puskurit. (Toimivatyömaa N.d.)

**Vaunu:** Tahtiaikataulu sisältää tahdistuksia eli vaunuja, jotka sisälsivät useita työtehtäviä. (Mölsä 2019.)

# 1 Lähtökohdat opinnäytetyölle

## 1.1 Johdanto

Tahtituotanto on alkanut nousemaan rakennustyömailla nykyistä enemmän puheenaiheeksi. Sen lupaukset työajan lyhentämisestä n. 30-50% prosentilla houkuttelevat rakentajia. Lean antaa myös paljon muita käytännön ohjeistuksia niin työnjohdon ja työntekijöiden välille, kuin työntekijöiden työmotivaation lisäämiseksi. Kuitenkin monet ei täysin selkeät asiat on otettava tahtituotannossa huomioon, koska alun perin Lean-menetelmä on luotu autotehtaiden liukuhihnatöiden tuottavuuden parantamiseksi. Tämän opinnäytetyön tarkoitus on tutkia Lean-menetelmää, Last Planneria sekä tahtituotantoa ja kuinka näitä voitaisiin hyödyntää kerrostalotyömaan sisätöiden aikataulutuksessa.

Opinnäytetyöhön kuuluu tutkimushaastattelu, jonka tarkoitus on analysoida haastateltavien näkökulmia tämänhetkisestä aikataulutusprosessista, sen hyödyistä sekä haasteista ja tahtituotannon mahdollisuudesta. Työn tutkimusmenetelminä on käytetty kirjallisuustutkimusta ja haastattelututkimusta. Opinnäytetyö on kvalitatiivinen.

## 1.2 Taustat, tavoitteet ja aiheen rajaus

Pohjola Rakennus Suomi Oy on valmis perehtymään mielenkiinnolla tahtituotannon mahdollisuuksiin, josta opinnäytetyö aihe myös kehitettiin. Jokainen yritys varmasti haluaa luoda rakentamistavoillaan positiivista näkyvyyttä, joten Pohjola Rakennus pyrkii olemaan myöskin mukana jatkuvasti muuttuvassa maailmassa ja näin ollen haluaa kehittää rakennusalaan tulevaisuutta kohti ja puuttua epäkohtiin, joita voitaisiin välttää. Nykyisin vaikuttavimmiksi asioiksi nousee rakennustyömaalla, kuinka voitaisiin tehdä ajallisesti- sekä kustannustehokkaammin, kuitenkin vaikuttamatta työn laatuun.

Pohjola Rakennuksella ei ole omia työntekijöitä ja urakoitsijatkin vaihtuvat saatavuuden mukaan, mikä luo omat haasteensa työhön ohjauksessa ja perehdyttäessä työntekijät toimimaan Pohjolan omien toimintatapojen mukaisesti, työn sujumuuden varmistamiseksi.

Tavoitteena olisi tutkia ja analysoida, missä kohdin isoimmat ongelmat tulevat, kuinka niihin voidaan vaikuttaa ja mikä olisi avain kustannuksien säästämiseen tai aikataulutukseen. Suurin kysymys on, onko Pohjola Rakennuksen mahdollista käyttää tämä kaikki hyöty, vai aiheuttaako se muita ongelmia projektinohjauksessa.

Tahtituotanto/-rakentaminen itsessään on laaja käsite ja pitää sisällään yleensä koko rakentamisen vaiheet alusta loppuun. Laajuuden takia työssä tarkastellaan sisätoiden vaiheita, jotka vievät suurimman ajan rakentamisesta ja tuovat myös suurimpia haasteita mm. talotekniikkaan kokonaisuudessaan. Pääasiassa rajauksen ulkopuolelle jäävät vaiheet ennen vesikattoa ja muut rakennuksen ulkopuolella tapahtuvat työt sekä työturvallisuutta käsittelevät asiat. Tutkimuksesta jätetään pois myös sellaiset aiheet ja alueet, jotka eivät vaikuta konkreettisesti Pohjola Rakennuksien rakennustyömaalla tai ne ovat jo entuudestaan tuttuja Pohjolan työkäytännöissä.

### 1.3 Pohjola Rakennus Oy Suomi

Toimeksiantajana opinnäytetyölle toimii Pohjola Rakennus Oy Suomi. Yritys on perustettu vuonna 1989, Juha Metsälän toimesta, joka toimii nykyisin hallituksessa puheenjohtajana. Toimitusjohtajana vuodesta 2019 lähtien toiminut Kari Inkinen. Pohjolan organisointi kohdistuu palvelualueittain hankekehitykseen, asiakkuuksiin sekä tuotantoon. (Pohjola Rakennus Oy Suomi N.d.)

Pääsääntöisesti rakennusliike keskittyy kohtuuhintaisten asuntojen rakentamiseen. Vuosittain valmistuu yli 2000 asuntoa sekä toimitilakohteita, tuotanto- ja teollisuustiloja, pysäköintilaitoksia ja julkisia rakennuksia. Yrityksen kuusi toimipistettävä sijaitsevat ympäri Suomea: Helsinki, Turku, Tampere, Kuopio, Jyväskylä, Oulu. (Pohjola Rakennus Oy Suomi N.d.)



Konserni työllistää yli 3000 henkilöä. Omaa henkilökuntaa on n. 200. Liikevaihtoa oli vuonna 2018 n. 260 miljoonaa euroa ja vuonna 2019 n. 285 miljoonaa euroa. (Pohjola Rakennus Oy Suomi N.d.)

## 2 Yleistä Tahtituotannosta

### 2.1 Tahtituotanto

Tahtituotannon periaatteita on ensimmäisen kerran rakennusalalla tiedostetusti käytetty 1930 vuonna Empire State Building -rakennuksessa. Tahtia on käytetty rakentamisessa erityisesti kohteissa, jossa toistuvuus on suurempaa, koska huomattiin, että tahtituotanto sopii juurikin näihin kohteisiin, missä on toistoa. Tahtituotannon maksimaalinen käyttö rakennushankkeissa on kuitenkin vielä melko vähäistä, vaikka sitä hyödynnetäänkin. Syynä vähäisyyteen ovat esimerkiksi kerrokset ja huoneet, jotka eroavat toisistaan. Jokainen rakennus on kuitenkin omalla tavallaan ainutlaatuinen. (Haghsheno ym. 2016.)

Tahtituotanto sisällyttää myös strategian, johon kuuluu toisiaan keskeytyksettä seuraavia identtisiä työpaketteja. Tuotannon teho tulee sen erityisestä kyvystä tuottaa tilannekuva tuotannon eteenpäin viemisestä, puskuroimisen pienentämisestä, tuotannon eräkokojen ja systeemin ideasta. Tuotantonopeus on siis samanlainen aina valitun jakson ajan. (Mölsä 2019.)

Tahtituotannossa aika itsessään on suunnitteluasetus, jota käytetään tuotantoasetuksissa riippumatta siitä, onko kyse valmistuksesta vai rakentamisesta, asettamalla työn tuottavuus asiakkaan kysyntään. Aiemmin tehdyt teollisuuskokeet ovat osoittaneet, että tahdistuksen ajankäytön suunnittelu ja rakennustöiden suorittaminen voivat tuottaa merkittäviä etuja ajansäästöihin, rahassäästöihin, parantuneeseen laatuun ja muihin etuihin (Frandsen & Tommelein 2014.)

Tahtiaika voidaan laskea seuraavasti:

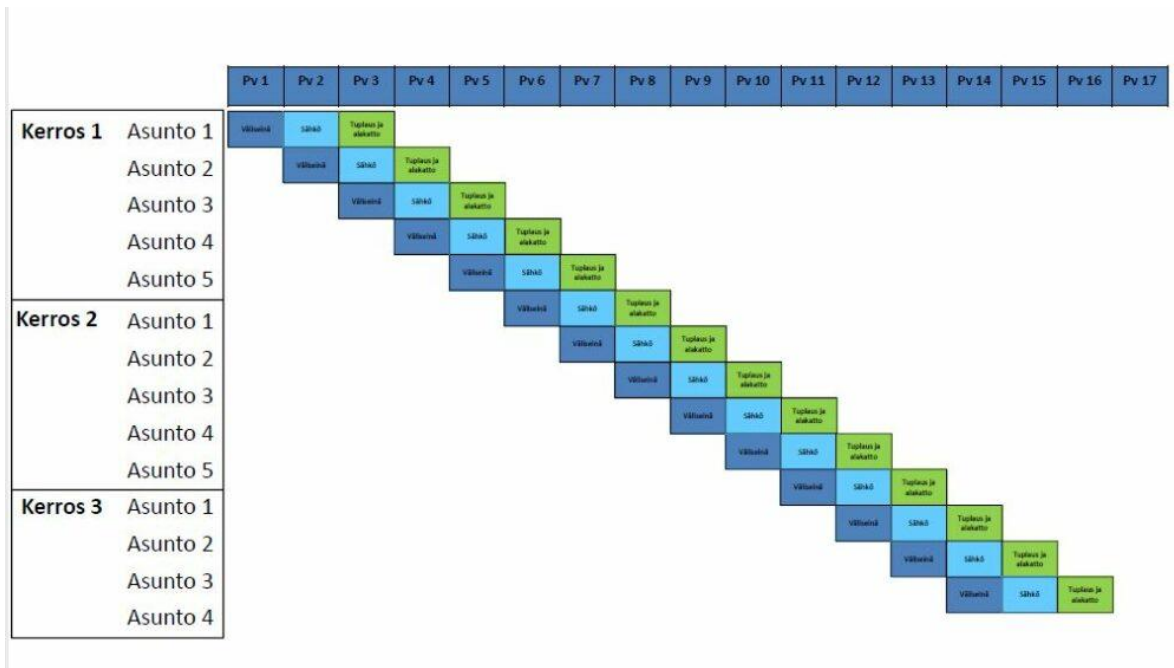
Tahtiaika = yhden työvaiheen kesto  
Lohkon valmistumisaika = työvaiheiden  
määrä x tahtiaika

30.12.2019 Julkaistussa Rakennuslehdessä Visonin konsultti Aleks Heinoon sanoo, että maailmalla viikon tahti on yleisin, ja esimerkiksi Norjassa siitä on saatu hyviä kokemuksia rakennustyömailla. Heinosen tavoitteena kuitenkin on, että Suomessa päästään päivän tahtiin. Tämä auttaisi laskemaan helpommin resurssit.

Tässä tapauksessa, jos tahtiaikaa aletaan rakentamaan yli viikolla, alkaa helposti tuotanto lipsumaan takaisin tavanomaiseen tuotantoon. Tämä johtaa siihen, että aliurakoitsijat eivät todennäköisesti sido resurssiaan yhteen kohteeseen vaan siirtyvät työmaiden välillä. Tällöin resurssit ja työtehokkuus alkavat heittelehtiä, jos paikalla ei juuri sillä akuuteimmalla hetkellä ole tarvittavaa henkilöstöä. (Mölsä 2019.)

Tahtituotannon ideologiaan kuuluu, ettei työkohteessa jouduta koskaan odottamaan työntekijöitä, vaan seuraava työryhmä aloittaa työt heti edellisen työvaiheen valmistuttua. (Mölsä 2018.)

Kuviossa 1. näytetään esimerkkinä, kuinka tuotantonopeus pilkotaan yhden päivän mittaiseksi, eli päivän tahdiksi.



Kuvio 1 Tahtituotannon aikataulussa aliurakoitsijoiden työt kulkevat jatkuvasti ja peräkkäin katkeamatta. (Mölsä 2019.)

Päivän tahdin ideana on jakaa työntekijät tiimeiksi, jotka työskentelevät yhden päivän ajan tietyssä sijainnissa, esimerkkinä kylpyhuoneessa tai keittiössä. Seuraavan päivän aikana tiimi käy jälleen tekemässä samat tehtävät, mutta tällä kertaa esimerkiksi eri kerroksessa tai huoneistossa. Koska hankkeen läpimenoaika on pilkottu pienempiin osiin, yleensä ongelmat tulevat esiin heti, eivätkä vasta työmaan loppuvaiheessa. Tällä tavalla yleensä tapahtuu tyypillisesti rakennustyömailla nykyisellä menetelmällä.

Positiivisia tuloksia ja kehityksiä on tullut jatkuvasti tahtituotantoon sen harjaantumisen myötä ja näitä kokemuksia odotetaan tulevan lisää. Kuitenkin näissä on havaittu, että työn kannalta olisi tärkeää, että urakoitsijat pysyisivät samana, jotta työn sujuvuus olisi toimivampaa. (Mölsä 2019.)

## 2.2 Tahtisuunnittelu

*”Jokaisessa projektissa ei voi lähteä liikkeelle nolasta aina uuden porukan kanssa”,* sanoo Visonin konsultti **Alexi Heinonen**, (Mölsä 2019.) mikä on varmasti yksi suurin ja vaikuttavin asia työn etenemisen, vuorovaikutuksien ja suunnitelmien kannalta. Lähtökohtaisesti olisi äärimmäisen tärkeää panostaa Tahtisuunnitteluun jo heti hankkeen yleissuunnittelun alkuvaiheessa urakoitsijoiden ja heidän työmaajohtonsa kanssa.

### **Tahtisuunnittelussa keskeisimmät asiat ovat:**

- tuotantosuunnitelman sovittaminen tilaajan kanssa (nämä pitää olla todenmukaisia ja selkeissä mittasuhteissa tarjolla oleviin resursseihin sekä huomioida ulkopuoliset rajoitteet)
- koko tuotannon tavoitteet
- tahtialueen ja -ajan määrittäminen
- selkeästi havaittava johtaminen
- logistiikan selkeä kokonaisuus
- suunnittelun ohjauksen prosessointi
- työntekijöiden perehdytys, selkeä informoiminen (Tahtituotannon suunnitelman täytyy olla selkeä kaikille työntekijöille ja samalla antaa tietoa myös muiden tekijöiden tehtävistä ja positioista). (Mölsä 2019.)

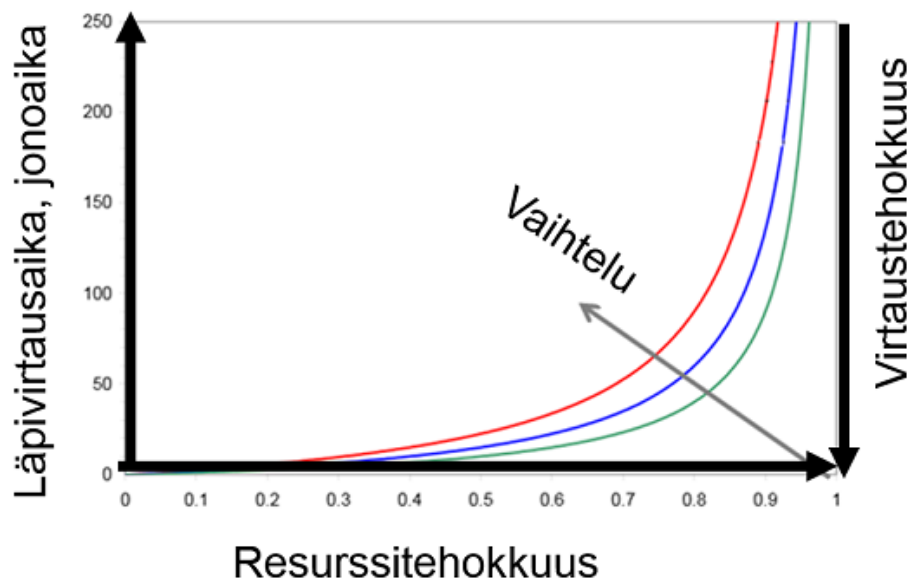
Lähtökohtaisesti suunnittelun tietosisältöä määritellään myös erikseen juurikin hankintaa, esivalmistusta ja asennusta varten. Tietosisältövaatimuksessa (esim. Mallin tarkkuustaso), toimii suunnittelulle välietappina. Last Plannerilla lähdetään liikkeelle suunnitteluajataulussa, jolla saadaan muodostettua nämä tahdissa määräytyvät väli- ja aikataavoitteet. Tuotantoon ja sen esivalmistukseen liittyvät suunnittelut ja suunnitteluvaiheet toteutetaan karkeahkolla tarkkuustasolla. Suunnitteluajatauluun sisältyy näin ollen tahdistuksen lisäksi Last Planner. (Uusitalo ym. 2019.)

## 2.3 Lean-menetelmä

### 2.3.1 Yleistä

Lean-toimintamalli on aikanaan muodostettu Japanissa Toyota Production Systemin (TPS)-konseptissa kehittämään tuotantojärjestelmää. (Tätä on Lean 2013 s.70) Toimintamallin päätarkoituksena on jatkuva parantaminen sekä samalla saada tuotantoa virtaamaan jatkuvasti ja näin ollen hävittää tuotannosta arvoa lisäämätöntä työtä eli hukkaa. Tasainen virtaus puolestaan tekee projektista tavanomaista enemmän ennustettavamman, kun suunnittelemme eri työvaiheiden sujuvaa yhteensovittamista. (Tätä on Lean 2013 ,40-43.) Toimintamallista on tehty myös erilaisia havainnollisia kaavoja.

Kuvio 2 kuvastaa virtaustehokkuutta tuotannossa.



Kuvio 2 Kingmanin kaava. (Strömmer 2017.)

Lean mallia on alkujaan käytetty vain autoteollisuudessa. Liukuhihnatyössä Toyota näki tämän mallin soveltamisen hyödyksi heidän tuotannolleen, koska uudistuksille oli suuri tarve. Aikaa ei kulunut kauan, kun Lean-toimintamalli huomattiin myös

muilla tuotannonaloilla ja sitä alettiin soveltaa myös tehtaiden ulkopuolella. Leania kutsutaan johtamisjärjestelmäksi, jonka sisällä löytyy erilaisia osa-alueita, niin myyntiin kuin tuotekehitykseen tuotannossa. Koska yritykset ovat kiistatta riippuvaisia kassavirrastaan, laadukkaista tuotteista ja asiakkaiden tyytyväisyydestä alasta riippumatta, näihin osa-alueisiin on panostettava. Lean-filosofiaa käyttää myös menestynyt Starbucks kahvilaketju, joka on yksi menestyksekkäimmistä ketjuista kahvilamaailmassa. (Grabau 2016, 4.)

Koska Lean-toimintamalli näkyy ja kuuluu nykyisin huomattavasti enemmän tuotantojen organisoinnissa, kehitystyössä, se tuo mukanaan myös lisää sitoutumista yrityskulttuuriin sekä henkilöstön osallistumiseen kehityshankkeisiin. Toimintaa nimenomaan kehittää siellä, missä käsiä likaantuu ja asiakkaan saama arvo syntyy. Yksinkertaisuudessaan toimintamallilla luodaan toimintoihin tarkoituksenmukaisuutta, täsmällisyyttä ja järkevyyttä asiakkaiden näkökulmista. Laatuajattelusta ei tingitä, jossa tehdään kaikki oleellisin tuotteiden ja toimintojen laadun varmistamiseksi. Laatuvas- tuu kuuluu organisaation kaikille työntekijöille. (Kouri 2019.)

Leaning käyttäminen johtamisessa ja tuottavuuden parantamisessa ei ole pelkästään sitä, että vähennetään työnjohtajien työsuunnitteluun kuluva aikaa, vaan idea on juurikin se, että otetaan työntekijät ja urakoitsijat mukaan suunnitteluun ja kuunnellaan heidän kehitysideoitaan. Rakentaminen kuuluu kaikille ja se on yhteinen projekti (Mölsä 2019.)

Edellä mainittujen tietojen perusteella Lean-ajattelu voidaan tiivistää kolmeen kohtaan

- **virtauksen luominen** (flow) prosessi mennään läpi ilman ylimääräistä aikaa ja häiriötä
- **kulttuuri**, kaikki osapuolet ovat jatkuvasti mukana parantamisessa sekä
- **imuohjaus**, missä kaikki toiminnot tapahtuvat vain ja ainoastaan tarpeen vaatiessa tai tilauksessa. (Ratu S-1216 Rakentamisen ajallinen suunnittelu, 10.)

### 2.3.2 Hukka ja peruseriaatteet

Syyskuussa 2019 ilmestyneessä Rakennuslehdessä käsiteltiin Aalto Yliopiston Building 2030- ohjelmaa ja keskusteltiin siitä, pysyvätkö rakentajat koskaan tahdissa. Kirjoituksessa oli paljon mielenkiintoisia asioita ja seikkoja, joihin voi itse kukin samaistua tai törmätä konkreettisesti rakennustyömaalla.

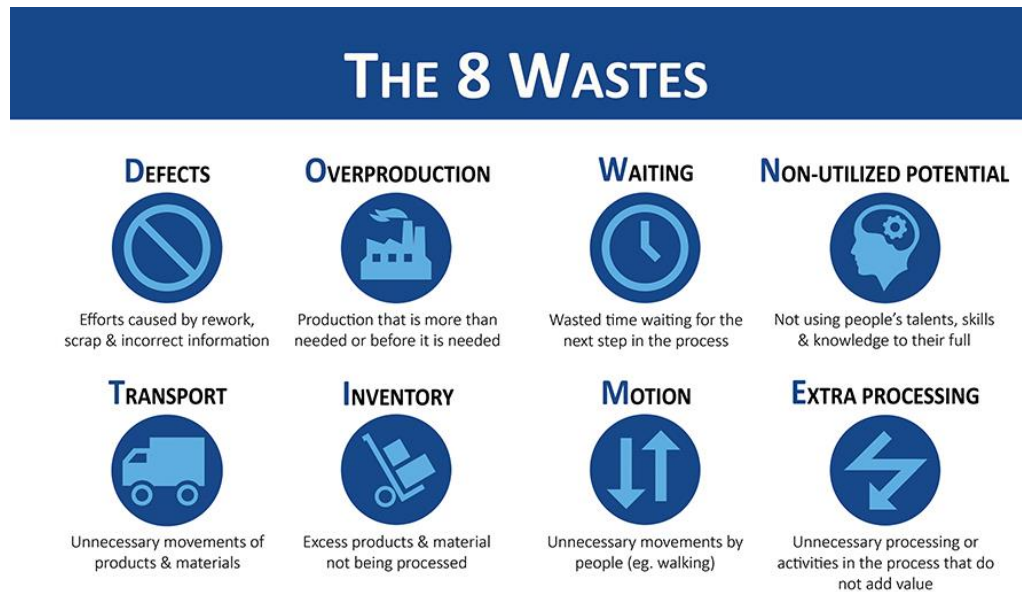
Tutkimuksissa oli havaittu, että rakentamisen tuottavuus ei ole kehittynyt tarpeeksi vuosikymmenien sisällä ja rakentamisessa on liikaa hukkaa ja häiriöitä. Toleransseissa mentiin kutakuinkin sinne päin, mutta suunnittelussa oli havaittu kaaosta ja myöhästelyä, esimiehet eivät ole kuunnelleet tarpeeksi työntekijöitä, rakentajat eivät ota oppeja projekteista vaan veivät virheitä liikaa mukanaan. Luotettavuudessa on aukkoja ja laaduissa on kohdattu heikkouksia, eikä ala kiinnosta nuoria. Nämä ovat esimerkkejä aiheista, joihin yritysten ja Aalto-yliopiston Building 2030 -ohjelma haki ratkaisuja.

Kun rakennusalan urakoitsijoilta ja työntekijöiltä tiedusteltiin, paljonko heidän työpäivästään menee aikaa hukkaan, oli tyypillinen vastausarvio puoli tuntia. Meneillään oli samaan aikaan diplomitöitä, joissa oli mukana työskentelyä seuraamassa kameeroita ja liikeantureita. Näiden avulla tehtiin havaintoja ja mitattiin tekemistä, hukan määrittämiseksi. Mittaustulokset antoivat hukan ajaksi kuitenkin neljä tuntia eli puolet työajasta. (Mölsä 2019.)

Lean-filosofian seitsemään alalajiin kuuluvaa hukkaa, pureutuvat juurikin näihin ongelma kohtiin, jota rakennustyömailla kohtaamme. Se mitä hukka merkitsee, on ylituotanto, johon kuuluu liiallinen tekeminen, vialliset tuotteet ja näiden korjaaminen, aikaa vievät kuljetukset, turhat siirrot, työvaiheet ja prosessit, joiden mukana tuleva turha odottelu sekä varastointi.

Kahdeksaksi hukaksi kutsutaan hyvän kehityspotentialin hukkaamista, jossa ihmisessä olevaa tietoa ei olla hyödynnetty. (Talentree 2018.)

Hukka on asia, mitä kannattaa ennakoida jo hyvissä ajoin suunnitteluissa. Alla olevassa kuviossa ovat Lean-menetelmässä käsiteltävät hukat.



Kuvio 3 Kahdeksan hukkaa. (haldansconsulting.com 2017.)

### Kahdeksan hukan pääsääntöistä ongelmaa esimerkkinä

#### Ylituotanto

Tuotetaan materiaalia yli sen tarpeiden ja useimmiten vielä aikaisemmin, kuin todellisuudessa olisi tarve. Eli hukkaa tulee materiaaleihin, välineisiin ja työvoiman käyttöön, mikä tarkoittaa myös turhaa varastointia sekä materiaalien pilaantumista.

#### Odotus

Urakoitsija ja muut työntekijät odottavat esimerkiksi materiaalin toimitusta, edeltävien töiden valmiiksi saamista, informaatiota tai koneiden rikkoutumista ja niiden korjaamista/korvaamista.



## **Prosessointi**

Perustuu prosessien luonnollisiin vaihteluihin. Näillä pystytään vaikuttamaan vain muuttamalla rakentamisteknologiaa nopeasti ja tehokkaasti.

## **Varastot**

Hukkaa syntyy, kun materiaalit alkavat täyttää varastot. Näin ollen varastoissa voi seisoa pitkääkin tavaroita, jota ei voida vielä hyödyntää työvaiheissa ja vievät vain muuta tarpeellista tilaa. Varastoja syntyy epäonnistuessa resurssien suunnittelussa ja tilauksien määrien väärissä arvioinneissa.

## **Liike**

Työntekijöiden turhat liikkeet eri paikkoihin aiheuttavat turhaa hukkaa. Näitä voivat olla esimerkiksi liikkuminen työmaiden välillä tai vaikkapa jatkuvasti loppuvan tavaran hakeminen, koska sitä ei ole varattu tarpeeksi. Ongelma on voinut tulla jo tuotannon ja suunnittelun vaiheessa.

## **Virheet**

Työn lopputulos, joka ei täytä vaatimuksia. Tämä voi johtua tekijän ammattitaidottomuudesta, huonosta suunnittelusta tai informaation puutteesta. Hukka syntyy, kun näitä virheitä aletaan korjata.

## **Kuljettaminen**

Hukkaa ovat materiaalien turhat kuljetukset työmaalla. Huono työmaasuunnittelu, ammattitaidottomuus välineiden käytössä ja turha materiaalien käsittely saa aikaiseksi turhaa kuljetushukkaa.

## **Ihmisen hyödyntämätön potentiaali (Kahdeksas hukka)**

Ei hyödynnetä ihmisissä jo olevaa osaamista tai luovuutta. Luovuutta ei tulisi jättää hyödyntämättä, sillä työntekijöillä on paras tieto työvaiheiden ja menetelmien toiminnasta ja näiden kehittämisestä. (Formoso ym. 1999.)

Jotta edellä mainittu Leanin toimintamalli toimii ja sitä pystytään noudattamaan, se edellyttää myös vaihtelun poistamista tai huomattavaa vähentämistä. Näin ollen virtaustehokkuuskin kasvaa. Myös kaikki muutokset, mitä haetaan tai tehdään, täytyy edes auttaa virtausta. Näissä korostuu myös organisaatioiden arvot sekä, erilaiset menetelmät, työkalut ja periaatteet. (Tätä on Lean, 25-28.)

### **Leanin keskeisimmät viisi peruseriaatetta.**

#### **Arvon määrittäminen**

Perustuu asiakkaan antamaan arvoon tuotteille ja palveluille, sekä asiakkaan näkemyksille.

#### **Arvoketjun tunnistaminen**

Tuotteen koko elinkaaren kokonaisuus raaka-aineista aina asiakkaan käyttämään tuotteeseen ja tuotteen lopulliseen hävittämiseen. Asiat, jotka tuottavat hukkaa, poistetaan.

#### **Flow- imuohjaus, joka kävelee käsi kädessä virtauksen kanssa**

Tuotannon ihannetilassa asiakkaalle tehdään pelkästään se, mitä asiakas haluaa, sillä ajankohdalla, kun hän haluaa ja vain sen verran kuin tarvitsee. Hukkien poistamiseksi on välttämätöntä ymmärtää virtausta.

## Täydellisyys

Kun edelliset neljä periaatetta ymmärretään, niin huomataan lopullinen tavoite. Tavoitteena tulee jatkuvasti tarkkailla tuhlauksia ja niiden poistamista. Toisin sanoen tavoitteena on vähemmän virheitä, enemmän joustavuutta ja juuri oikeita tuotteita, oikeassa paikassa, juuri silloin, kun asiakas niitä tarvitsee. (Womack & Jones 2003.)

## 2.4 Last Planner ja perinteisen aikataulun laadinta

Työmaiden aloituksissa tulevat suunnittelut ovat luonnollisesti tärkein asia, joka tuo painoarvoa laadulle, aikatauluille sekä kustannuksille. Rakennushankkeessa suurimmat ja pitkillä aikaväleillä merkittävimmät päätöksiä tehdään yhdessä rakennuttajien ja suunnittelijoiden kanssa intensiivisesti. Kuitenkin käytännön järkevöittämisen kannalta nämä asiat päättää yleensä työmaajohto, jotka virallisesti ovat läsnä työmaalla. Työmaanjohtajan konkreettiset päätökset sekä määräykset lyhyellä aikajaksolla, tai maksimissaan viikon tai kaksi, nämä ovat ne asiat, joissa näkyy vastaukset kysymyksiin kuten, kuka tekee, mitä tekee, missä ja milloin. Näitä yksityiskohtaisia määräysten antajia kutsutaan Last Planneriksi. (Koskela & Koskenvesa 2003.)

Last Plannerin Systemin (LPS) on alun perin luonut henkilö Glenn Ballard. Planner on kehitetty työn suunnittelun ja ohjauksen parantamiseksi, koska tärkeintä on saada tuotannosta vastaavat ja päättävät työnjohtajat mukaan suunnittelun prosessiin. Heidän tietotaitoansa voidaan hyödyntää suunnitellusti koko prosessin ajan ja näin ollen informaation kulku paranee reaaliaikaisesti. Last Plannerin on myös tarkoitus parantaa edellä mainittuja hukkien poistamista ja virtausta työn sujuvuudeksi. Last Planner -menettelyllä varmistetaan myös, että viikkotehtävät toteutuvat, edellytykset ovat olemassa ja tehtävälle luodaan mahdollisuus tulla tehdyksi. (Koskela & Koskenvesa 2003.)

Last Planner menetelmän taustat perustuvat siihen, että on tutkittu perinteisen tuotannonohjauksen ongelmia, jotka eivät ole pystyneet vastaamaan työmaan tuotantotilanteissa asettamaan haasteeseen. Perinteinen tuotannonohjaus on Yhdysvalloista 1960-luvulta lähtien levinnyt, paljon toimintaverkon ideaan perustuva projektinhallinnan lähestymistapa, joka on kansainvälisestikin tunnettu ja käytetty rakennusteollisuudessa.

Perinteinen tuotannonohjaus toimii taas siten, että liikkeelle lähdetään tuotanto-osituksesta, joka määrittelee tehtävät työt ja tämä laaditaan ylhäältä alas -periaatteella. Tuotannonohjauksen pää- prioriteettina laaditaan eritasoisia suunnitelmia. Nämä lähtevät liikkeelle yleisaikataulusta ja päättyvät tehtävä- ja viikkosuunnitelmaan. Tuotannonohjausta leimaa työntöperiaate: suunnitelmat pyrkii työntämään tuotantokijöitä työmaalle ja tämän jälkeen työmaalla olevien tehtävien loppuun saamista. Alimmalla tasolla viikkosuunnitelmat johdetaan ylemmän tason suunnitelmista, ja näin kaikki suunnitellut tehtävät saadaan – periaatteessa– toteutetuiksi. Hanketta valvotaan siis vertailemalla ajallista ja kustannuksellista toteutumaa. (Koskela & Koskenvesa 2003.)

## 2.5 Leanin hyödyt rakentamisen aikataulutussuunnittelussa

Rakennuslehdessä on viimeisen kolmen vuoden aikana haastateltu eri rakennus- sekä infrayrityksiä, jotka olivat saaneet paljon lisää kokemusta Leanin sisältämästä tahtituotannosta. Kokeiluista hankkeissa oli erittäin paljon positiivista sanomista, vaikka Last Planner laittaakin esimiesten taidot koetukselle. Tahtituotannossa ei kuitenkaan ole kyse laadun tinkimisestä, vaan asioiden toisin tekemisestä.

Helsingissä Skanska oli hyödyntänyt Lean-mallin mukaista tahtituotantoa asuinkerrostalotyömaalla yksinomaan sisätyövaiheissa, oli aikasäästöä tullut yli kaksi kuukautta, eli peräti 30%. (Mölsä 2019.)

Vastaavanlaisessa projektissa Helsingissä, YIT oli säästänyt omassa pilotti hankkeessaan 50% ja parannusta ja parempia tuloksia odotetaan tulevan jatkossakin.

Last Plannerin hyvästä toimivuudesta todettiin myös infrahankkeessa, jonka läpimenoajaksi oli kaavailtu 20 kuukautta. Last Plannerin avulla ja yhteistyöllä läpimenoaika lyheni neljällä kuukaudella. (Lättilä 2017.)

Linnink. ym. (2013) Olivat huomanneet, että Tahtituotannon aikataulun prosessoinnissa tulee myös hyödyllisiä puolia siitä, että se pystytään viimeistelemään ja hyväksymään sen jälkeen vasta, kun jokainen tuotanto-organisaatiossa toimiva jäsen on todennut suunnitelman olevan täysin toteutettavissa ja organisaatio on hyväksynyt suunnitelman yksimielisesti.

Tahtituotanto toi myös selkeyttä eri työvaiheiden välisiin rajapintoihin sekä paranti huomattavasti työvaiheiden välistä sopimista. Rajapintojen selkeys toi töihin lisää ennakoitavuutta sekä vähensi yksityistä koordinoitua. Yksittäisissä työvaiheissa koordinaation vähentäminen vapautti aikaa työnjohdolle ja antoi aikaa mm. ennakkosuunnitteluun.

### **3 Sovellettava kohde**

Tahtituotannon kohteeksi on suunniteltu kuusikerroksista elementtikerrostaloa, jossa on 38 asuntoa. Kerrostaloon tulee esimerkiksi valmiiksi kylpyhuoneet elementteinä, jotka tuovat omat hyötynsä ja haasteensa.

Kerrostalohanke on tällä hetkellä aluillaan, joten opinnäytetyön olisi tarkoitus valmistua ennen työmaan aloitusta. Näin ollen ajankohtaisesti olisi hyvä, että tämän opinnäytetyön tutkimustietoa voitaisiin konkreettisesti hyödyntää jollakin tasolla työmaalla sisätyövaiheistuksessa.

Sijainti kerrostalolle tulee olemaan Mannisenrinteen alueella, joka on Jyväskylän kaupungin osassa Palokassa. Alue on ollut viime vuosina uudisrakennuksen keskiössä. Rakennushankkeen kohde tulee varmasti olemaan ajallisessa ja järjestelmällisyydessä kohtalaisen sujuva, kuitenkin hyvin tyypillinen kerrostalotyömaa kyseessä.

Tahtituotannon etuja olisi hyvä heti ottaa huomioon hankkeessa, siitä mitä hyviä puolia tahtituotanto voi tarjota tällaisella perinteisellä kerrostalotyömaalla. Toistoa tulee olemaan, mikä on tahdin kannalta hyvä. Varastointiin ja logistiikkaan voidaan tehdä nyt jo järkeviä ratkaisuja, mitkä tulisivat rakennuksen sisätyövaiheissa vastaan. Muutenkin riskien arviointia ja muita tärkeitä suunnitteluja hankkeessa on hyvä tutkia etukäteen tarpeeksi tarkkaan talotekniikan osilta.

## 4 Tahtituotannon vaikutukset sisätyövaiheissa

### 4.1 Aikatauluun

Tahtituotannon edellytykset vaativat kaikkien rakennusprojektiin kuuluvien osapuolten sitoutumisen viikkosuunnitelman läpivientiin sekä resursseihin. Tavoitteena on ensimmäisenä, että viikkosuunnitelma laaditaan palavereissa mestarien ja mielellään kaikkien työryhmien edustajien kanssa. Suunnitellut tehtävät otetaan viikkosuunnitelmaan, sillä edellytyksellä ainoastaan, että tehtävien vastuhenkilö katsoo voivansa luvata sen toteutumisen. (Koskela & Koskenvesa 2003.)

Otetaan esimerkkinä sisätyövaiheiden suunnitelmassa ”LVI-työt”. Se ei itsessään ole yksi toimenpide, vaan asennuksen jokainen vaiheistus laitetaan aikatauluun erikseen. Tästä syystä LVI-urakoitsijan on suunniteltava oma työnsä hyvin tarkasti, mikä helpottaa ja auttaa pääurakoitsijaa ajoittamaan koko tuotannon optimaalisesti. Myös urakoitsijoille voidaan tehdä erilaisia puskureita työn sujuvoittamiseksi. Puskureina voisi toimia esimerkkinä vapaat huoneet, joihin on varastoitu tavaraa ja niiden valmistuminen on merkattu myöhemmäksi.

Koska tahtituotannossa korostetaan yhteistyökykyä ja ymmärrystä muidenkin aliurakoitsijoiden töistä sekä aikataulussa pysymisen tärkeyttä, olisi hyvä ottaa tämä puheeksi jo urakasopimusta tehdessä. Tehokkaimmat aliurakoitsijat voivat ymmärtämättömyydellään tehdä turhia lisätöitä. YIT:n työmaalla oli käynyt juurikin seuraavaltapäivästä, jossa alakattojen asennuksien ja seinien tuplauksia oli rynnätty tekemään

huoneista toiseen, mutta kuitenkin sitä edeltävät sähkötyöt eivät olleet vielä valmiita. Siispä seinien purkaminen oli väistämätöntä. (Mölsä 2020.)

Aliurakoitsijoiden on tärkeä myös ymmärtää resurssien voimavarat ja työntekijöiden ylläpidettävä motivaatio. Motivointia voidaan lisätä osallistamalla työntekijöitä ongelmanratkaisuprosessiin ja tahtitapaamisiin, jotta suurimpia tulevaisuudessa tulevia ongelmia voitaisiin ennustaa. 20.2.2020 kirjoitetussa julkaisussa Rakennuslehdessä kerrottiin, että Skanska ei ollut onnistunut hyödyntämään tahtiaikataulua Kaupunkiympäristötalon hankkeessa lattian alle asennettavassa talotekniikassa. Asennuslattiatoissa jäi häntiä ja urakoitsija teki töitä suunniteltua useammassa tilassa eli liikkui jatkuvasti paikasta toiseen. Osasyynä tälle oli myöskin ilmoitettu varamestojen puute, suunniteltua alhaisempi tuottavuus ja liian pienet resurssit. Sähkötyöt olivat sikäli onnistuneet, joten tässä tulemme siihen, että kaikki mahdolliset pienetkin vaiheet työvaiheissa on otettava tarkasti huomioon rakennuttajan, kuin aliurakoitsijoidenkin. Tässä korostuu myös eri urakoitsijoiden välinen yhteistyö, mihin tahtituotannossa pyritään positiivisen virtautuksen kannalta.

Perinteiden kannustimien sijaan Tahtituotanto tarjoaa myös vaihtoehtoisia kannustimia, jotka löytyvät liitteestä 2.

Kannustinjärjestelmien tarkoitus on tehostaa yritysten ja henkilöiden toimintaa ja ohjataan näin ollen keskittymään kokonaisuuden kannalta olennaisiin asioihin. Vaikkakin rakentamisessa pisimmälle kannustimien yhtenäistämässä on menty projekteissa, kuten allianssihankeissa, niin silti on tarvetta sellaisillekin menetelmille, missä kannustimet ulotetaan laajempaan projektijoukkioon eli urakoitsijoihin.

Aliurakoitsijoiden kannustinjärjestelmä voisi olla aineellinen tai aineeton. Myös erilaiset välitavoitteet ja palkkiot voisi ottaa huomioon. Riskit voitaisiin jakaa aliurakoitsijoiden kanssa ja niiden jaot tulisi olla määriteltynä jokaisen urakoitsijan kannalta erillisesti. Nämä linjattaisiin aliurakoitsijoiden oman osa-alueen suuruuteen. Motivointia voitaisiin myös lisätä yhteisillä bonuspooleilla, jolla saataisiin vaikutusta yritysten ja henkilöiden toimintaan ja ohjaamaan näitä keskittymään kokonaisuuden kannalta oikeisiin asioihin sekä vähentämään hukkaa. (Nieminen 2017.)

## 4.2 Toteutukseen

Perinteisessä tuotantoprojektissa koetaan suurin stressi työmaan loppuvaiheessa, mutta tahtituotannossa tämä ilmenee alkuvaiheessa, koska suunnitelmat pitävät tehdä tarkoin ja tiedostaa oikeat peliliikkeet työkohteiden vaiheistuksissa. Suurimmat häiriötekijät pysäyttävät tahtituotannon junan, mikä vaatii taas lisäsuunnitelmia.

Perinteisessä rakentamisprojektissa työmaalla löytyy yleensä helpommin vapaita mesteja, joita voidaan häiriötilanteissa tai työn keskeydyttyä käyttää. Esimerkiksi, kun työkohteeksi suunniteltu mesta ei olekaan välttämättä valmis, työntekijä voi siirtyä muualle. Tahtituotannossa tätä mahdollisuutta ei juurikaan ole, vaan häiriötekijät, kuten liian hidas kuivuminen tai pöly aiheuttavat perinteistä rakentamisen mallia isomman ongelman. Jos jokin mesta ei olekaan kunnossa, ei seuraava vaihe pääsekään alkamaan, ja ”juna” pysähtyy tai ainakin hidastuu. Kuitenkin tässäkin voidaan ennakoida, mitä pölyn siivoamiseen tulee tai mestojen kuivumiseen, kuten esimerkiksi hyvällä pölyn torjunnalla tai varaamalla kuivumiseen tarvittavia välineitä tarpeeksi.

Toimiessaan tahtituotanto tuottaa kuitenkin tehokkaasti ajansäästöä. Vaikka se on herkkä häiriöille, on silläkin positiivinen puolensa: ongelmat ovat havaittavissa ja korjattavissa reaaliajassa ja nopeasti. Tämä sujuvoittaa seuraavia vaiheita ja ohjaa tekemään kaikki työt oikeaan aikaan. Tämä toimintatapa parantaa lopputulosta ja mestojen luovutusta. (Consair 2020.)

## 4.3 Kustannuksiin

Useimmiten työmaalla kohtaamme tyypillisiä työn tuottavuutta haittaavia tekijöitä, jotka voivat viedä pahimmillaan 60 prosenttia tehokasta työaikaa, näitä ovat mm. materiaalien, työkalujen ja esimiesten etsiminen ja sekä muu odottelu. Myös väärin tehty työ rokottaa purkamis- sekä korjaamisvaiheillaan. Nämä kaikki vaikuttavat suoraan kustannuksiin ja muihin rahallisiin budjetteihin. (Lohilahti 2017.)



Näistä päästään suoraan hankkeen kustannusseurantaan, jossa rahallinen säästö tulee enemmänkin virtaustehokkuuden mahdollistamista hyödyistä, kuten uudelleen tekemisen vähentämisestä ja läpimenoajan lyhenemisestä. Näitä tulisi arvottaa huomattavasti nykyistä enemmän. Esimerkiksi materiaalitoimittajat voisivat myös osallistua tuotekehityksellä mukaan parempaan virtaustehokkuuteen tuotteillaan, kuten esivalmisteen tai nopeasti kuivuvien tuotteiden kehittämisessä. (Frandsen & Tommelein 2016.)

Tahtituotantoa käyttäneillä yrityksillä oli mielipide siitä, mihin kustannuksiin tahdistus ei vaikuttanut ja se havaittiin olevan työturvallisuudessa. Sinänsä turvallisuus onkin selkeä, koska sitä ei voi mitata rahassa. Jokaisen työntekijän kuuluu päästä työpäivän jälkeen turvallisesti koteihinsa. Kuitenkin korostaminen kustannuksien säästöistä, tilaajan sekä urakoitsijoiden kanssa, olisi hyvä ottaa huomioon tarkasti alkuvaiheessa. Usein rakennustyömaalla kaikilla ei ole kokonaiskuvaa siitä paljonko esimerkiksi, projektin piteneminen päivällä maksaa. Resurssien odotuskustannukset tunnetaan melkein paremmin kuin työmaan odotuskustannukset.

Myöskään rakentajan näkökulmasta ei ole hyötyä siitä, että tehdään kaikki nopeammin tai siitä, että 8-9-litteroiden kustannukset pystytään lopettamaan aikaisemmin. Rakentajana kannattaisi ajatella enemmän tilannekuvaa kokonaisuutena ja riskittömyyttä ja sitä, että kun töitä tehdään virtautetusti, yksittäisen tilan läpäisy aika vähennee huomattavasti. (Mölsä 2019.)

#### 4.4 Laatuun

Tahtituotannon voi aiheuttaa ensikuulemalta paljon skeptisyyttä tiukan aikataulun suhteen. Voisiko se esimerkiksi vaikuttaa mahdollisesti negatiivisesti laadulliseen rakentamiseen, mutta näin ei ole. Sen tarkoitus on nimenomaan puuttua laadullisiin epäkohtiin jo töitä tehdessä.

NCC:n pilotti hanke oli Folks Hotels Konepaja, jossa tahtituotannon edut hotellihuoneiden sisävalmistustöissä otettiin käyttöön. Tämän ansiosta hotellihuoneiden valmistusaika lyheni noin kuudella viikolla. Laadussa nähtiin selvästi parantumista, koska

laaturvirheet havaittiin näkyvästi jo ensimmäisissä valmistuneissa huoneissa, eikä vasta työmaan loppuvaiheessa. Tämän takia laaturvirheet eivät päässeet kertautumaan vaan ne pystyttiin korjaamana heti eikä projektin lopussa, kuten normaalissa tuotantoprojektissa tehdään. Huoneet pystyttiin tarkistamaan, ennen kuin päästettiin seuraava urakoitsija työntekoon. Positiivista oli, että viimeisessä valmistuvissa huoneissa ei tarvinnut käydä juurikaan jälkikäteen. Myös NCC:n työmaapäällikkö oli vaikuttanut positiivisesti työnjäljen laadusta. (Mölsä 2020.)

## 4.5 Haasteet

### 4.5.1 Lean-menetelmässä

Lean ei ole täysin läpihuudettu ja on osakseen saanut kritiikkiä. Kritiikin kohteina ovat olleet mm. epäonnistuneet täytöntöönpanot Lean-ajattelusta kaikkeudessaan organisaatiossa. On onnistuttu hyödyntämään tuotannolliset ja toiminnalliset osat struktuurissa, mutta organisaation kulttuuri ja ajattelutapa eivät tässä tapauksessa ole onnistuneet. Tästä seuraa se, että Leanin hyödyt ja vaikutukset ovat jääneet vaja-vaiseksi eivätkä ole vaikuttaneet toimintaan tehokkaasti organisaatiossa. (Holweg & Pil 2001.)

Myös Lean-ajattelun viisi perusperiaatetta ovat aiheuttaneet epätarkkuutta ja tuntu- neet rajoittuneen vain massatuotantoon, eikä näin ollen sovi mm. yksittäistuoteval- mistukseen ja rakentamisteollisuuteen. Ohjeet eivät ole tarpeeksi tarkkoja, jotta niitä voitaisiin noudattaa tarkasti. Minkälaisissa tilanteissa näitä pitäisi soveltaa ja mitä tarkoitetaan mm. arvon määrittämisellä asiakkaan kannalta tai näkökulmasta. (Kos- kela 2004.)

Tahtiajan toteutus ei myöskään toteudu, jos ei periaatteista pidä kiinni. Jos aikataulu- tus alkaa olemaa yli viikkoa, saattavat työt helposti lipsua kohti perinteistä tuotantoa. Tässä tapauksessa aliurakoitsijat eivät välttämättä halua sitoa resurssejaan yhteen työmaahan ja näin ollen liikkuvat erityömaiden välillä. (Mölsä 2019.)

Lean-johtamismalli voi kuitenkin parhaimmillaan olla avain yrityksen menestymiseen. Leanin tapaiset kehitysohjelmat luokitellaan kuitenkin usein organisaatiossa epäonnistuneiksi. Lean toiminnan käynnistämisessä ei ole työkalut ja keskeisimmät menetöt suurimmassa asemassa vaan se, miten nämä on integroitu organisaatioon ja miten johtoporras tukee kehitysohjelmaa. Epäonnistumisen taustalla on yleensä resurssin ja avainhenkilöiden osaamisen puute. Syitä on tietenkin muitakin kuten, ei vahvaa projektinhallintaa, riittämätön budjetti ja asioiden samaan aikaan tekeminen. Yleensä tavoitteet ovat selkeät, mutta siinä pienikin epäselvyys ja muutokset saavat johtamisen takkuamaan. Lean johtamismallin käyttöönotossa tärkeintä on se että, kehitysohjelmaan on asetettu tavoitteet tarpeeksi korkealle ja kaikki sitoutuvat sen käyttöön. (Charron ym. 2015.)

Odotetut hyödyt tahtituotannon ajallisessa suunnittelussa vähentää projektin kestoa ja kustannuksia. Kuitenkin on otettava huomioon kapasiteetin menetys, joka on olemassa pitkälti koko ajan. On odotettavissa, että yksi tai useampi ammattilainen seuraa toinen toisiaan esimerkiksi huoneiden tai ennalta määriteltyjen kerroksien kautta. Nämä alueet tai työpisteet vaativat erilaisia aikaa vieviä työsuoritteita. Suuressa huomiossa tulee ammattikuntien työnteko aika, koska jokainen työntekijä on yksilö ja jokainen tekee työnsä omalla tahdillaan, jotkut nopeammin ja jotkut hitaammin. Joidenkin työnjälkiä voi joutua mahdollisesti korjaamaan, jotta seuraavaan työvaiheeseen voidaan siirtyä. Tämä voi aiheuttaa mm. pullonkaulaefektin. Näitä olisi hyvä tarkastella ja ennakoita, missä suurimmat ongelmat tulevat, jotta ei tulisi vaarana menettää kapasiteettia työvoimapitoisuuden vaihtelevuuden vuoksi alueelta toiselle. Myös sairastumistapaukset työmaalla tai huoneistojen kuivumisongelmat ovat yksinomaan samoja ongelmia. Näissä on hyvä tutkia tahtituotannon vaihtelun vähentämisen osiossa, jotta voidaan löytää sopivin keskitie kapasiteettien tarvittavaan käyttöön. Nämä pitää näkyä myös jokaisessa viikoittaisessa työsuunnitelmassa sekä urakkasopimuksissa resurssien käytössä. (Linnik ym. 2013.)

#### 4.5.2 Rakennustyömaalla

Kaikki rakentaminen ei ole vain perinteisiä elementtikerrostalojen pystyttämistä tai kauppakeskusten luomista. Rakennusprojekteissa innovoidaan jatkuvasti. Kaikkea

mahdollista, missä voidaan luoda uutta järkevämpää, ekologisempaa ja nopeampaa muuttuu. Tahtituotanto ei ole siis täysin toimiva kaikessa, mutta se auttaa kehittymään ja lisäämään tuottavuutta erin lailla, kuin perinteisessä tuotannossa. (Mölsä 2019.)

Perinteisessä tuotannonohjauksessa on havaittu kolme yleistä ongelmaa. Ensimmäinen ongelma tulee vastaan suunnittelussa. Yleisaikataulut usein vanhenevat töiden edetessä. Päivittäminen on monesti puutteellista ja vajavaista. Myötävaikuttavana tekijänä on havaittu se, että työmaalla tuotannonjohdon aikaa kuluu erilaisten häiriötekijöiden selvittämiseen ja tämän takia se tärkeä aika, mitä voitaisiin hyödyntää suunnittelulle tai sen parantamiselle, jäävät varjoon. Täten ylemmän tason suunnittelu ja sen merkitys pienenee ja vähenee lyhyen aikavälituotannon osalta. Tästä voisi päätellä, että lyhyen aikavälin suunnittelulla voitaisiin kompensoimaan ylempien suunnittelutasojen riittämättömyys. Näin kuitenkin harvoin tapahtuu, johtuen siitä, että perinteisessä tuotannonohjauksessa puuttuu realistinen ja systemaattinen menettely, mitä tulee toteuttamiskelpoiseen viikkotason suunnitelmaan. Oletetaan, että ylemmän tason suunnitelmat riittävät ja saavat työntekijät heti toimiin. Näin usein ei ole, vaan havaitaan jo hyvin alkuvaiheessa erilaisia ongelmia. Työ voi myös pahimmillaan keskeytyä kokonaan. Toinen virhe tulee viikkosuunnitteluvaiheessa. Luotetaan liikaa työtehtävässä olevan tekijän tekemiseen, eikä huomioida onko itse tekijä sitoutunut suunnitelman mukaiseen toteutukseen tai onko hän todellisuudessa ymmärtänyt työtehtävän täydellisesti. Kolmas ongelma liittyy työmaavalvontaan. Tähän kohdistuu aikataulun vertaamista jo ylhäältä toteutuneiden ja suunniteltujen kustannusten perusteella. Poikkeamia tai ongelmia havaitessa, pyritään tekemään korjausliikkeitä, jotta uralle palataan, mutta tämä ei yleensä aina riitä, koska itse ongelmaan ei pureuduta.

Nämä kolme ongelmaa karrikoituu siihen, että työmaat ajautuvat helposti tilanteeseen, jossa työtä ja tuotantoa ohjataan tilannekohtaisesti ja epäjärjestelmällisesti. Ohjaus jää työryhmien päätösten varaan. Oppiminen ja parantaminen jäävät vähäiseksi. Väistämättömän seuraus on tuottavuuden aleneminen. (Koskela & Koskenvesa 2003.)

Rakentamisessa on myös toisenlainenkin yleinen ongelma. Rakennuksien näkeminen pelkäästään yksilöllisinä kohteina ja tämän takia toistuvuutta ei havaita. Pelkäästään rakennuksen fyysisiin ominaisuuksiin keskittyminen ja niissä piilevien toistuvuuksien etsimiseen huomataan, että toistuvuutta onkin vaikea nähdä. Tällöin eri projektit näyttävätkin yhtäkkiä varsin erilaisilta ja toistuvuus ei tule ilmi paitsi lukuun ottamatta tiettyjä hanketyyppejä, (esim. täsmälleen samanlaisia hotellihuoneita).

Prosessinäkökulmasta katsottuna toistuvuuksia löytyy kuitenkin hyvinkin erilaisista tuotteista esimerkkinä väliseinäsennus tai alakatot. Se on prosessina toistuva, vaikka väliseinää asennetaankin hyvin erilaisissa tilanteissa eri rakennuksissa. Toistuvissa prosesseissa asiakkaan tarpeet ovat paremmin näkyvillä, niin työsuorituksen optimoimisessa ja virtaustehokkuuden parantamisessa. Jos toistuvuuksia ei tilanteista huolimatta tunnisteita, niiden kehittämisen jätetään helposti toimitusketjun murheeksi ja katsotaan asiaa vain kiinteähintaisten tarjousten perusteella, eikä sisältöä. Asiakkaalle arvoa tuottava prosessi jää todennäköisesti vajaaksi, koska kukaan ei huolehdi prosessien rajapinnoista. (Lehtovaara, ym. 2019.)

## 5 Haastattelututkimus

Tämän työn aineistonkeruumenetelmänä hyödynnettiin Puolistrukturoitua haastattelua, jossa haastateltaville henkilöille esitettiin samoja kysymyksiä samassa järjestyksessä. Keskustelua käytiin vapaamuotoisesti, mutta haastattelun runko kulki kaikilla samalla tavalla. Haastattelussa kesti n.10-20 minuuttia. Puolistrukturoitua haastattelua pystyi hyödyntämään kvalitatiivisessa tutkimuksessa, joten se oli hyvä lisä opinnäytetyöhön. Puolistrukturoitu teemahaastattelu tarkoittaa Levo-Henrikssonin mukaan (2008), että haastattelussa on yksi aspekti kaikille sekä haastattelussa käytetään valmiiksi suunniteltuja kysymyksiä, joilla ei välttämättä ole tarkkaa muotoa tai järjestystä ja keskustelu voi olla hieman vapaampi. Teemahaastattelussa on kuitenkin tärkeää käydä läpi haastattelun teemat jokaisen haastateltavan kanssa ilman, että muotoillaan kysymykset sanatarkasti. (Eskola & Suoranta 2014.) Haastattelu lopussa oli vielä yhteistä yleistä keskustelua aiheesta. Haastattelu kysymykset löytyvät liitteestä 1.

Haastateltava 1.	Työvaihemestari	Kokemus alalla: 15v
Haastateltava 2.	Työvaihemestari	Kokemus alalla: 6v
Haastateltava 3.	Työvaihemestari	Kokemus alalla: 3,5v
Haastateltava 4.	Työvaihemestari	Kokemus alalla: 15-20v
Haastateltava 5.	Rakennussiivoja-/apumies	Kokemus alalla: n.1v

### 5.1 Haastattelun analysointi

Haastattelun kohteeksi otettiin ne henkilöt, joille asia on kaikista ajankohtaisin projektinhallinnassa ja ovat suuressa roolissa työmaalla. Haastattelun pyrkimyksenä oli löytää työmaahenkilökunnan omakohtaisia kokemuksia perinteisestä rakennusprojektista, aikataulutuksesta sekä heidän näkemystään tahtimenetelmän mahdollisesta käytöstä ja toteutuksesta organisaatiossa. Mikä heidän mielestään tuottaa eniten ongelmia ja mikä ei. Oliko samanlaisia lopputuloksia sekä ongelmien lähtökohdat.

### 5.2 Haastattelun yhteenveto

Haastatteluissa käy ilmi, että vastaukset kysymyksiin ovat hyvin samalaisia tai samankaltaisia, kuin myös mitä tulee ongelmakohtissa.

#### **Nykyisen aikataulutukset toimivuus ja epäkohdat**

Nykyinen aikataulutus prosessi on lähtökohtaisesti hyvä ja näissä käytetyt Jana- ja Aikapaikkakaaviot ovat olleet toimivia. Aikataulutus koetaan joissakin määrin tiukaksi, mutta suurin osa haastateltavista viittasi siihen, että aikataulutukseen liittyvät ongelmat itsessään huomataan tulleen jo suunnittelu- ja ohjausvaiheen alkuvaiheessa.

*Suurimmat ongelmat tulee puutteellisista suunnittelusta ja ohjauksesta, joka tapahtuu jo ennen varsinaista aikataulun suunnitelmaa. Kaikki LVIS, muut RAK ja ARK suunnitelmat. Paljon risteäviä asioita joudutaan ratkomaan työmaalla. Yleensäkin talotekniikassa. Rakennesuunnittelussa myös. Nämä vaikuttavat aikatauluprosessissa. Suunnittelun ohjaukseen pitäisi saada enemmän ohjausta ja heti alusta alkaen työmaan näkemys.*

*Toinen ongelma. Yleensä, kun suunnitelmia tehdään jollekin tietylle projektille, niin nämä työmaalle tulevat vastaavat on siinä vaiheessa jos-sain muualla työmaalla. Eivät ehdi mukaan uuteen projektiin. Haastattelu 1.*

Myös talotekniikan lisäksi havaittu, että mm. maaurakoitsijoiden aikataulussa oleva pitkäksi vedetty ”viiva” ei ole tarpeeksi tarkka, näin ollen työntekijöiden tarkat työta-voitteet, eivät ole täysin selkeät. Tämä johtaa useimmiten siihen, että maaurakoitsija ei sido resursseja, liikuttaa koneistoa, miehistöä, sekä muita tarpeita eri työmaille ja nämä tuo akuuteimmassa työ- sekä resurssitilanteissa ongelmia.

### **Ongelmat työpäivän sekä työtehokkuuden katkeamisessa**

Esille nousi kaikilla haastateltavilla henkilöillä suurimmaksi haasteeksi logistiikka sekä varastointi. Näissä esimerkki tapauksissa kerrottiin ongelmaksi työntekijöiden työn-teon keskeytyksistä ja tarpeesta lähteä erilaisille ns. kiilakeikoille eli siirtämään ja kul-jettamaan erinäisiä materiaaleja.

Haastattelussa 2. ilmeni näkemys asiasta, jotka selkeimmin vievät ylimääräistä tehok-kainta työaikaa esim. Työvaiheeseen siirtyessä, loputtua, logistiikassa tai varastoin-nissa.

*Sisätyövaiheissa tapahtuu suurimmat pysäytykset, tai on oikeistaan kai-kissa logistiikka ja varastointi tilanteissa. Otetaan esimerkkinä tuo levy-jen siirtäminen sisälle, siinä voi mennä kolme päivää tai puoli päivää. Ja sitten varastointi, se on tosi iso osa ongelmaa. Mietitään jos nosturista jättää liian kauas, niin se maksaa kurottaja palvelu joka kerta. Se vie ai-kaa vähintään kahdelta mieheltä, kun niitä siirretään ja työnjohtajalta. Se on oleellinen, kun suunnittelee varastointitilat ja muut säilytyspaikat valmiiksi todella hyvin. Työvaiheessa toki ne saattavat pakostikin välillä muuttua.*

Edellä mainitun keskustelun lisäksi työvaihemestarit kertovat, kuinka suurivaikutus kustannuksiin tällä ongelmalla on. Pelkästään nosturien ja kurottajien turhista siirrosta tulee omat kustannukset, mutta myös työntekijän työnkeskeytys on oma osionsa. Tehokastyö aika menee hukkaan, kun työntekijä palaa kiilakeikaltaan ja aloittaa taas alusta edellisen työn sen keskeydyttyä. Tätä voi tapahtua päivittäin tai ainakin viikoittain.

### **Sisätöissä toistuvat ongelmat**

Varmastikaan tänä päivänä tyypillisimmät ongelmat sisärakennustyövaiheissa ei tule yllätyksenä urakoitsijoille tai työnjohdolle. Alakattojen korot, reikien puuttuminen ja muut talotekniikkaan kuuluvat asiat. 3D-mallinnus voisi estää suurimman osan LVIS törmäyksistä ja muissa korko-ongelmissa. Normaaleissa 2D-piirustuksissa on joka kerta havaittu poikkeavuuksia.

*LVIS suunnittelijat, ne ei tee 3D mallinuksia, josta ne ei näe risteyskoh-tia, josta voitaisiin nähdä kaikki oleellinen. Se maksaa enemmän ja siinä säästetään, joka on täysin hassua. Näiden korko ja ahtausongelmien kanssa monesti taistellaan. Haastattelu 2.*

Myös muissakin tilanteissa koettiin ongelmia kuten kosteudesta aiheutuvia.

*Alakattojen kanssa on aina joka työmaalla säätämistä. Kuivumisajat tietenkin haittaavat, jos sellainen tilanne on tullut. Talotekniikan kanssa ongelmaa yleisestikin. Haastattelu 3.*

Myös rakennusapumiesten konkreettiseen työn tekoon tulee muuttujia, jos muut urakoitsijat eivät pidä kiinni esim. omien jälkien siivoamisesta, mikä sovitaan jo yleensä urakoitsijapalaverissa.

*Turhien toisten jälkien siivoaminen. Tämä vie turhaa aikaa. Ei kaikkien kohdalla kuitenkaan. Pidän omista tavaroista huolta ja niiden sijain-neista, niihin ei sillä tavalla mene aikaa. Tietenkin omien tavaroiden lain-nailu ja ne palautetaan rikkinäisenä ja niiden korjailu jne. Siihen menee aikaa myös. Haastattelu 5.*



Vastaukset eivät tosiaan ole triviaaleja ja haastattelussa tulee ilmi, että ongelmatilanteissa pärjätään omien tietotaitojen varassa, mutta olisivat silti selkeästi ennakoimalla suunnitteluvaiheessa hoidettavissa.

Haastateltavilla itsellään ei kuitenkaan ollut työnjaon tai työnkuvan kanssa ongelmia. Jokainen tiesi omat työtehtävänsä ja kiireen iskiessä pystytään kuitenkin vetämään työkaverin hihasta ja pyytämään apua.

### **Sidosryhmien tieto tahtituotannosta tai sen menetelmistä**

Hyvin harvalla haastateltavalla oli täsmäntävää tietoa tahtituotannosta, Lean-menetelmästä tai sen tarkoituksenmukaisuudesta. Osa oli kyllä kuullut tästä, mutta kukaan ei oikeastaan konkreettisesti ole ollut työmaalla, missä tätä menetelmää olisi käytetty. Kerroin myös Tahtituotannon seitsemän hukan periaatteesta, jotka olivat ajatukseltaan kuitenkin monelle hyvin loogisia. Last Planner oli yhdelle työvaihemestarelle tuttu.

Tahtituotannon mahdollisuuksista ei oikein osattu sanoa, kuinka se voisi toimia rakennustyömaalla. Leanin liittyviä koulutuksia ei kuitenkaan torjuttu täysin, vaikka skeptisyyttä asiasta oli, kun kysymyksenä esitettiin, olisiko tällä konkreettista mahdollisuutta.

*Olisi silloin, jos on sellainen kohde, missä sitä voisi oikeasti toteuttaa. Esim. jos on merkittävä määrä samankokoisia kämppiä, (esim. 100 kpl, 35m<sup>2</sup> opiskelukämppiä), niin siinä se voisi toimia mutta, kun on näitä rakennuksia missä, ovat ihan sekaisin, erikokoisia ja eritekniikkaa, miten missäkin ja lisäksi tämän muotoisia taloja. Siinä on tosi iso riski. (Tarkoittaa nykyistä työkohdetta, jossa on eri kokoisia ja eri lohkoisia taloja sekä työmiesten resursseja.) Haastattelu 2.*

Rakennusapumies oli ainoa, jolla on ollut kokemusta tahtituotannosta. Hän on ollut vaneritehtaalla töissä, missä tämä menetelmä käsitteenä oli sitä kautta enemmän hänelle tuttu ja mainitsi asiasta positiivisena seikkana.

Haastattelun yhteenvedossa ilmenee asia, missä korostuu tuotannonpuolen ja suunnittelu/hankepuolen välisestä jonkinasteisesta katveesta. Tiedon informoiminen, päätöksienteko sidosryhmien välillä tulisi korostaa.

Muuten organisaatiossa tuntuu olevan hyvä yhteistyöhenki ja ihmiset puhuvat avoimesti asioista ja ongelmia ratkotaan yhdessä.

## 6 Johtopäätökset

Tahtituotannon soveltamista ja käytänteitä on tutkittu intensiivisesti pari kuukautta ja tulokset ovat olleet kauttaaltaan mielenkiintoisia ja positiivia, siitä miten rakentamisessa Lean-menetelmää voidaan hyödyntää. Pohjola Rakennuksella on mahdollista ottaa tämä hyöty tarvittaessa itselleen käyttöön, mutta se vaatii henkilöstön halua muutokselle sekä sen tuomille vaikutuksille. Tahtituotanto vaatii ammattilaisen konsultointia ja opastusta sen käyttöönottoon, mikä vie suunnittelusta osan aikaa, mutta suunnitteluun kuuluukin tässä tilanteessa panostaa.

Tahtituotannon pilottihankkeissa voitaisiin ensimmäisenä hyödyntää esimerkiksi Last Planneria.

Tahtituotannon käyttöönotto ei koske pelkästään Pohjola Rakennuksen työnjohtoa, vaan myös yhteistyössä työskenteleviä muita urakoitsijoilta ja aliurakoitsijoita. Heiltä tarvitaan yhteistyöhalukkuutta ja kykyä nähdä tahtituotannon edut ja mitä se tarjoaa myös heille. Tahtituotanto tulee rikkomaan jollakin tasolla aliurakoitsijoiden omaa kuplaa, koska heidän täytyy tulla normaalia enemmän tietoiseksi virtautuksesta sekä muista työntekijöistä ja heidän työvaiheistaan. Muutos toimii siis puolin ja toisin.

Tahtituotanto kannustaa myös katsomaan rakentamisprojektia kustannuksien kannalta eri lähtökohdista. Aina halvin tarjous tai työ ei ole välttämättä se paras vaihtoehto, kun katsomme työn tehokkuutta ja kapasiteetin ylläpitämistä pidemmälle, kuten pilottihankkeissa olleet yritykset mainitsivat rakennuslehdissä.

Lean-menetelmä on ollut jo isoilla rakennuorganisaatioilla mukana hankkeissa, kuten Skanska, NCC, YIT jne. Selkeästi myös jokainen erillinen projekti tulee tuomaan aina jotain uutta opittavaa, mutta tällöin se tarkoittaa myös sitä, että jo muutamien vastaavanlaisten hankkeiden jälkeen tuotannontahti ja aikataulutukset saattaa olla erittäinkin kehittyneellä tasolla. Virheisiin sekä hukkiin osataan varautua helpommin ja ollaan mahdollisesti saatu jo luotua sidoksia samoihin urakoitsijoihin.

Tahtituotannon suurimmat ongelmat tulevat tutkielmassa esille, kuten urakoitsijoiden sitouttaminen aikatauluun ja saman henkilöstön käyttäminen, pullonkaulojen välttäminen sekä hukkiin minimoiminen. Näihin on hyvä varautua suunnitelmia tehdessä ja kuinka virheliikkeitä voidaan korjata, jos aikataulutuksessa tulee ongelmia. Pohjolan hyvä yhteishenki ja tiimityöskentely pystyvät varmasti yhdessä löytämään näihin konsultoinnin avulla hyviä ratkaisuja, jos he haluavat lähteä viemään kehitystä ja kilpailua eteenpäin rakentamisessa.

## 7 Pohdinta

Haastattelut antoivat ehdottomasti paljon realistista näkemystä nykyisen tuotantomallin hyvistä ja vajavaisista vaikutuksista. Näitä muutosehdotuksia yhdistäessä Tahtituotannon kanssa, pystyisi tekemään paljon positiivisia muutoksia. Kuitenkin huomioon ottaen, kaikkea ei voida heti välttämättä käytännössä toteuttaa ja alussa voi ilmetä takkuilua, koska kaikilla osapuolilla rakennustyömaalla varmasti menee oma-aikansa sisäistää toimintaperiaate täydellisesti.

Myös aliorakoitsijoiden ja muiden ammattilaisten näkemyksiä ja kokemuksia kannattaa ehdottomasti hyödyntää suunnittelun ennakkoinnissa. Heidän näkemys sekä tietonsa mahdollisista tulevista virheistä ovat kuitenkin ammattiensa kautta tulleita kokemuksia.

Tahtituotannon pääasiallisena tarkoituksena on saada hankkeen läpimenoaika lyhyemmäksi, jolloin myös sitä kautta saataisiin taloudellisesti etuja laatuun,

kustannuksiin ja kiinteiden hintojen pienenemiseen, kuitenkin työturvallisuudesta tinkimättä. Säästöjä syntyessä voitaisiin panostaa parempiin materiaaleihin.

Haastattelussa tuli myös puheeksi 3D-mallinnus, jonka käyttöönotto antaisi varmasti paljon enemmän työmaille, henkilöstölle sekä antaisi aikaa ennakoida.

Mallinusohjelmien käyttö tuo omat kustannuksensa, mutta tässäkin tilanteessa voimme verrata ajallista ja kustannuksellista säästöä ennakoitavissa virheissä ja laadussa.

Tahtituotannossa kaikille osapuolille tulee varmasti kehitystä kasvavan avoimuuden ja yhteistyön kautta.

Oli äärimmäisen mielenkiintoista lukea Lean-menetelmän vaikutuksesta ja mukava olisi nähdä, mitä annettavaa tahtituotannolla on käytännössä myös Pohjola Rakennukselle Oy Suomelle.

## Lähteet

- Asuntorakentamisen sisätyöt nopeutuivat kolmanneksella autoteollisuuden opeilla. Rakennuslehti 01/2019. Viitattu 20.1.2020. <https://www.rakennuslehti.fi/2019/01/asuntorakentamisen-sisatyot-nopeutuivat-kolmanneksella-autoteollisuuden-opeilla/>
- Charron, R., Harrington H., Voehl, J., Frank & Wiggin, H. 2015. The lean management systems handbook. CRC Press/Taylor & Francis group. sivut 353, 384-385. Boca Raton. Viitattu 16.2.2020.
- Eskola J., Suoranta, J. 1998. Johdatus laadulliseen tutkimukseen. 1. Painos. Osuuskunta Vastapaino. Viitattu 5.2.2020.
- Formoso, Isatto & Hirota. 1999. Method for Waste Control in the Building Industry Proceedings. Concept of waste. University of California, Berkeley, CA, USA. Viitattu 20.1.2020. <https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/attachment-cb5bbd43-9562-4b2e-9a7d-b190de2c487c.pdf>
- Frandsen, A., Berghede, K. & Tommelein, I.D. 2014. Takt-Time Planning and the Last Planner. Proceedings. IGLC 21. Oslo, Norway. Viitattu 11.1.2020
- Frandsen, A. G., & Tommelein, I. D. 2016. Takt time planning of interiors on a Pre-Cast hospital project. Proceedings. IGLC 24. Boston, MA, USA. Viitattu 19.2.2020.
- Graban, M. 2016. Toyota's Role in Popularizing Lean. Lean Hospitals: Improving Quality, Patient Safety, and Employee Engagement. Luku 4. Kolmas painos. Productivity Press. Viitattu 15.1.2020. Artikkelin Organisaation Jamk tietojärjestelmässä. Vaatii käyttäjätunnuksen.
- Haghsheno. S., Binninger, M., Dlouhy, J. & Sterlike, S. 2016. History and theoretical foundations of takt planning and takt control. In Proceedings of the 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction s.53-62. (IGLC 24), Boston, MA, USA. Viitattu 10.2.2020.
- Holweg, M. & Pil, F. 2001. Successful build-to-order strategies start with the customer. Sloan Management Review 43(1), 74-83. Viitattu 16.2.2020
- Kannustavat aliurakkasopimukset. 2017. Viitattu 21.2020. [http://lci.fi/blog/menetelmakortti/Kannustavat\\_aliurakkasopimukset](http://lci.fi/blog/menetelmakortti/Kannustavat_aliurakkasopimukset)
- Kingmanin kaava N.d. Viitattu 21.1.2020. [https://erinomainen.fi/wp-content/uploads/2017/01/Kinman\\_pieni.png](https://erinomainen.fi/wp-content/uploads/2017/01/Kinman_pieni.png)
- Kouri. I. 2009. Lean taskukirja. Teknologiateollisuuden julkaisu, 6. Viitattu 25.1.2020. [https://www.teknologiainfo.net/sites/teknologiainfo.net/files/documents/pdf/Alku-sivut\\_Lean\\_taskukirja.pdf](https://www.teknologiainfo.net/sites/teknologiainfo.net/files/documents/pdf/Alku-sivut_Lean_taskukirja.pdf)

Koskela, L. 2004. Making do – The Eight Category of Waste. Proceedings of IGLC-12, Denmark. Viitattu 10.2.2020. Opinnäytetyö. [http://usir.salford.ac.uk/id/eprint/9386/1/2004\\_Making\\_do\\_the\\_eighth\\_category\\_of\\_waste.pdf](http://usir.salford.ac.uk/id/eprint/9386/1/2004_Making_do_the_eighth_category_of_waste.pdf)

Koskela, L., & Koskenvesa, A. 2003. Last Planner – toimiva tuotannonohjaustyömaalla. Viitattu 15.1.2020. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2003/T2197.pdf>

Last Planner- menetelmä tuotannonohjaukseen. N.d. Lean Construction institute.fi, Viitattu 9.2.2020. <http://lci.fi/blog/menetelmakortti/last-planner-systeemi/>

Leanisti kohti yhä sujuvampaa työtä.

2018. Mitä on lean? Viitattu 3.1.2020. <https://talentree.fi/blogi/mita-on-lean/>

The Lean Enterprise Institute. N.d. What is lean. Viitattu 18.12.2019.

<https://www.lean.org/>

Linnik, M., Berghede, K. & Ballard, G. 2013. An Experiment in Takt Time Planning Applied to Non-Repetitive Work. (IGLC-21) Proceedings. Fortaleza, Brazil. Viitattu 19.2.2020. <https://docplayer.net/150066023-An-experiment-in-takt-time-planning-applied-to-non-repetitive-work.html>

Lohilahti, O. 2017. Rakennusalalla työn tuottavuus ei ole kasvanut 40 vuodessa, onko allianssista tai Leanista apua. Rakennuslehti. 4.9.2017. Viitattu 15.1.2020. <https://www.rakennuslehti.fi/2017/09/rakennusalalla-tyon-tuottavuus-ei-ole-kasvanut-40-vuodessa-onko-allianssista-tai-leanista-apua/>

Lättilä, H. 2017. YIT:n tuottavuusloikka tuo tuloksia läpimenoaika puolittui asumiskohteen sisätöissä. Rakennuslehti 1.12.2017. Viitattu 20.1.2020. <https://www.rakennuslehti.fi/2017/12/yitn-tuottavuusloikka-tuo-tuloksia-lapimenoaika-puolittui-asumiskohteen-sisatoissa/>

Mittaviiva Oy. 2014. TOIMIVA TYÖMAA -hyvät käytännöt. Talonrakennusteollisuus ry. Viitattu 10.2.2020. [https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/julkaisuja/toimiva\\_tyomaa\\_2014.pdf](https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/julkaisuja/toimiva_tyomaa_2014.pdf)

Miten eri keinot toteuttavaa Leania toimintastrategiaa. 2013, 142-143. Tätä on Lean. Ratkaisu tehokkuus paradoksiin. Viitattu 19.1.2020. Tukholma: Rheologica publishing

Mölsä, S. 2018. Osaatko Gemba walkin askeleet – pysytkö tahdissa, hallitsetko Poka-Yoken ja tunnetko Kaizenin. Rakennuslehti 31.12.2018. Viitattu 19.1.2020. <https://www.rakennuslehti.fi/2018/12/osaatko-gemba-walkin-askeleet-pysytko-tahdissa-hallitsetko-poka-yoken-ja-tunnetko-kaizenin/>

Mölsä, S. 2019. Onko Building 2030 ollut pelkkää hukkaa, pysyvätkö rakentajat koskaan tahdissa? Rakennuslehti 13.9.2019. Viitattu 12.2.2020. <https://www.rakennuslehti.fi/2019/09/onko-building-2030-ollut-pelkkaa-hukkaa-pysyvatko-rakentajat-koskaan-tahdissa/>

Mölsä, S. 2020. Asennuslattian asennus Kaupunkiympäristötaloon sujui epätahdissa – toinen aliurakoitsija oli pakko kutsua apuun. Rakennuslehti 20.2.2020. Viitattu

15.2.2020. <https://www.rakennuslehti.fi/2020/02/asennuslattian-asennus-kaupun-kiymparistotaloon-sujui-epatahdissa-toinen-aliurakoitsija-oli-pakko-kutsua-apuun/>

Mölsä, S. 2018. Helsinki nopeuttaa katutöiden tekoa ja talonrakentajat leikkaavat aikataulustaan puolet pois tahtiaikataulun avulla. Rakennuslehti 17.12.2018. Viitattu 10.2.2020. <https://www.rakennuslehti.fi/2018/12/helsinki-nopeuttaa-katutoiden-tekoa-ja-talonrakentajat-leikkaavat-aikataulustaan-puolet-pois-tahtiaikataulun-avulla/>

Mölsä, S. 2019. Onko tahtituotanto työmaalle riski? – 25 mestarin kokemukset kertovat joustavuudesta ja laadun paranemisesta. Rakennuslehti 7.11.2019. Viitattu 10.2.2020. <https://www.rakennuslehti.fi/2019/11/onko-tahtituotanto-joustamaton-riskikokeilu-building-2030-testasi-asian-pilottiprojekteissa/>

Mölsä, S. 2019. Mistä puhumme, kun puhumme tahtituotannosta. Rakennuslehti 30.12.2019. Viitattu 15.1.2020. <https://www.rakennuslehti.fi/2019/12/mista-puhumme-kun-puhumme-tahtituotannosta/>

Mölsä, S. 2019. Suomen parhailla työmailla Lean on kirosana, silti se saa ihmiset hymyilemään ja työt sujumaan. Rakennuslehti 25.10.2019. Viitattu 15.1.2020. <https://www.rakennuslehti.fi/2019/10/suomen-parhailla-tyomailla-lean-on-kirosana-silti-se-saa-ihmiset-hymyilemaan-ja-tyot-sujumaan/>

Mölsä, S. 2020. Halvimmalla hinnalla hankitut urakoitsijat eivät sovi tahtituotantoon. Rakennuslehti 17.2.2020. Viitattu 21.2.2020. <https://www.rakennuslehti.fi/2020/02/halvimmalla-hinnalla-hankitut-aliurakoitsijat-eivat-sovi-tahtituotantoon-senaatin-pilotti-toi-esiin-julkisten-hankintojen-haasteet/>

Mölsä, S. 2020. NCC:n tahtituotantopilotissa konepajalla läpimenoaika puolittui ja hotellihuoneiden laatu parani. Rakennuslehti 23.1.2020. Viitattu 21.2.2020. <https://www.rakennuslehti.fi/2020/01/nccn-tahtituotantopilotissa-konepajalla-lapi-menoaika-puolittui-ja-hotellihuoneiden-laatu-parani/>

Nieminen, M. 2017. Kannustinjärjestelmät alihankintaan. Rakennusalan organisaatioiden väliset kannustinjärjestelmät. Opinnäytetyö, AMK. Turun ammattikorkeakoulu, rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. Viitattu 20.2.2020. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/129511/Nieminen\\_Miisael.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/129511/Nieminen_Miisael.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Ratu S-1216 Rakentamisen ajallinen suunnittelu. 2017. Käsitteet, 84-85. Viitattu 18.12.2019

Salminen, J. 2016. Virtaus ja tahtiaika rakentamisessa, käytännön kokemuksia. Rain workshop. Viitattu 30.1.2020. <https://docplayer.fi/50590039-Virtautus-ja-tahtiaikarakentamisessa-kaytannon-kokemuksia.html>

Talentree Business partners. Mitä on Lean. 2018. Viitattu 19.1.2020. <https://talentree.fi/blogi/mita-on-lean/>

Tahtituotannon onnistuminen edellyttää hyvää pölynhallintaa. 2020. Consair. Viitattu: 21.2.2020. <https://blogit.consair.fi/blog/tahtituotannon-onnistuminen-edellytt%C3%A4%C3%A4-hyv%C3%A4%C3%A4-p%C3%B6lynhallintaa>

Tehdään oikeita asioita. Tätä on Lean. 2013, 72-73. Ratkaisu tehokkuusparadoksiin. Viitattu 19.1.2020. Tukholma: Rheologica publishing

Toyota Motor Corporationin historia, 70. Tätä on Lean. 2013. Ratkaisu tehokkuusparadoksiin. Viitattu 19.1.2020. Tukholma: Rheologica publishing

Uusitalo, P., Seppänen, O., Peltokorpi, A., & Olivier, H. 2019. A Lean Design Management Process Based on Planning the Level of Detail in BIM-Based Design. In Advances in Informatics and Computing in Civil and Construction Engineering. sivut.147-152. Springer, Cham. Viitattu 16.2.2020.

Womack, J. ja Daniel, T. 2003. Part I: Lean Principles. Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. Toinen julkaisu. Viitattu 22.1.2020.

[https://www.researchgate.net/publication/200657172\\_Lean\\_Thinking\\_Banish\\_Waste\\_and\\_Create\\_Wealth\\_in\\_Your\\_Corporation](https://www.researchgate.net/publication/200657172_Lean_Thinking_Banish_Waste_and_Create_Wealth_in_Your_Corporation)

Yritysesittely. 2019. Pohjola Rakennus Oy Suomi. Viitattu 5.1.2020. [https://www.pohjolarakennus.fi/wp-content/uploads/2019/12/Yritysesittely\\_joulukuu2019.pdf](https://www.pohjolarakennus.fi/wp-content/uploads/2019/12/Yritysesittely_joulukuu2019.pdf)

8 wastes. Nd. Viitattu 19.1.2020. <https://goleansixsigma.com/8-wastes/>



## Liitteet

### Liite 1. Haastattelu kysymykset

Pohjola Rakennuksen työntekijöiden haastattelu:

Kerro ensin itsestäsi

Ikä, toimenkuva ja työkokemus alalla.

- Mitä olet mieltä nykyisestä tavasta aikatauluttaa rakennusprosessissa?
- Onko tiettyjä ongelmakohtia, mihin törmäät nykyisessä aikataulutprosessissa? Koetko, että jotakin voisi tehdä eri tavalla?
- Missä kohtaa työssä/työpäivän aikana tapahtuu mielestäsi suurimmat työn pysähdykset, odottamiset ja katkeamiset, jotka selkeimmin vievät ylimääräistä tehokasta työaika esim. työvaiheeseen siirtyessä, loputtua, logistiikassa tai varastoinnissa?
- - Luettele 1-3 kpl sisältöihin liittyvää ongelmaa, joihin törmäät useimmiten työmaalla esim. alakattojen korot, reikien puuttuminen?
- Onko työtehtäväsi sinulle selkeä? Tiedät osa-alueesi ja tehtäväsi tarkalleen?
- Onko Tahtirakentaminen/-tuotanto sinulle entuudestaan tuttu? Työelämästä vai pelkkänä terminä?

- Olisitko mahdollisesti kiinnostunut Lean koulutuksesta? (Kysymys ylemmille toimihenkilöille)

Haastattelun lopuksi lainaus Lean filosofiasta, joka on ajankohtainen tuotannonpuolella:

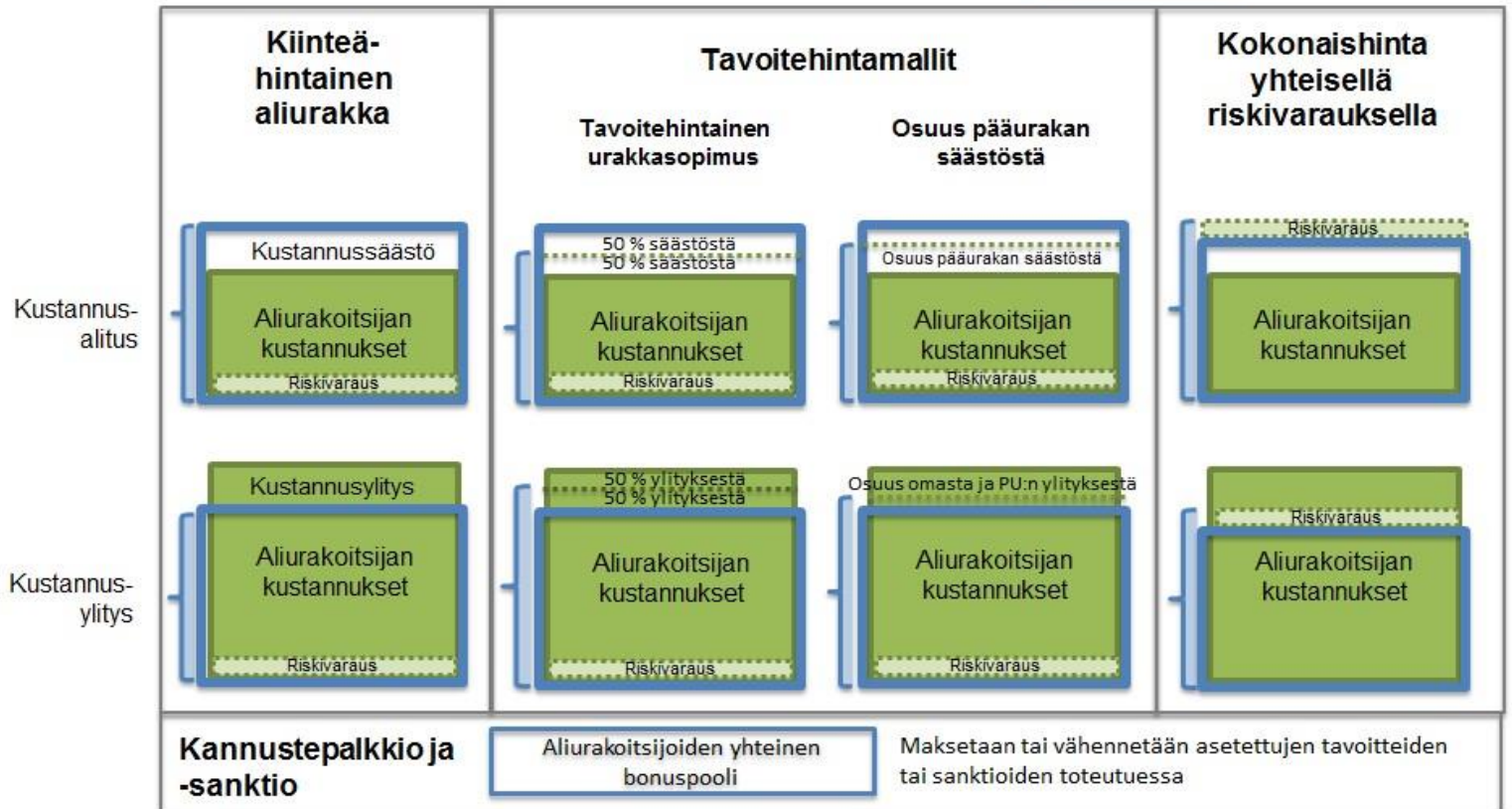
*Lean-filosofiassa turha työ eli hukka luokitellaan seitsemään lajiin, joiden näkökulmasta toimintaa tarkastellaan:*

*Hukkaa ovat ylituotanto eli väärään aikaan tai liikaa tekeminen, vialliset tuotteet ja niiden korjaaminen, turhat siirrot ja kuljetukset sekä turhat liikkeet ja tavaroiden etsintä, turhat prosessit ja työvaiheet, odottelu sekä turhat varastot.*

*Kahdeksanneksi hukan muodoksi voi nähdä kehityspotentiaalın hukkaamisen, joka tapahtuu, kun työyhteisössä olevaa tietoa ei hyödynnetä: kun kukaan ei kysy tai kysyttäessä ei tule sanotuksi. (Talentree 2018.)*

## Liite 2. Kannustavat aliurakkasopimukset

## Erilaisia malleja kannustaviin aliurakkasopimuksiin



Kannustavat aliurakkasopimukset. (Lean construction institute.fi 2017)